



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra biomedicínské techniky

Porovnání patientských simulátorů a jejich vliv na průběh simulace

Comparison of patient simulators and their effect upon the simulation running

Bakalářská práce

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

Vedoucí práce: Ing. Leoš Tejkl

Jan Řežábek

Kladno 2021



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Řežábek** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **474352**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra biomedicínské techniky**
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**
Studijní obor: **Biomedicínský technik**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Porovnání patientských simulátorů a jejich vliv na průběh simulace

Název bakalářské práce anglicky:

Comparison of patient simulators and their effect upon the simulation running

Pokyny pro vypracování:

Analyzujte vlastnosti celotělových simulátorů firem CAE HealthCare a Laerdal a možnosti práce s přednastavenými scénáři. Navrhněte metodiku, která umožní porovnání celotělových patientských simulátorů od různých výrobců. Scénář aplikujte na vybrané typy patientských simulátorů, zaznamenejte hodnoty parametrů životních funkcí (EKG, BP, HR, atd.) a proveďte jejich vyhodnocení pro ověření navržené metodiky. Zhodnotte průběh simulací a dokumentujte výhody a nevýhody jednotlivých patientských simulátorů.

Seznam doporučené literatury:

- [1] John G. Webster, Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation, ed. 6, Wiley, 2006, ISBN 978-0-471-26358-6
- [2] Gilles Chiniara, Clinical Simulation 2nd Edition, ed. 2, Academic Press, 2019, 992 s., ISBN 9780128156575
- [3] Michael L. Good, Patient simulation for training basic and advanced clinical skills, online, Medical education, [Revidováno říjen 2003], ročník 37, číslo 1, ISSN 0308-0110
- [4] Walter Boron, Emile L. Boulpaep, Textbook of Medical Physiology, ed. 2nd, Elsevier, 2009, ISBN 978-1-4160-3115-4

Jméno a příjmení vedouc(ho) bakalářské práce:

Ing. Leoš Tejkl

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **15.02.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **18.09.2022**


.....
doc. Ing. Martin Rožánek, Ph.D.
podpis vedouc(ho) katedry


.....
prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
podpis děkana(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Porovnání patientských simulátorů a jejich vliv na průběh simulace“ vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

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

V Kladně dne

.....

Jan Řežábek

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé práce, panu Ing. Leoši Tejklovi za trpělivé rady a cenné informace, které mi podal a díky kterým tato bakalářská práce vznikla.

ABSTRAKT

Název projektu: Porovnání patientských simulátorů a jejich vliv na průběh simulace

Simulátory jsou vysoce efektivní výukovou metodou umožňující nácvik nejrůznějších dovedností bez rizika ohrožení pacienta na zdraví. Tato práce se zabývá konkrétně celotělovými patientskými simulátory, které mají široké uplatnění ve zdravotnictví. Momentálně je na trhu nespočet různých typů těchto simulátorů, které se často liší funkcionalitou, technickými specifikacemi či uživatelským rozhraním. Cílem této práce je proto navrhnout metodiku umožňující porovnávání celotělových patientských simulátorů různých výrobců. V této práci jsou specifikována kritéria hodnocení a vytvořena metodika porovnávání. Dále jsou analyzovány vlastnosti celotělových patientských simulátorů iStan a HPS společnosti CAE Healthcare a SimMan 3G od společnosti Laerdal Medical na základě hardwarových a softwarových specifikací. Hodnocena byla funkcionalita i uživatelské rozhraní. Hlavní zkoumané vlastnosti jsou přehlednost aplikace, výběr z přednastavených scénářů, variabilita nastavitelných parametrů a také jak dobře, nebo s jakou prodlevou dané simulátory reagují na změny a podněty z aplikace. Rozdíly byly nalezeny hlavně v detailních technických specifikacích či v uživatelském rozhraní.

Klíčová slova

simulace, patientský simulátor, celotělový patientský simulátor, porovnávání, kritéria

ABSTRACT

The title of the Project: Comparison of patient simulators and their effect upon the simulation running

Simulators are a highly effective teaching method for training a variety of skills without the risk of compromising patient health. This project deals with full-body patient simulators, which have a wide application in healthcare. There are currently countless different types of these simulators on the market, which often differ in functionality, technical specifications or user interface. The aim of this work is therefore to design a methodology for comparing full-body patient simulators from different manufacturers. In this work, the evaluation criteria are specified and a comparison methodology is created. Furthermore, the properties of full-body patient simulators iStan and HPS from CAE Healthcare and SimMan 3G from Laerdal Medical are analyzed based on hardware and software specifications. Functionality and user interface were evaluated. The main features examined are the clarity of the application, selection from preset scenarios, the variability of adjustable parameters and also how well, or with which delay, the simulators respond to changes and stimuli from the application. The differences were found mainly in the detailed technical specifications or in the user interface.

Keywords

simulation, patient simulator, full-body patient simulator, comparison, criteria

Obsah

Seznam symbolů a zkratk	9
1 Úvod	10
2 Přehled současného stavu	12
2.1 Simulace a její průběh	12
2.1.1 Řízení simulace.....	14
2.2 Celotělové patientské simulátory	15
2.2.1 Způsob ovládání simulátorů	16
2.2.2 Rozdělení simulátorů dle věrnosti a ceny	16
2.2.3 Výrobci patientských simulátorů	17
3 Cíle práce	21
4 Metody	22
4.1 Návrh metodiky porovnání	22
4.1.1 Volba kritérií pro hodnocení	22
4.2 Analýza vlastností celotělových simulátorů	26
4.2.1 Porovnání patientských monitorů	26
4.2.2 Tvorba scénářů a porovnání na základě uživatelského rozhraní	26
4.2.3 Zhodnocení průběhu simulací	30
4.3 Testování navržené metodiky porovnávání simulátorů.....	30
5 Výsledky	31
5.1 Navržená metodika univerzálního porovnávání	31
5.2 Analýza vlastností celotělových simulátorů	34
5.2.1 Porovnání patientských monitorů	34
5.2.2 Tvorba scénářů a porovnání na základě uživatelského rozhraní	38
5.3 Testování navržené metodiky výběrového procesu	49
5.3.1 Technické specifikace	49
5.3.2 Obecná funkcionalita simulátoru	51
5.3.3 Ostatní funkce simulátoru	52
5.3.4 Kardiovaskulární systém	53
5.3.5 Dýchací ústrojí.....	55
6 Diskuse	56

7 Závěr	60
Seznam použité literatury	61
Příloha A: Dotazník pro studenty.....	64
Příloha B: Dotazník pro lektory	65
Příloha C: Obsah přiloženého ZIP souboru.....	66

Seznam symbolů a zkratek

Seznam zkratek

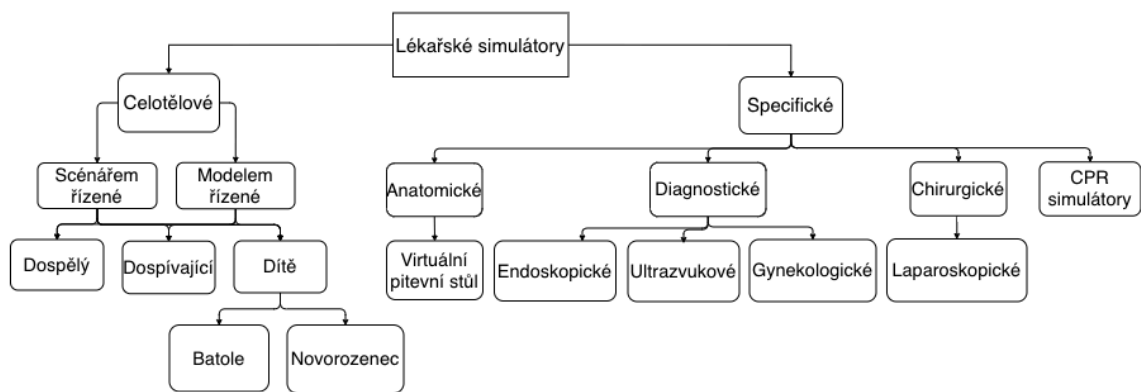
Zkratka	Význam
ABP	Arterial Blood Pressure, Tlak v arteriální krvi
AED	Automatic External Defibrillator, Automatický externí defibrilátor
AIM	Akutní infarkt myokardu
BP	Blood Pressure, Krevní tlak
C.O.	Cardiac Output, Srdeční výdej
CAE	Canadian Aviation Electronics
CVP	Central Venous Pressure, Centrální žilní tlak
EKG	Elektrokardiogram
etAGT	Obsah anestezie na konci výdechu
EtCO ₂	End-Tidal Volume CO ₂ , Parciální tlak CO ₂ při výdechu
etN ₂ O	Obsah rajskeho plynu na konci výdechu
etO ₂	Obsah kyslíku na konci výdechu
HPS	Human patient simulator, Simulátor lidského pacienta
HR	Heart Rate, Srdeční frekvence
HW	Hardware
CHOPN	Chronická obstrukční plicní nemoc
ICP	Intracranial Pressure, Intrakraniální tlak
IM injekce	Intramuscular injection, nitrosvalová aplikace
inAGT	Obsah anestezie v nadechovaném vzduchu
inN ₂ O	Obsah rajskeho plynu v nadechovaném vzduchu
inO ₂	Obsah kyslíku v nadechovaném vzduchu
JVD	Jugular vein distention, Vydutá krční žíla
KPR	Kardiopulmonální resuscitace
MAP	Mean arterial pressure, Průměrný arteriální tlak
NIBP	Non-Invasive Blood Pressure, Neinvazivní měření krevního tlaku
PaCO ₂	Parciální tlak oxidu uhličitého v alveolách
PACO ₂	Parciální tlak oxidu uhličitého v arteriální krvi
PaO ₂	Parciální tlak kyslíku v alveolách
PAO ₂	Parciální tlak kyslíku v arteriální krvi
PAP	Pulmonary artery pressure, Tlak v plicní tepně
PCWP	Pulmonary Capillary Wedge Pressure, Tlak na klín plicní kapiláry
pH	Potential of hydrogen, Vodíkový exponent
PvCO ₂	Parciální tlak oxidu uhličitého ve venózní krvi
PvO ₂	Parciální tlak kyslíku ve venózní krvi
RR / awRR	Respiratory Rate, Dechová frekvence
SpO ₂	Saturation of Peripheral Oxygen, Saturace krve kyslíkem
SW	Software
T _{Axilla}	Temperature of Axilla, Teplota v podpaží
T _{Blood}	Temperature of Blood, Teplota krve
Therm C.O.	Temperature of Cardiac Output, Teplota srdečního výdeje
TOF	Train of Four, Stimulátor periferních nervů
T _{Rectal}	Temperature of Rectal, Rektální teplota
TT / T _{Body}	Temperature of Body, Teplota těla

1 Úvod

Simulátory jsou vysoce efektivní výukovou metodou umožňující nácvik technických i netechnických dovedností v bezpečném prostředí k tomu určeném. Tuto techniku lze aplikovat na mnoho oborů. [1] Ať už to jsou budoucí řidiči automobilů, piloti letadel nebo studenti lékařských oborů, kteří se učí postupy vyšetření na umělých pacientech. [2] Touto metodou se učí, zdokonalují a trénují dovednosti, které byly získány při teoretické přípravě. Díky tomuto procesu zaškolení a trénování, kdy dané úkony probíhají prostřednictvím simulace v počítači, napodobenin reálných přístrojů, nebo umělých figurín, se student nemusí obávat, že by svým špatným rozhodnutím, ohrozil reálné pacienty v nemocnici, pasažéry v letadle, nebo spolucestující v autě. [3] Jedná se o techniku, která plně interaktivním způsobem evokuje nebo replikuje podstatné aspekty skutečného světa. [1] V dnešní době technologického vývoje existuje i možnost využití virtuální reality, díky níž je možné simulovat scénáře z různých oborů důvěryhodněji.

Ve zdravotnictví je nácvik a opakované trénování dovedností velmi důležité, protože i drobná chyba může znamenat fatální důsledky. Podle studie, kterou v roce 2016 vedl profesor chirurgie Martin Makary z Johns Hopkins University, jsou lékařské chyby v nemocnicích a dalších zdravotnických zařízeních tak běžné, že úmrtí, kterým lze předejít v důsledku zanedbání lékařské péče, jsou třetí hlavní příčinou smrti ve Spojených státech. Jejich poslední odhad je, že přibližně 250 000 úmrtí je každoročně zapříčiněno lékařskou chybou, což je asi 9,5 % všech úmrtí ročně ve Spojených státech. Toto číslo je vyšší než úmrtí způsobená mrtvicí, nehodami nebo Alzheimerovou chorobou. [4] Proto je výuka na simulátorech důležitým doplňkem a zažitím (learning by doing = učení praktickou zkušeností) teoreticky získaných dovedností. Další výhodou simulační medicíny je bezpečné prostředí, kdy se není třeba chyby obávat, ale naopak je důležité si ji připustit a poučit se z ní. [5] Právě pro tyto účely slouží lékařské (pacientské) simulátory. Existuje několik typů lékařských simulátorů, ty se dělí do dvou hlavních kategorií na celotělové a specifické. Celotělové pacientské simulátory mohou být scénářem řízené a modelem řízené, patří do nich figuríny jak dospělého a dospívajícího, tak i dětské simulátory batolat a novorozenců. [2] Specifické lékařské simulátory můžeme dělit na anatomické jako je virtuální pitevní stůl; diagnostické, ty se dále dělí na endoskopické, ultrazvukové a gynekologické; chirurgické, pod které spadá laparoskopický simulátor a KPR simulátory (resuscitační). Dělení do jednotlivých kategorií je znázorněno na blokovém schématu viz Obrázek 1.1. [6]

Výchozím bodem pro skutečně počítačem řízené simulátory byl Sim One, celotělový pacientský simulátor (1967), viz Obrázek 1.2, který měl hmatatelný puls, počítačové rozpoznávání léků, ukazatele krevního tlaku, uměl pohybovat očima a dýchat. Dnes už na trhu existuje několik pacientských simulátorů od různých výrobců se širokou škálou funkcí, ovládacích programů, vzhledů a technických specifikací. [6]



Obrázek 1.1: Blokové schéma kategorizace lékařských simulátorů



Obrázek 1.2: První celotělový patientský simulátor Sim One. Převzato z [7]

2 Přehled současného stavu

Důležitost simulační medicíny se v posledních letech zvyšuje ve výuce studentů medicíny i nelékařských zdravotnických oborů, ale zároveň je hojně využívána pro postgraduální kurzy zdravotnického personálu. Cílem simulační medicíny je nácvik technických i netechnických dovedností, zažití teoretických znalostí, komunikace mezi jednotlivými účastníky a týmová spolupráce. Simulace sahají od jednoduchých stolních modelů až po počítačové systémy pro virtuální realitu a vysoce sofistikované rekreace klinických prostředí (například operační sál nebo jednotka intenzivní péče). [8] Je to efektivní metoda získání a udržení (opakovaným cvičením) základních a pokročilých klinických dovedností. [3]

Trh s patientskými simulátory v posledním roce dosáhl hodnoty 1,9 miliard dolarů (2020). Rychlý nárůst poptávky zapříčinil hlavně vzrůstající tlak na lékaře, ať už kvůli rostoucímu počtu žalob či technicky náročným zákrokům. Podle nejnovějších studií se předpokládá, že do roku 2027 by tento trh měl vystoupat až do výše 5 miliard dolarů. Jde proto do budoucna o významnou součást výukových center se širokou škálou uplatnění. [9]

2.1 Simulace a její průběh

Samotná simulační hra má typický průběh, který je popsán v blokovém schématu na Obrázku 2.1. Na začátku samotné simulace probíhá „**setting intro**“, tedy seznámení se v kolektivu a rozdělení rolí mezi studenty. Během simulace je třeba fungovat jako tým, stejně jako v reálném prostředí. Pro komunikaci během simulace je proto nezbytné, aby se účastníci navzájem seznámili a rozdali si úlohy. Důležité je také seznámení se s prostředím, ve kterém bude simulace probíhat. V této fázi by se také měly formulovat hlavní cíle daného cvičení tak, aby se k nim dalo na vrátit na konci simulace. [5]

Po úvodní části přichází seznámení se samotným simulátorem, tedy fáze „**simulator briefing**“. Je třeba ukázat a vysvětlit účastníkům, jak se daný simulátor chová, jakými disponuje možnostmi, ale i limitacemi. Účastníci se dále musí seznámit s ovládáním konkrétního simulátoru, tak aby bylo jasně stanoveno, co si studenti během simulace mohou a nemohou dovolit, jakým způsobem se žádá o různá podpůrná vyšetření, jak se podávají léky či připojení monitorovacích a diagnostických přístrojů. [5]

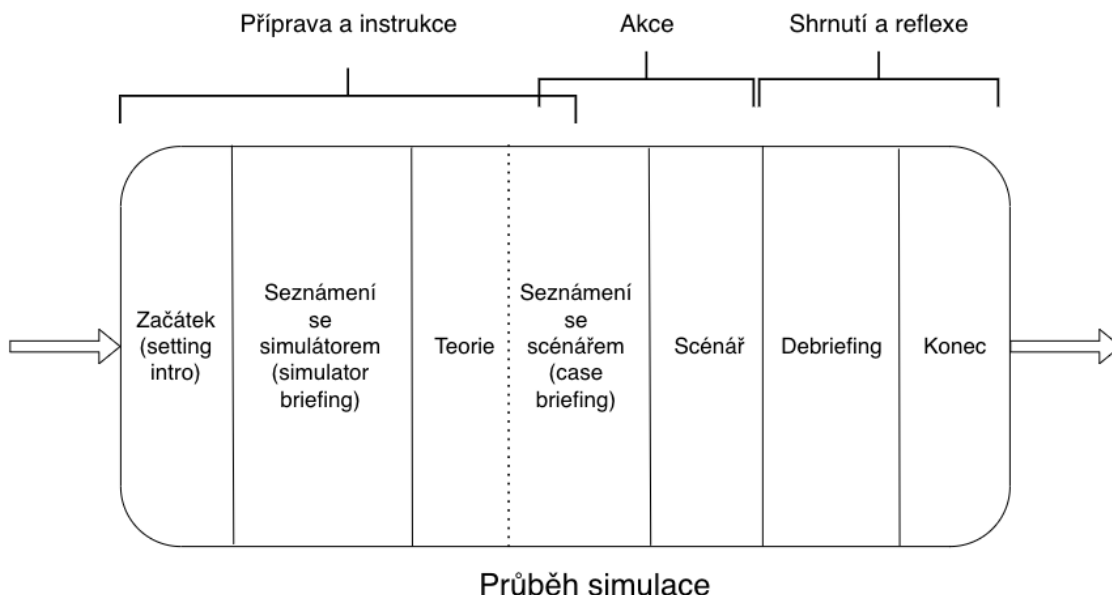
Po seznámení se se simulátorem přichází na řadu **část teoretická**. Ta se často propojuje s částí, ve které probíhá rozbor scénáře „**case briefing**“, který se bude odehrávat. V této fázi se studenti připravují na samotnou simulaci, seznamují se s anamnézou pacienta, dostávají veškeré informace o pozadí situace a místu události. Někdy také získají dokumenty o dřívějším vyšetření pacienta, ať už z nemocnice nebo od záchranné služby. Poté následuje samotné odehrání **scénáře**. [5]

Jednou z nejdůležitějších částí celé simulace je **debriefing**, přestože přichází až po odehrání celého scénáře. Debriefing bývá označován za srdce a duši každé simulace.

V této fázi se lektor zeptá na emoce studentů, realističnost celé situace a celkové dojmy z postupu. Student tak dostává prostor pro sebereflexi, kdy vysvětluje reakce na podané podněty a problematiku. Lektor se snaží ptát na otevřené dotazy, aby došlo k co možná nejvariabilnější diskuzi, studenty pochválí a motivuje k budoucím zásahům. Zároveň však zhodnotí chyby, ale pouze technikou hodného soudce. [5]

Usnadnění debriefingu vyžadovalo značný posun v myšlení jak instruktorů, tak i praktikantů. Ve většině profesí založených na dovednostech tradičně dominuje předávání informací od instruktorů stážistům. Výzkum v několika oblastech však ukazuje, že jednotlivci se mnohem lépe učí jako aktivní účastníci odpovědní za svůj vlastní proces učení než jako pasivní příjemci informací předané instruktory. Aby se stážisté stali skutečnými odborníky a pokračovali ve svém profesním růstu i po formálním školení, musí také rozvíjet jemné metakognitivní dovednosti. Mezi tyto dovednosti patří schopnost kriticky analyzovat vlastní výkon retrospektivně – nejen to, co šlo dobře a co špatně, ale proč to tak šlo – což vyžaduje, aby účastníci simulační hry (lékaři, studenti, ostatní zdravotnický personál) kriticky přezkoumali, jak mentálně zformulovali situaci, která je před nimi. Jednotlivci se také musí naučit kriticky hodnotit, jak dobře fungovat jako tým. Toto hodnocení musí jít nad rámec ratingových výkonů; tým musí být schopen analyzovat, jak interagoval a jak interakce ovlivnila výsledek. [5, 10]

Vzhledem k tomu, že během simulace se využívá nejen patientský simulátor, ale i monitor vitálních funkcí, počítač, mikrofony a kamery je třeba vysvětlit, jak je celá simulace řízena.



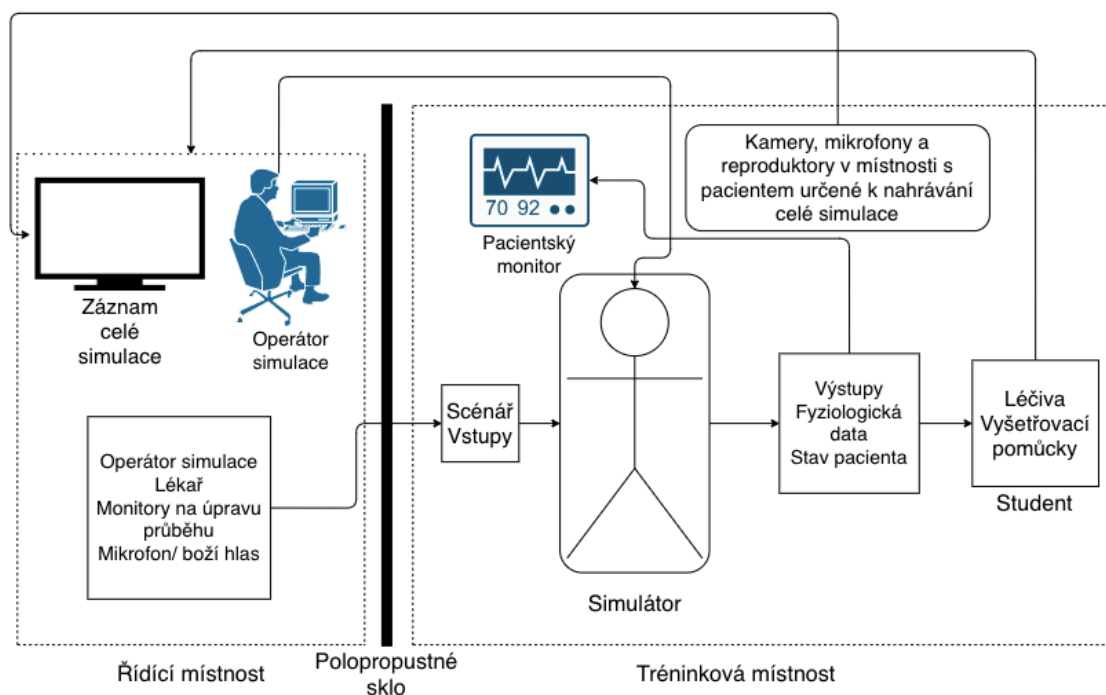
Obrázek 2.1: Schéma průběhu simulace [5]

2.1.1 Řízení simulace

Během simulace jsou patientské simulátory řízeny operátorem z kontrolní (řídící) místnosti tzv. ovladovny, operátory bývají běžně lékař s technikem. Schéma řízení celé simulace a umístění patientského simulátoru je vyobrazeno na Obrázku 2.2. Z této místnosti lze pomocí počítače nebo tabletu ovládat umělého pacienta a vybírat z předprogramovaných scénářů. Většinou je zde připravených několik obrazovek sloužících pro monitorování celé simulace. Na jednom z těchto monitorů je spuštěn záznam, který se vytváří automaticky na základě léčebného postupu studentů, zároveň je možné do něj vkládat poznámky a komentáře. K těmto poznámkám a komentářům se lze vrátit na konci simulace při takzvaném debriefingu. Na druhém monitoru se nachází ovládací panel pro řízení simulace, odkud je možné nastavovat parametry na patientském monitoru, rezistenci plic, zablokování dýchacích cest nebo velikost zorniček. Kolem pacienta je nainstalováno několik kamer tak, aby lektor měl dokonalý přehled o dění kolem pacienta. Tyto kamery je možné různě posouvat a přibližovat dle požadavků lektora. K dispozici jsou také mikrofony, které slouží pro komunikaci se studenty buď jako pacient nebo jako rádce v případě nesnáží. U pacienta jsou taktéž přítomny mikrofony, které zajišťují komunikaci opačného směru. [5]

V další místnosti, nebo za polopropustným sklem, kde se nachází patientský simulátor, jsou přítomni herci tedy lékařský personál nebo studenti. Ti na základě informací o pacientovi, simulovaných rozborů krve a dalších vyšetření, dat a hodnot zobrazených na patientském monitoru rozhodují o dalším postupu a provedení léčby. Ať už by se jednalo o podání příslušných léčiv a infuzí, kardiopulmonální resuscitaci, připojení pacienta k anesteziologickému přístroji nebo ventilátoru umělé plicní ventilace. Na základě těchto údajů je možné například rozhodnout o tom, na jaké oddělení případně pacienta přeloží. Na daný léčebný postup simulátor automaticky zareaguje nebo se přepne do další fáze simulace podle naprogramovaného scénáře. [5]

Celý postup vyšetření se běžně ukládá do záznamu o simulaci neboli logu. Do tohoto záznamu se automaticky ukládá většina léčebných zákroků a vyšetření. Od změření pulzu na konkrétním místě, změření tlaku, použití vyšetřovacích pomůcek, podání léčiva, zahájení a ukončení kardiopulmonální resuscitace, až po defibrilaci, nebo intubaci pacienta. Do tohoto logu se taky zaznamenávají hodnoty životních funkcí a jejich změny v reálném čase. Tento záznam slouží k debriefingu. [5]



Obrázek 2.2: Schéma řízení celé simulace

2.2 Celotělové pacientské simulátory

Jedním z typů pacientských simulátorů jsou celotělové pacientské simulátory neboli simulátory lidských pacientů. Celotělový pacientský simulátor, jak už z názvu vyplývá, je figurína s kompletním tělem (trupem, hlavou a končetinami), která má co nejméně napodobovat reálného pacienta. Jedná se o jeden z nejnovějších způsobů výuky zdravotnických oborů. Moderní technologie dnes vytváří základ pro zdravotnický simulační průmysl. Umožňují studentům nejen zdravotnických oborů trénovat lékařské postupy přímo na figuríně připomínající reálného člověka bez potenciálního nebezpečí na lidském zdraví. Lze trénovat například základní vyšetření, připojení přístrojů na pacienta nebo účinky jednotlivých medikací. [2]

Simulátory lidských pacientů vznikly na základě pokročilého počítačového softwaru umístěného do figuríny, ten je schopen reagovat na různé vstupy stejně jako reálný pacient. Díky tomuto složitému softwaru je možné detailně simulovat veškeré fyziologické změny přes komplexní stavy a scénáře (např. infarkt myokardu, anafylaktický šok, ...) až po jednotlivé zdravotní komplikace jako je například hypertenze. Je tak možné sledovat širokou škálu hodnot, které by na reálném pacientovi nebylo možné v klinické praxi měřit. [2, 6]

Výrobou tohoto typu lékařských simulátorů se zabývá hned několik firem jako například americká společnost 3D Systems, kanadská firma CAE Healthcare Inc. (dříve společnost METI), japonská firma Kyoto Kagaku, norská firma Laerdal Medical, britská firma Limbs & Things, nebo také další americká firma Gaumard Scientific. [11]

2.2.1 Způsob ovládání simulátorů

Existují různé způsoby ovládání celotělových patientských simulátorů, které lze rozdělit na dvě základní skupiny.

První skupinou jsou **scénářem řízené simulátory**. Základem je scénář simulovaného onemocnění realizovaný jako algoritmus, který v závislosti na použitých vstupech reaguje změnou na výstupu. V praxi to znamená, že scénář musí být velmi dobře naprogramován, proto jsou na kladeny vysoké nároky na toho, kdo scénáře připravuje. Mělo by se jednat o člověka s odbornou klinickou praxí, a tedy dostatečným přehledem, jak na které vstupy bude pacient reagovat. Zároveň je třeba připravit vícero možností, kudy se bude scénář ubírat s ohledem na variabilitu postupu vyšetření studentů. Takto připravený scénář, je tedy ve výsledku složitě rozvětvený, a i tak se ne vždy podaří všechny možné postupy připravit. Dále také ve všech fázích scénáře musí být přesně naprogramované hodnoty, které se promítají na patientském monitoru. Pokud se jednotlivé stavy dobře nenastaví může se například při fibrilaci zastavit srdeční činnost a dýchání, ale saturace krve kyslíkem zůstane stále taková jako na začátku celé simulace, tedy před samotnou zdravotní komplikací. [2] Do kategorie scénářem řízených simulátorů spadají všechny simulátory firmy Laerdal Medical.

Druhou skupinou jsou **modelem řízené simulátory**. Hlavním rozdílem oproti scénářem řízeným simulátorům je, že na pozadí neustále běží fyziologický model, který po změně jednoho parametru nastaví automaticky i ty ostatní. V praxi to znamená snazší přípravu scénářů k výuce a vyšší pravděpodobnost průběhu scénáře bez nutnosti zásahu instruktora. Naopak díky fyziologickému modelu na pozadí se snižuje variabilita manuálního nastavení. Příkladem je podávání léčiv během simulace, kdy po podání medikace se všechny vitální parametry změní spolu s dynamikou daného léku. [2] Do této skupiny patří simulátory firmy CAE Healthcare.

2.2.2 Rozdělení simulátorů dle věrnosti a ceny

Celotělové patientské simulátory se obvykle pohybují v cenách od 10 000 do 100 000 amerických dolarů v závislosti na typu, značce, funkcích a věrnosti. Pro uživatele je velmi důležitá věrnost simulátoru, vzhledem k tomu, že snaha simulátoru je evokovat reálné situace s co největší přesností. Simulátory se proto dělí na několik kategorií dle měřítka věrnosti. [6]

Pacientské simulátory s nízkou mírou věrnosti

První takovou kategorií jsou simulátory s nízkou věrností, které jen okrajově připomínají reálného pacienta. Často se jedná o simulátory používané pouze k nácviku KPR, kdy tedy postačí horní část trupu bez končetin. Jsou konstruovány velmi jednoduše a neobsahují v sobě téměř žádnou technologii. Materiály používané k výrobě těchto figurín jsou často cenově dostupné a jsou obvykle navrženy tak, aby byly odolné, i při manipulaci v terénu. U těchto simulátorů se ceny pohybují od 100 do 500 dolarů.

Mohou to také být simulátory životní velikosti, s hmotností reálného pacienta, který má i reálnou kloubní mobilitu. Jsou určeny k nácviku polohování pacienta, zvedání, koupání a dalších podobných činností. Cenové rozmezí těchto simulátorů je od 1000 do 5000 dolarů. [6, 12]

Střední míra věrnosti

Do další kategorie spadají zdravotnické simulátory, které jsou dražší než předchozí třída, kladou větší nároky na schopnosti studentů a jsou to simulátory se střední mírou věrnosti. Obecně se tyto typy figurín používají k vytvoření složitých klinických simulačních scénářů, které vyžadují vyšší úroveň věrnosti. Na první pohled se tyto dražší figuríny nemusí hned jevit jako zásadně odlišné od předchozí třídy, protože jejich rozdíly jsou hlavně uvnitř simulátoru. Tyto pokročilé simulátory se většinou pohybují v cenovém rozpětí od 15 000 do 35 000 dolarů. Zde budou figuríny jako SimMan Essential nebo CAE Juno. [6, 12]

Pacientské simulátory s vysokou mírou věrnosti

Poslední kategorií jsou simulátory s vysokou mírou věrnosti. Tyto typy figurín se přibližují skutečným pacientům tak blízko, jak je to jen možné. Složitost příslušných komponentů a softwaru se také odrážejí v ceně, která se pohybuje v rozmezí od 55 000 dolarů až po 250 000 dolarů. Současné „vlajkové lodě“ pacientských simulátorů jako SimMan 3G z Laerdal Medical, Victoria z Gaumardu, CAE Apollo z CAE Healthcare a Leonardo z MedVision se pohybují kolem 65 000 až 85 000 dolarů. Kromě toho je třeba také vzít v úvahu náklady spojené se servisem a pravidelnou údržbou. [6, 12]

2.2.3 Výrobci pacientských simulátorů

Mezi ty nejznámějšími výrobce celotělových pacientských simulátorů na světě patří společnost CAE Healthcare Inc. a společnost Laerdal Medical. [11] Jejich simulátory iStan a HPS firmy CAE Healthcare nebo SimMan 3G a ALS společnosti Laerdal Medical jsou jedni z nejpoužívanějších počítačem ovládaných figurín.

CAE Healthcare Inc.

Společnost CAE Healthcare Inc., která je jednou z dceřiných firem v rámci nadnárodní společnosti Canadian Aviation Electronics Ltd., byla založena v roce 1947. Na samotném začátku se věnovala opravám a údržbě pozemních komunikačních zařízení. Později během studené války dostala zakázky na vývoj leteckých simulátorů F-104 Starfighter. V roce 2011 tato firma koupila společnost METI, která se zaměřovala na výrobu a vývoj pacientských simulátorů a patřila k absolutní světové špičce. Tímto spojením vznikla dceřiná firma CAE Healthcare Inc. [13] Tato společnost nabízí velmi pokročilé pacientské simulátory s robotizovanou figurínou pacienta v životní velikosti. [2] Mezi jejich simulátory najdeme pacienty všech věkových kategorií.

Jako příklady jejich simulátorů zde budou uvedeny dva jejich nejznámější, které poté budou zahrnuty i do vzájemného porovnání.

iStan

S vlastním modelem lidské fyziologie CAE v jádru je celotělový model pacienta iStan (viz Obrázek 2.3) navržen tak, aby odpovídal reálnému pacientovi. iStan umožňuje fyzické hodnocení různých klinických příznaků, které jsou dynamicky modelovány pomocí matematických algoritmů lidské fyziologie a farmakologie. Když iStan krvácí, jeho krevní tlak, srdeční frekvence a další klinické příznaky se automaticky mění a on reaguje na léčbu s minimálním vstupem od instruktora. Simulátor lze umístit na standardní stoly operačního sálu, lůžko JIP, na zem nebo dokonce do vozidla (v případě simulované nehody). Díky pokročilému fyziologickému modelu, bezdrátové technologii a schopnosti vytvářet neomezené množství patientských scénářů poskytuje iStan obrovskou variabilitu a funkčnost pro pokročilé školení v péči o pacienty. Při bezdrátovém provozu lze iStan umístit na libovolné místo v terénu, včetně automobilu, a zobrazit všechny životní funkce zraněného pacienta. Instruktor může simulaci řídit prostřednictvím Wifi ze vzdáleného notebooku, nebo tabletu, za pomoci programového prostředí Müse. [2, 14]



Obrázek 2.3: Celotělový model pacienta iStan. Převzato z [15]

HPS

Simulátor HPS (Human patient simulator) je jedním z nejsložitějších a nejkompaktnějších dostupných patientských simulátorů a v současnosti patří k absolutní světové špičce. HPS byl prvním patientským simulátorem se schopností zajistit výměnu dýchacích plynů, anesteziologické vyšetření a monitorování pacienta pomocí skutečných fyziologických patientských monitorů, což je ideální pro simulace zahrnující anestezii, kritickou péči a respirační péči. Kromě běžně dostupných funkcí je vybaven některými z pokročilejších schopností jako zorničky reagující na světlo, záškuby palcem do stimulatoru periferních nervů, rozpoznávání léčiva, proměnlivou plicní kompatibilitu a rezistenci dýchacích cest a modelem řízený výdej moči. S pokročilým matematickým modelem lidské fyziologie v jádru, umí HPS automaticky určovat reakce pacientů na zásahy uživatelů v reálném čase. Kombinací složitého systémového designu a flexibilního uživatelsky orientovaného softwaru vytváří HPS realistické učební

zkušenosti, které kopírují složitosti lidské fyziologie a přesnou reprezentaci lidského těla. Opět se simulátor i simulace dají řídit vzdáleně z PC, notebooku, nebo tabletu s programovým prostředím Müse. [2, 16, 17]

Laerdal Medical

Norská firma Laerdal Medical byla založena v roce 1940 a začínala jako výrobce dětských knížek a hraček. Na začátku 50. let se ale firma věnovala výrobě pomůcek sloužících na výuku první pomoci. V roce 1960 se proslavila výrobou asi nepoužívanějšího KPR simulátoru na světě Resusci®-Anne. Tento simulátor byl tvořen pouze horní částí trupu bez končetin, která sloužila k nácviku dýchání z úst do úst a resuscitaci. Na trhu je taktéž široká škála počítačem řízených figurín blízce napodobujících reálného pacienta. Jako zástupce simulátorů z výroby této firmy zde bude uveden jejich prozatím nejpokročilejší SimMan 3G a zároveň simulátor ALS. [18]

SimMan 3G

Vlajkovou lodí firmy Laerdal Medical je počítačem řízený simulátor SimMan 3G (viz Obrázek 2.4). Jedná se o velmi odolný, počítačem řízený patientský simulátor, vytvořený pro vysoce kvalitní simulační trénink v mnoha různých lékařských postupech a případech pacientů. Je to pokročilý, realistický model dospělého pacienta, který disponuje reálnými fyziologickými vlastnostmi. Je vybaven reálnou podobou dýchacích cest, kardiovaskulárního systému, včetně možnosti poslechu srdečních ozev, věrohodnou podobou genitálií a močových cest pro obě pohlaví. Uvnitř ukrývá dva akumulátory, které umožňují jeho použití nejen na lůžku, ale i na zemi, ve vozidle, nebo v terénu. Simulátor lze také ovládat bezdrátově za pomoci tabletu. Zahrnuje radiofrekvenční identifikační technologii v bradě a paži pro rozpoznávání podávaných léčiv, vnitřní vzduchový kompresor v noze, vnitřní zásobníky vody a krve pro simulaci krvácení a další sekrece. Celý simulátor lze ovládat jak za pomoci počítače, tak prostřednictvím malého tabletu SimPad, což je tablet přímo od firmy Laerdal Medical, určený ke vzdálenému ovládní jejich simulátorů. Celé ovládní probíhá pomocí programového prostředí LLEAP. [19, 20]



Obrázek 2.4: Celotělový model pacienta SimMan 3G. Převzato z [19]

ALS

Simulátor pro výuku rozšířené resuscitace (ALS) umožňuje školeným přesné zhodnocení stavu, stanovení diagnózy a poskytnutí péče jak stabilnímu pacientovi, tak pacientovi v kritickém stavu. Díky mobilnímu provedení, nabízí realistickou zkušenost z nácviku široké škály dovedností v terénu, během transportu nebo v nemocnici. Realistická simulace v místě zásahu má pozitivní vliv na reakce školených, změny v přístupech z hlediska bezpečnosti, organizační schopnosti a týmovou práci. Tento simulátor reaguje na klinický zásah a ovládání prováděné instruktorem pomocí scénářů. SimMan ALS umožňuje zajištění průchodnosti dýchacích cest, zhodnocení dýchání, interpretaci EKG, možnost defibrilace a další. Jako v předchozím případě, i tento simulátor lze ovládat vzdáleným přístupem PC, notebooku, i malým tabletem SimPad. Programové prostředí je zde stejné, jako pro všechny simulátory značky Laerdal Medical, tedy aplikace LLEAP. [21]

Peníze vynaložené ve zdravotnictví mají přímý vliv na život pacientů. Proto je velmi důležité, pro které přístroje se nemocnice rozhodne. Tento fakt se projevuje i na simulační medicíně. Musí se pečlivě zvážit, která figurína je nejvhodnější pro požadované výsledky v oblasti bezpečnosti pacientů. Pacientské simulátory jsou sice nákladné, avšak vynaložené peníze se vrací ve formě zvýšené kvality zdravotnické péče. Před samotným výběrem vhodného pacientského simulátoru je nutné zvážit základní účel použití a podle toho si ujasnit technickou specifikaci. [6, 12] Obě výše zmíněné firmy nabízí široký výběr celotělových pacientských simulátorů s velmi podobnými vlastnostmi. Firma CAE Healthcare Inc. a Laerdal Medical jsou momentálně asi největší konkurenti na trhu v tomto odvětví, proto je zajímavé specifikovat rozdíly jejich vůbec nejpopulárnějších simulátorů. Neexistuje článek, který by detailně porovnával figuríny iStan firmy CAE a SimMan 3G firmy Laerdal Medical, přestože se jedná o relevantně porovnatelné simulátory s velmi podobnými vlastnostmi.

3 Cíle práce

Cílem této práce je navrhnout metodiku umožňující porovnání celotělových patientských simulátorů od různých výrobců. Dále ověřit navrženou metodiku analýzou vlastností na navržených scénářích celotělových simulátorů firem CAE Healthcare Inc. a Laerdal Medical a to z pohledu funkcionality, na základě uživatelského rozhraní a možností práce s přednastavenými scénáři.

4 Metody

Tato kapitola se zabývá postupem při tvorbě obecné metodiky, která bude sloužit pro výběr konkrétního simulátoru a ověření metodologického postupu porovnávání simulátorů. Níže jsou rozebrány jednotlivé podkapitoly.

První podkapitola bude popisovat výběr kritérií a specifikací pro následnou tvorbu výběrového procesu, které půjde aplikovat na různé typy patientských simulátorů. Bylo vybráno několik kategorií, pro různé části a funkce simulátoru. Mezi tyto kategorie patří technické specifikace, obecné funkce a lékařské specifikace, které se dále dělí mezi kardiovaskulární systém a dýchací ústrojí. Vybraná kritéria spadají do těchto kategorií a bude zhodnocena jejich přítomnost, případně jejich funkčnost.

Druhá podkapitola se bude zabývat metodikou analýzy vlastností celotělových simulátorů firmy CAE Healthcare a společnosti Laerdal Medical z pohledu funkcionality a přívětivosti uživatelského rozhraní. Metodika porovnávání bude vedena na základě několika dílčích kritérií. Tento postup bude zahrnovat výběr specifikací a technických vlastností samotného simulátoru, porovnání HW možností, tedy co vše lze nacvičovat a trénovat. Dalším bodem bude porovnání SW a uživatelského prostředí pro programování simulačních úloh v aplikacích od obou výrobců. Porovnány budou i patientské monitory a možnosti práce s nimi.

Poslední podkapitola bude popisovat testování navržené metodiky porovnávání patientských simulátorů na konkrétních simulátorech iStan, HPS a SimMan 3G, kdy budou uvedeny výhody a nevýhody těchto simulátorů ze všech možných úhlů.

4.1 Návrh metodiky porovnání

Jako metoda umožňující porovnávání celotělových patientských simulátorů různých firem byla zvolena tabulka ve formě výběrových kritérií, kdy si případný zájemce vybere z jednotlivých uvedených aspektů, které požadavky by měl potenciální simulátor splňovat. Tyto aspekty byly vybrány na základě odborné literatury, účasti na praktických cvičeních a programování vlastních scénářů pro jednotlivé typy simulátorů. [22, 23]

U těchto bodů byly následně popsány jejich funkce na základě odborných publikací a příruček samotných výrobců.

4.1.1 Volba kritérií pro hodnocení

Vybraná kritéria, na základě teoretických a praktických poznatků, byla rozdělena do tabulek, kdy každá tabulka je soustředěna vždy na jednu oblast nebo problematiku.

Jednotlivé oblasti porovnávání byly popsány jako technické specifikace, obecné funkce, ostatní funkce a lékařské specifikace, které jsou dále děleny na kardiovaskulární systém a dýchací ústrojí. Metodický základ pro volbu kritérií, které byly použity

v ostatních funkcích a v obou lékařských specifikacích, dala studie z roku 2013 Mannequin Based Simulators (Chad Epps, Marjorie Lee White, and Nancy Tofil), která se zabývala podobným, ne však tak rozsáhlým porovnáním patientských simulátorů.

Technické specifikace

Pod technické specifikace bylo zahrnuto napájení, akumulátory, ovládání simulátoru (bezdrátové, PC, tablet), prostředí a programovací jazyk pro vytváření simulací, patientské monitory a přenos dat. [22, 23]

Napájení simulátoru hodnotí možnost připojení do elektrické zásuvky, zda je zapotřebí použití redukce nebo lze simulátor připojit přímo do el. zásuvky, ať už k provozu z napájení nebo k nabíjení akumulátorů. Dalším kritériem je využití kapacity akumulátorů, tento parametr je důležitý hlavně pro výcvik v terénu, kdy simulaci často předchází příprava rekvizit. Nehledě na to, že na různých kurzech účinkuje na jedné simulaci i vícero po sobě jdoucích skupin. Výdrž baterie je proto jeden ze zásadních parametrů výběrového procesu. Dalším důležitým aspektem je možnost ovládání simulátoru, zda je možné ovládání bezdrátově přes počítač nebo tablet. To může být velkou výhodou jak v terénu, tak uvnitř, kdy je možné vytvořit realistické prostředí a interakci či změny stavů scénáře řídit na dálku. [22, 23]

Programovací prostředí pro vytváření simulací a programovací jazyk je významným kritériem z pohledu člověka, který přímo dané scénáře připravuje. Většinou se jedná o technika simulačního centra. Každá firma má své vlastní uživatelské rozhraní, možnosti volby a variability vitálních parametrů, celkově velikost výběru již předprogramovaných scénářů nebo obecně uživatelská přívětivost softwaru. Je důležité zmínit, že se simulátorem dostane kupující několik základních předinstalovaných scénářů. Další scénáře se poté dají zakoupit přímo od výrobce v rámci balíčků. Některé aplikace disponují možností zobrazení parametrů na simulovaném „reálném“ monitoru vitálních funkcí, který je v podstatě v realitě jediným nosičem informací o zdravotním stavu pacienta v číslech a grafech. Je proto důležité zhodnotit autentičnost, přehlednost a věrohodnost těchto virtuálních monitorů. Dalším bodem je přenos dat, kdy je hodnocena možnost exportu a uchovávání dat o simulaci či celkově komunikace jednotlivých součástí simulátoru. Vzhledem k tomu, že programovací prostředí a patientské monitory jsou komplikovaná kritéria s velkým množstvím informací, bude jim věnována samostatná kapitola.

Obecné požadavky a funkce

Mezi obecné požadavky a funkce byla zahrnuta výška a váha simulátoru, pohyblivost a celková mobilita umělého pacienta, automatická reakce na průběh vyšetření, možnost měření reálných fyziologických parametrů na simulátoru, autonomicita přístroje, možnost automatického průběhu simulace včetně reakcí na průběh vyšetření, detekce a záznam průběhu vyšetření, záznam použití vyšetřovacích pomůcek manuálně nebo automaticky a možnost celkového záznamu ze simulace. [22, 23]

Výška, váha a mobilita pacienta mohou hrát při výběru simulátoru zásadní roli. Záleží na primárním účelu simulátoru, pokud bude sloužit hlavně k nácviku v terénu, u dopravních nehod či na špatně dostupných místech, ať už pro vojáky nebo záchranáře, jsou tyto parametry klíčové, například k nácviku transportu pacienta. Figurína by měla simulovat reálnou váhu, výšku, i kloubní pohyblivost pacienta, aby ji bylo možné pohodlně využívat na různých místech i prostředích. Je nutné proto zhodnotit, kde a za jakým účelem bude používána. Pokud bude umělý pacient především užíván na lůžku v nemocničním prostředí, nemusí být tyto aspekty zohledňovány, neboť není třeba s ním nijak významně manipulovat. Další kritéria v této části se týkají už samotného průběhu simulace a jejího záznamu. Je důležité, zda lze simulaci naprogramovat tak, aby probíhala plynule bez dalšího zásahu instruktora, který se tak může více soustředit na sledování práce účastníků simulace. Jedná se tedy o automatický průběh a reakce simulátoru, záznam vyšetřovacích pomůcek a záznam fyziologických parametrů.

Ostatní funkce

V ostatních funkcích bylo hodnoceno cévkování, vylučování a sekrece, křeč, změna pohlaví, intraoseální vstup pro podání infuze, měření hladiny glukózy, pohyblivost čelisti, vyjímatelné zuby, možnost injekce do svalu, močový vývod, léčiva, křeč žvýkacích svalů (trismus), zorničky a otok jazyka. [22, 23]

Tyto funkce jsou většinou spíše doplňkové a nejsou součástí běžných vyšetření v nemocnicích. Jsou zde zastoupeny z toho důvodu, aby mohl být patrný rozdíl mezi některými simulátory a zároveň mohou být právě tyto možnosti tím klíčovým, proč by se zájemci mohli pro daný produkt rozhodnout. Mohou to být další užitečné dovednosti, které se na patientských simulátorech dají demonstrovat a zároveň mít menší množství simulátorů pro mnohem širší spektrum studentů, kteří si na něm budou ověřovat teoreticky získané informace.

Kardiovaskulární funkce

Kardiovaskulární funkce zahrnují srdeční frekvenci, EKG, měření krevního tlaku, KPR, arytmie, cyanózu, JVD, doplňování kapilár, perikardiocentéza (nazývaná také perikardiální kohoutek). [22, 23]

Měření krevního tlaku, ať už oscilometrickou, nebo auskultační metodou, patří k základním vitálním funkcím, které se u pacienta měří. Spolu s průběhem EKG a srdeční frekvencí, jsou vyobrazovány na patientském monitoru, proto je nutné zhodnotit možnosti měření těchto parametrů. Dalším kritériem je kardiopulmonální resuscitace, která patří k nejvíce nacvičovaným dovednostem vůbec, a to nejen mezi lékařskými obory, ale i u široké veřejnosti. Sledování srdečních arytmí je v tomto ohledu velmi důležité ať už pro budoucí, nebo stávající kardiology, ale také pro ostatní nemocniční personál.

Arytmie je označení pro poruchy srdeční frekvence, srdečního rytmu, tvorby a vedení vzruchu v srdci nebo jejich kombinaci. Může signalizovat ischemickou chorobu srdeční,

hypoxii, acidózu ale i iontové poruchy, stres a úzkost pacienta. Jedná se tedy o jeden z klíčových ukazatelů stavu pacienta. [24] Dále cyanóza, což je označení pro jev, při kterém dochází k modrému, v některých případech až k modrofialovému zbarvení, některých částí těla. To je zapříčiněno nedostatečným okysličením krve, tedy pokles nasycení hemoglobinu kyslíkem. [25] Tento ukazatel může být pro vyšetřující studenty zásadní pro zahájení správného postupu léčby.

Dalším ukazatelem je distence krční žíly neboli JVD (Jugular vein distention), jedná se o stav, kdy zvýšený tlak horní duté žíly způsobí vydutou krční žílu, takže je nejvíce viditelná na pravé straně krku. Vzhled žíly je podobný provazu nebo vyvýšené trubici pod povrchem kůže. Tento jev většinou signalizuje srdeční selhání, nebo blokaci žíly. [26] Je proto velmi důležité tento jev sledovat. Perikardiocentéza (nazývaná také perikardiální kohoutek) jedná se o punkci perikardiální dutiny při výpotku (= evakuace perikardiální tekutiny). [27] Tato činnost je důležitá primárně pro kardiology. K nácviku tohoto zákroku jsou často určeny simulátory pouze v podobě trupu.

Dýchací ústrojí

Oblast dýchacího ústrojí vyhodnocuje intubaci, nosní intubaci, bronchial occlusion (uzavření průdušek), laryngospasm (křeč hrtanových svalů), uzavření dýchacích cest, ztížené dýchání (rezistence plic), SpO₂, plicní ventilaci, hrudní trubici a její vývod. [22, 23]

Endotracheální intubace, je proces, při kterém dochází k zavádění trubice do průdušnice, která zajišťuje průchodnost dýchacích cest a umožňuje i odsávání sekretů. Je tedy nutná pro nácvik u anesteziologů, neboť správné zavedení vyžaduje dlouhodobý trénink, často totiž dochází k nesprávnému zavedení do jícnu. [28] Nosní intubace se používá v některých nouzových situacích k zajištění průchodnosti dýchacích cest. Využívá se u pacientů, kteří nejsou kriticky hypoxičtí a u kterých je zřejmá orální patologie způsobující problémy s intubací a ventilací ústy. [29] V těchto situacích, kdy jsou ústa nepřístupná, musí dojít k intubaci nosem nebo tracheostomií. Tracheostomie je chirurgický zákrok, při kterém dochází k vývodu průdušnice na povrch těla, v případě, že jsou zablokovány dýchací cesty. [30] Laryngospasmus (křeč hrtanových svalů) je stav, kdy dochází k silnému stažení hrtanové a hlasivkové svaloviny a důsledkem může být až smrt udušením. Většinou je spojená s refluxní nemocí, nebo alergickou reakcí, proto je důležitá k určení správné diagnostiky. [31]

Dalším kritériem je uzavření dýchacích cest a uzavření průdušek, nebo jejich neprůchodnosti, k tomu často dochází při vdechnutí nějakého tělesa, nejčastěji u dětí. Nejdůležitější ze zmíněných aspektů, který se zároveň sleduje nejčastěji, je saturace krve kyslíkem, tedy SpO₂. Je to jeden ze základních údajů, vypovídající o zdravotním stavu pacienta, který se vyobrazuje na patientském monitoru. Určuje správnou funkci okysličování krve.

4.2 Analýza vlastností celotělových simulátorů

V této kapitole budou analyzovány vlastnosti celotělových patientských simulátorů iStan a HPS společnosti CAE Healthcare a SimMan 3G od společnosti Laerdal Medical na základě hardwarových a softwarových specifikací. Hodnocena bude funkcionality i uživatelské rozhraní. Další zkoumané vlastnosti budou přehlednost aplikace, výběr z přednastavených scénářů, variabilita nastavitelných parametrů a také jak dobře, nebo s jakou prodlevou dané simulátory reagují na změny a podněty z aplikace. K základnímu porovnání bude použita odborná literatura, technické specifikace a příručky od daných výrobců. Následně bude hodnocena tvorba scénáře v systému Müse pro simulátory značky CAE Healthcare a v softwaru SimDesigner pro simulátory značky Laerdal Medical. V závěru bude hodnoceno uživatelské rozhraní a průběh simulace, jak z pozice lékaře, případně vyučujícího, který dané simulace vytváří pro pozdější testování, tak z pohledu testované osoby během debriefingu. Toto závěrečné zhodnocení proběhne za pomoci rozhovorů a specifických dotazníků spokojenosti.

4.2.1 Porovnání patientských monitorů

V této kapitole bude nastíněn postup při porovnávání patientských monitorů. Patientský monitor, neboli monitor vitálních funkcí, je jak při simulaci, tak u reálného pacienta, velmi důležitý. Bez jakýchkoliv dotazů na pacienta je z monitoru jasně vidět, jaký je zdravotní stav pacienta v danou chvíli. Zobrazuje se na něm EKG, srdeční frekvence, dechová frekvence, teplota těla, tlak, nebo saturace krve kyslíkem. Je ale možné tyto parametry nastavit a upravit, pokud je třeba sledovat jiné ukazatele. V nemocnicích, to samozřejmě není běžnou součástí každého vyšetření. Pacient, který je připojen na patientský monitor, je většinou ve vážnějším stavu. Při simulacích je tento prvek velmi důležitý. Díky údajům, které lektor pouští, nebo spíše promítá, na patientský monitor, je pro studenta (účastníka simulace) snazší a jasnější, jak k umělému pacientovi přistupovat, jaká by mohla být diagnóza, jakým způsobem provádět léčbu, nebo jaké podat léky.

Bude hodnocena přehlednost patientského monitoru a také možnosti nastavení monitoru. Možnosti nastavení při vykreslování křivek a dalších číselných hodnot, které jsou zobrazovány na patientském monitoru. Simulované monitory vitálních funkcí budou porovnávány jak mezi sebou, tak se skutečným patientským monitorem používaným v nemocniční péči při monitorování pacientů.

4.2.2 Tvorba scénářů a porovnání na základě uživatelského rozhraní

Vzhledem k tomu, že jeden z cílů práce je objektivně zhodnotit všechny aspekty uvedených simulátorů, bude součástí porovnávání i tvorba scénáře v systémech Müse (pro simulátor iStanu HPS) a SimDesigner (pro simulátor SimMan3G). Důvodem je vyhodnocení uživatelské přívětivosti z hlediska vývojáře.

Softwarová aplikace

Software Müse je určen k řízení a přípravě scénářů pro simulátory značky CAE Healthcare Inc. Aplikace je volně ke stažení a to jak do zařízení s operačním systémem Windows, tak do zařízení s Linux či Mac OS. Na konci roku 2020 byl však zrušen Adobe Flash Player, přes který právě tato aplikace pracovala. Existuje tedy pomocná aplikace Müse Viewer, která by měla nahrazovat již zmíněný Adobe Flash Player. Disponuje možností řízení simulace za pomoci tabletu (tablet se systémem Windows, nebo spíše přenosný počítač, který má odnímatelný a dotykový displej). [2] Součástí aplikace je také CAE LearningSpace Experience, který slouží pro následný debriefing (zhodnocení) průběhu simulace. Je možné si zobrazit i simulovaný patientský monitor pomocí Touch Pro.

Druhým softwarem je aplikace Laerdal Simulation Home, ze kterého lze spustit aplikaci Laerdal Learning Application (LLEAP) určenou, jak už z názvu vyplývá, k ovládání scénářů pro simulátory značky Laerdal Medical. Součástí aplikace je SimDesigner pro tvorbu a úpravu scénářů a také SimView pro následné provedení debriefingu. V aplikaci lze taktéž spustit simulaci reálného patientského monitoru pomocí Patient Monitor. Aplikace LLEAP nemá volně dostupnou licenci, je ale možné si stáhnout volně přístupnou verzi softwaru (LLEAP Lite) zcela zdarma, avšak nejsou zde podporovány všechny funkce aplikace. Tato verze umožňuje pouze tvorbu scénářů, ale neumožňuje připojit se k reálnému simulátoru, nebo patientskému monitoru. Patientský monitor lze spustit, pokud je počítač připojený na stejnou síť, jako ovládací počítač s plnou verzí softwaru. K tomuto ovládacímu počítači lze takto připojit neomezené množství patientských monitorů. Stejný postup lze aplikovat i na ovládací tablet SimPad, na který lze tímto způsobem připojit pouze jeden patientský monitor.

Tvorba scénářů

Tvorba scénářů bude probíhat v obou programových systémech, kdy budou vytvořeny předem definované scénáře s totožnými stavy. Tyto scénáře budou vytvořeny na základě podkladů od lékařů a proškolených osob, kteří se zabývají simulační medicínou a vedou kurzy studentů, na Fyziologickém ústavu 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy, v centru lékařských simulací. [32] Bude se jednat o komorovou fibrilaci, CHOPN a AIM. Porovnávané parametry budou zvoleny na základě uvedených scénářů, aby byly porovnány aspekty, se kterými se mohou studenti setkat při nácviku právě daných simulací.

Budou sledovány životní funkce jako je teplota, srdeční frekvence (HR), dechová frekvence (RR), saturace krve kyslíkem (SpO₂), EKG a krevní tlak (BP).

Komorová fibrilace

Prvním scénářem je komorová fibrilace, kdy počátečním stavem bude pacient, jehož anamnézou je bezvědomí z neznámého důvodu. Před tímto stavem si stěžoval

na palpitace (zvýšené uvědomování si srdečního rytmu). [33] Pro pacienta budou zvoleny výchozí hodnoty, které jsou automaticky přednastaveny v aplikaci.

V další fázi simulace začne pacientův stav pozvolna přecházet do komorové fibrilace. Při níž dochází k asynchronním kontrakcím v srdečních komorách. Z čehož vyplývá, že se myokard není schopen stahovat a přečerpávat tak krev, v důsledku toho se ani okysličená krev nedostane do zbytku těla. Pacient rychle upadá do bezvědomí a bez okamžité kardiopulmonální resuscitace a následné defibrilace dochází k úmrtí. [34] Hodnoty životních funkcí se tedy mění na následující (parametry, až na teplotu, byly zvoleny manuálně, tudíž jsou v obou softwarech totožné).

Ze stavu fibrilace komor se pacient dostane zpět do původního stavu pomocí defibrilace. V podmínkách simulace bude nastaveno, že defibrilace bude úspěšná, až při hodnotách vyšších, nebo rovno, 150 J. Defibrilace je elektrická terapeutická metoda, která se používá pro „vyléčení“ srdečních arytmií. Využívá se elektrického impulsu, který projde patientským myokardem a měl by obnovit sinusový srdeční rytmus. Po úspěšné defibrilaci přechází pacient ze stavu fibrilace do zlepšeného stavu.

Poslední fází scénáře je pacientův návrat do stabilizovaného stavu, tedy jako na počátku simulace.

CHOPN

Dalším vytvořeným scénářem bude simulace chronické obstrukční plicní nemoci. Chronická obstrukční plicní nemoc nebo také chronické obstrukční bronchopulmonární nemoc je chronická choroba, při které dochází ke zužování a ucpávání dýchacích cest, především průdušek, důsledkem zánětu. Příčinou tohoto onemocnění je nejčastěji dlouhodobé kouření nebo genetická vada. [35]

V první fázi scénáře je pacient se zvýšeným krevním tlakem, zvýšenou srdeční frekvencí, zrychleným dýcháním, hraničně nízkou saturací krve kyslíkem a mírně zvýšenou teplotou těla. Z toho stavu mají studenti dvě cesty. První z nich je začít podávat správné medikace, kdy na výběr jsou zde celkem tři, po kterých se automaticky simulace přesouvá do dalších fází. Tyto medikace budou postupně zvyšovat saturaci krve kyslíkem a zpomalovat dýchání. Druhou cestou je nasazení kyslíkové masky, nebo kyslíkových brýlí a nastavení proudění kyslíku. Pokud se ale nastaví příliš silné proudění kyslíku, může to následně vést k hyperkapnii a upadnutí pacienta do stavu bezvědomí. Po vypnutí kyslíku se stav vrací opět na začátek celého scénáře.

Pozadí úlohy, se kterým se studenti seznámí před začátkem simulace:

Muž, asi 50 let. Dýchání se zhoršuje asi tři dny, nejdříve nastydlý, měl zvýšenou TT a začal pokašlávat. Teplotu neměl, vykašlával zelené sputum. Dnes v noci zhoršení, nemohl pro kašel spát. Ráno zadýchaný i v klidu.

Anamnéza:

Chodí na plicní, má sprej od A....., když se mu hůř dýchá, tak si ho jednou stříká. Teď ho zkoušel, ale nepomáhá. Jinak léky nebere. Alergie nemá. Kouří od 15 krabičku denně.

AIM

Poslední vytvořený scénář se týká akutního infarktu myokardu. Akutní infarkt myokardu je jedním z projevů ischemické choroby srdeční. Ve většině případů je příčinou uzávěra nebo zúžení věnčité tepny, způsobená krevní sraženinou. Důsledkem je poškození, někdy až odumření části srdce, která je způsobená nedostatečným okysličením svalové tkáně. [36]

Pacient přijde do nemocnice s bolestí na hrudi. V počátečním stavu má pouze mírně zvýšený krevní tlak a srdeční frekvenci a sníženou hodnotu saturace krve kyslíkem. Scénář se z tohoto stavu může ubírat dvěma směry. Prvním z nich je zahájení léčby příslušnou medikací, po které se ale i dále pacientův stav zhoršuje až do bodu, kde dojde k fibrilaci komor. Druhou cestou je ponechání pacienta na pozorování bez začátku léčby. Scénář se poté každých 10 minut automaticky přepne do další fáze, kdy se stav pacienta stále zhoršuje, až se obě cesty setkají stavu fibrilace komor. Celý scénář končí úspěšným defibrilováním pacienta.

Pozadí úlohy, se kterým se studenti seznámí před začátkem simulace:

Pacient: 55 let, dosud zdravý. Stěžuje si na bolesti na hrudi, lokalizaci ukazuje dlaní do středu sternu, bolest je intenzity asi 7/10 a vystřeluje mu do levého ramene. Začala dnes cestou z práce při klidné chůzi, přibližně před hodinou, od té doby je trvale přítomná a neustupuje ani v klidu. Nemá na ni vliv poloha ani hluboký nádech, při palpaci hrudníku se nezhoršuje. Při bolesti se mu udělalo špatně od žaludku a opotil se. Dýchá se mu teď v klidu celkem dobře.

Anamnéza:

Alergie nemá, léky neužívá, od 20 do 50 let kouřil asi krabičku denně, alkohol příležitostně. Rodinná: otec se léčí se srdcem, ale neví přesně proč.

Pokyny pro studenty:

Jste mladý lékař na interním příjmu, je 18 hodin večer. K dispozici máte: kompletně vybavenou lékárnu včetně infuzí, monitor, defibrilátor, fonendoskop. Dále laboratoř, RTG a další vyšetřovací metody dle plánu. Do ambulance přichází muž z ulice, stěžuje si na bolesti na hrudi

4.2.3 Zhodnocení průběhu simulací

Posledním úhlem hodnocení těchto simulátorů bude na základě průběhu simulací, a to jak z pozice lékaře, případně vyučujícího, který dané simulace vede a formuje, tak z pohledu studenta (testované osoby). Toto hodnocení proběhne na základě praktického pozorování, rozhovorů a specifických satisfakčních hodnocení všech účastníků simulace.

Bude vytvořen dotazník spokojenosti z pohledu dostatečnosti technického vybavení, funkcionality, vlivu na výuku a věrohodnosti pro simulátory obou firem, kdy student či lékař, který ho vyplňuje bude hodnotit od 1 do 10 uvedené výroky dle pravdivosti, kdy 1 je „vůbec nesouhlasím s uvedeným výrokem“ a 10 je „naprosto souhlasím s uvedeným výrokem“. Dotazník bude následně statisticky a slovně vyhodnocen.

Dotazníky budou vyplněny studenty z Centra lékařských simulací na Fyziologickém ústavu 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy. Vzhledem k tomu, že výuka zde probíhá pro anglicky mluvící studenty, bude i dotazník vyhotoven v anglickém jazyce (viz Příloha A). Dále budou vyplněny studenty Fakulty Biomedicínského Inženýrství na ČVUT v Kladně.

Tyto dotazníky jsou tvořeny spíše na základě spokojenosti a přehlednosti v programovacích prostředích. Vzhledem k tomu, že lektori i studenti jsou z lékařských oborů, není dotazník stavěn na otázkách ohledně technických specifikací a parametrů simulátorů.

4.3 Testování navržené metodiky porovnávání simulátorů

Navržená metodika pro univerzální porovnání celotělových patientských simulátorů různých výrobců bude testována na konkrétních simulátorech firmy CAE Healthcare (iStan a HPS) a Laerdal Medical (SimMan 3G).

Bude vyhodnocena detailní analýza těchto simulátorů a jejich rozdíly na základě vybraných kritérií v tabulce, kdy budou hodnoceny jednotlivé aspekty pro případné zájemce v kategoriích. Na základě této analýzy budou uvedeny výhody a nevýhody simulátorů iStan, HPS a SimMan 3G ze všech možných úhlů. Výstupem bude vyplněná tabulka pro jednotlivé celotělové simulátory a slovní popis výsledku hodnocení.

5 Výsledky

V této kapitole jsou uvedeny výsledky jednotlivých podkapitol z metodologického rozboru. Bude shrnuta navržená metodika výběrových kritérií. Dále budou pomocí navržené metodiky porovnány patientské simulátory firmy CAE Healthcare Inc. a Laerdal Medical a to na základě výběrových kritérií, reálnosti patientských monitorů, přívětivosti uživatelského rozhraní a také na základě získaných dat od studentů lékařské fakulty, doktorů a lektorů, kteří dohlíží na připravující scénáře pro další účastníky různých kurzů zaměřených na patientské simulátory.

5.1 Navržená metodika univerzálního porovnávání

Navržená metodika porovnávání celotělových patientských simulátorů byla vyhotovena formou výběrových kritérií – tabulky obsahující vytyčené aspekty v kapitole 4.1. Potenciální budoucí uživatel neboli poptávající vyplní níže uvedené tabulky rozdělení do oblastí uvedených v kapitole 4.

V Tabulce 5.1 jsou vytyčena kritéria hodnocení z oblasti technických specifikací, kdy potenciální zájemce vybere u jednotlivých aspektů buď ANO nebo NE či konkrétně specifikuje požadavek.

Tabulka 5.1: Technické specifikace simulátoru

Název simulátoru:		
Kritéria hodnocení	Požadavek	Nabízená možnost
Napájení ze sítě	ANO / NE	ANO / NE
Baterie	ANO / NE	ANO / NE
Minimální výdrž baterie	(v hodinách)	(v hodinách)
Maximální doba do úplného nabití	(v hodinách)	(v hodinách)
Bezdrátové ovládání	ANO / NE	ANO / NE
Ovládání pomocí PC	ANO / NE	ANO / NE
Ovládání pomocí tabletu	ANO / NE	ANO / NE
Uživatelské rozhraní	Název SW:	Název SW:
Patientský monitor	Název plug-inu:	Název plug-inu:
Přenos dat	Bezdrátově / Kabel	Bezdrátově / Kabel
Možnost exportu dat	ANO / NE	ANO / NE
Formát exportu dat	(.exe, .csv, atd)	(.exe, .csv, atd)

V Tabulce 5.2 jsou vytyčena kritéria hodnocení z oblasti obecných funkcionalit simulátoru.

Tabulka 5.2: Obecná funkcionalita simulátoru

Název simulátoru:		
Kritéria hodnocení	Požadavek	Nabízená možnost
Výška	(v cm)	(v cm)
Váha	(v kg)	(v kg)
Autonomní	ANO / NE	ANO / NE
Pohyblivost kloubů	ANO / NE	ANO / NE
Automatická reakce na průběh vyšetření	ANO / NE	ANO / NE
Reálné fyziologické parametry	ANO / NE	ANO / NE
Automatický průběh simulací	ANO / NE	ANO / NE
Záznam průběhu vyšetření	ANO / NE	ANO / NE
Záznam vyšetřovacích pomůcek	ANO / NE	ANO / NE
Celkový záznam simulace včetně fyziologických hodnot	ANO / NE	ANO / NE

V Tabulce 5.3 jsou vytyčena kritéria hodnocení z oblasti ostatních funkcí simulátoru.

Tabulka 5.3: Ostatní funkce simulátoru

Název simulátoru:		
Kritéria hodnocení	Požadavek	Nabízená možnost
Možnost cévkování	ANO / NE	ANO / NE
Sekrece	ANO / NE	ANO / NE
Změna pohlaví	ANO / NE	ANO / NE
Pohyblivost čelisti	ANO / NE	ANO / NE
Vyjímatelné zuby	ANO / NE	ANO / NE
Močový vývod	ANO / NE	ANO / NE
Intraoseální vstup	ANO / NE	ANO / NE
Podávání léků	ANO / NE	ANO / NE
IM injekce	ANO / NE	ANO / NE
Měření hladiny glukózy	ANO / NE	ANO / NE
Trismus	ANO / NE	ANO / NE
Křeč	ANO / NE	ANO / NE
Reaktivní zorničky	ANO / NE	ANO / NE

V Tabulce 5.4 jsou vytyčena kritéria hodnocení z oblasti lékařských specifikací, konkrétně kardiovaskulární funkce.

Tabulka 5.4: Kardiovaskulární funkce simulátoru

Název simulátoru:		
Kritéria hodnocení	Požadavek	Nabízená možnost
Srdeční frekvence	ANO / NE	ANO / NE
Krevní tlak	ANO / NE	ANO / NE
EKG	ANO / NE	ANO / NE
Arytmie na EKG	ANO / NE	ANO / NE
KPR	ANO / NE	ANO / NE
Cyanóza	ANO / NE	ANO / NE
JVD	ANO / NE	ANO / NE
Perikardiocentéza	ANO / NE	ANO / NE
Doplňování kapilár	ANO / NE	ANO / NE

V Tabulce 5.5 jsou vytyčena kritéria hodnocení z oblasti dalších lékařských specifikací, konkrétně dýchacího ústrojí. Tyto kritéria jsou zároveň poslední.

Tabulka 5.5: Dýchací ústrojí simulátoru

Název simulátoru:		
Kritéria hodnocení	Požadavek	Nabízená možnost
SpO ₂	ANO / NE	ANO / NE
Intubace	ANO / NE	ANO / NE
Nosní intubace	ANO / NE	ANO / NE
Uzavření průdušek	ANO / NE	ANO / NE
Uzavření dýchacích cest	ANO / NE	ANO / NE
Plicní ventilace	ANO / NE	ANO / NE
Ztížené dýchání	ANO / NE	ANO / NE
Laryngospasmus	ANO / NE	ANO / NE
Hrudní trubice	ANO / NE	ANO / NE
Vývod hrudní trubice	ANO / NE	ANO / NE

5.2 Analýza vlastností celotělových simulátorů

Analýza byla provedena na základě porovnání simulovaných monitorů vitálních se skutečným patientským monitorem. Dále byla hodnocena uživatelská rozhraní, určená k přípravě scénářů pro simulace, od obou výrobců a na závěr byla aplikována metodika výběrového procesu na patientské simulátory iStan a HPS firmy CAE Healthcare Inc. a simulátoru SimMan 3G firmy Laerdal Medical.

5.2.1 Porovnání patientských monitorů

V této podkapitole jsou porovnány simulované patientské monitory od obou výše zmíněných firem. Jsou hodnoceny na základě vzhladu, možností úprav, jejich nastavení a také podobnost s reálným monitorem vitálních funkcí (v tomto případě konkrétně GE Healthcare Carescape viz Obrázek 5.3).

Touch Pro CAE

U simulovaného patientského monitoru Touch Pro od firmy CAE Healthcare Inc. (viz Obrázek 5.1) je při spuštění vyobrazeno šest křivek, které lze libovolně uspořádat, měnit jejich limitní hranice na stupnici a upravovat barvu křivek. Mezi křivky, které lze zobrazit patří: všech 12 svodů EKG, ABP, PAP, CVP, Pleth a Capnogram. V pravé části jsou zobrazeny číselné hodnoty, které vycházejí ze simulovaných křivek. Ve spodní části

monitoru jsou poté další 4 volitelné číselné ukazatele. Možnost nastavení této dolní části je velmi široká. Na výběr je zde například: RR interval, HR, C.O., NIBP a teplota těla. Další možnosti viz Tabulka 5.6. V dolní liště je tlačítko na ztlumení všech zvukových signalizací monitoru, odkaz na 12 svodové EKG a také tlačítko na spuštění měření NIBP. V pravém dolním rohu se nachází nastavení monitoru, kde lze vybírat z přednastavených vzhledů patientského monitoru, nastavení zvukových signalizací, celkové konfigurace, nebo nastavení pravidelného měření NIBP.

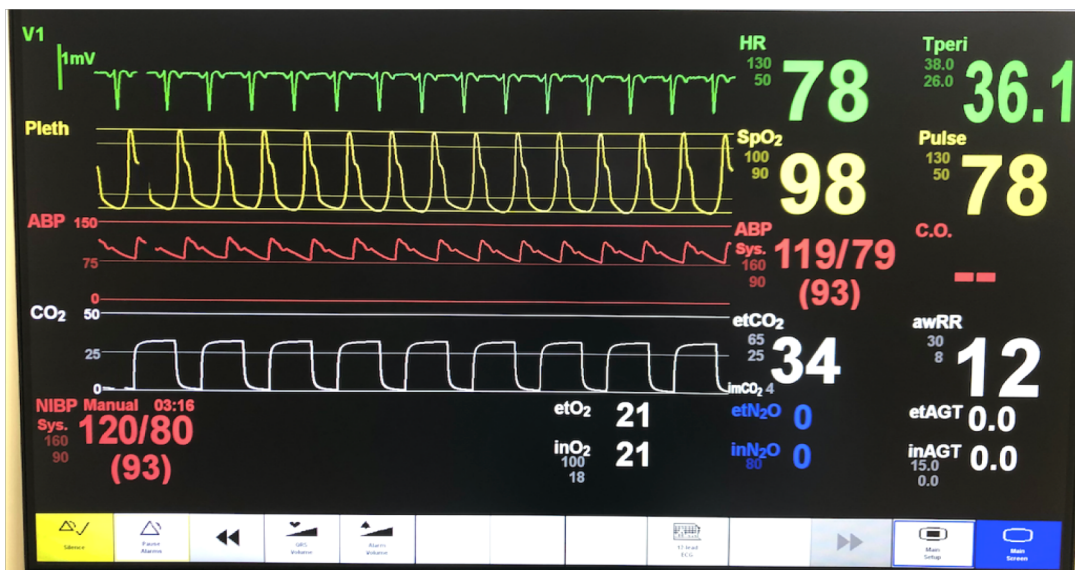


Obrázek 5.1: Simulovaný patientský monitor Touch Pro CAE

Patient Monitor Laerdal Medical

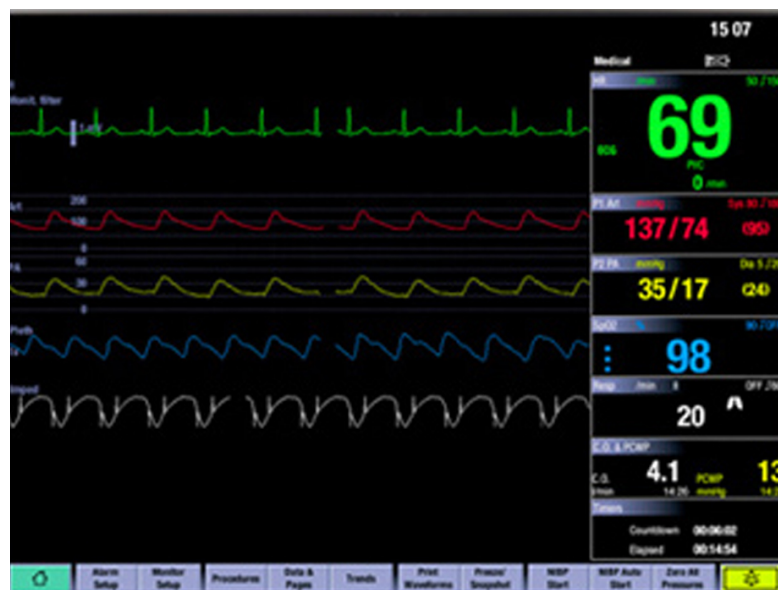
Patient monitor firmy Laerdal Medical (viz Obrázek 5.2) je v základním nastavení se čtyřmi zobrazenými křivkami v levé části obrazovky. V pravé části jsou číselné hodnoty vycházející z grafů. Tyto křivky se na monitoru nedají měnit mezi sebou nebo měnit jejich barevné provedení. Jejich rozložení se případně musí nastavovat ještě před samotným spuštěním monitoru. Mezi křivky, které lze zobrazit patří: všech 12 svodů EKG, Pleth, ABP, CO₂, Pads, PAP a CVP. Dohromady je na výběr ze 7 základních nastavení celkového rozložení displeje. Oproti Touch Pro je zde navíc i možnost displeje pro defibrilaci, nebo AED. Další číselné ukazatele jsou zobrazeny na pravém okraji displeje a také v jeho spodní části. Zde je na výběr dohromady ze 19 ukazatelů, jako například: NIBP, awRR, Tperi, Pulse, nebo C.O. V dolní liště je celkové nastavení monitoru, nastavení hlasitosti, tlačítko pro měření krevního tlaku, nebo zobrazení 12 svodového EKG. Oproti Touch Pro zde nejsou všechny ukazatele vyobrazeny ihned po spuštění

monitoru, ale jejich zobrazení se musí potvrzovat dotykem po připojení monitorovacího přístroje. Je to tedy alespoň malá motivace pro studenty, aby dané přístroje připojili.



Obrázek 5.2: Pacientský monitor Laerdal Medical

Ve srovnání se skutečným monitorem vitálních funkcí, má větší podobu patient monitor firmy Laerdal Medical. Na skutečném monitoru je sice více zobrazovaných křivek, ale celkové rozložení monitoru a barevné napodobení je velmi věrohodné. Je kladen důraz spíše na číselné hodnoty, které jsou v dostatečné velikosti a jasných barvách, aby studenti měli dobrý přehled o stavu pacienta. Velmi podobná je i spodní lišta, na které je základní nastavení monitoru, ztlumení alarmů, měření NIBP a další možnosti.



Obrázek 5.3: Reálný pacientský monitor GE Carescape

Tabulka 5.6: Možnosti nastavení zobrazovaných hodnot na monitoru [37]

Číselné ukazatele	Touch Pro CAE Healthcare	Patient Monitor Laerdal Medical
ABP	ANO	ANO
TAxilla	ANO	NE
TBlood	ANO	ANO
TBody	ANO	ANO
CVP	ANO	NE
C.O.	ANO	ANO
EtCO₂	ANO	ANO
HR	ANO	ANO
ICP	ANO	ANO
MAP	ANO	NE
NIBP	ANO	ANO
PaCO₂	ANO	NE
PACO₂	ANO	NE
PaO₂	ANO	NE
PAO₂	ANO	NE
PCWP	ANO	NE
PAP	ANO	NE
Pulse	ANO	ANO
PvCO₂	ANO	NE
PvO₂	ANO	NE
TRectal	ANO	NE
RR	ANO	ANO
SpO₂	ANO	ANO
Therm C.O.	ANO	NE
pH	NE	ANO
PTC	NE	ANO
TOF	NE	ANO
inO₂/etO₂	NE	ANO
inN₂O/etN₂O	NE	ANO
inAGT/etAGT	NE	ANO

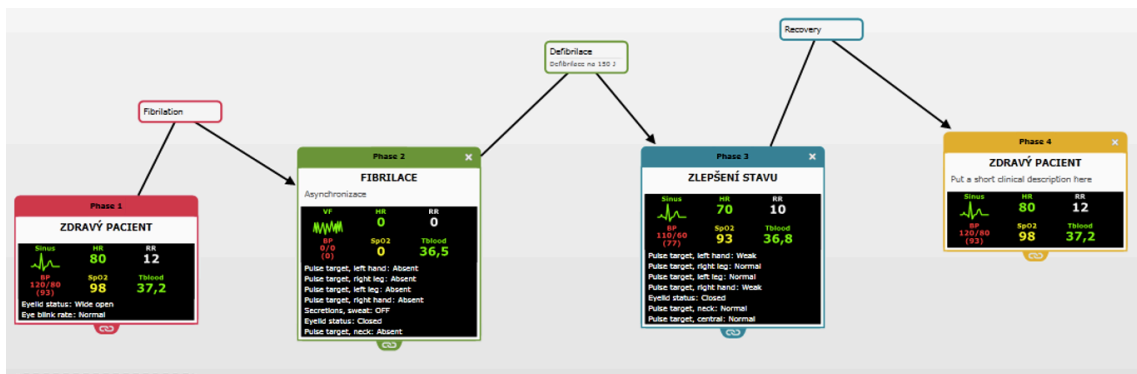
5.2.2 Tvorba scénářů a porovnání na základě uživatelského rozhraní

V této podkapitole jsou porovnány uživatelské rozhraní od obou výše zmíněných firem (software MUSE firmy CAE Healthcare a software LLEAP – SimDesigner firmy Laerdal Medical) na základě tvorby scénářů.

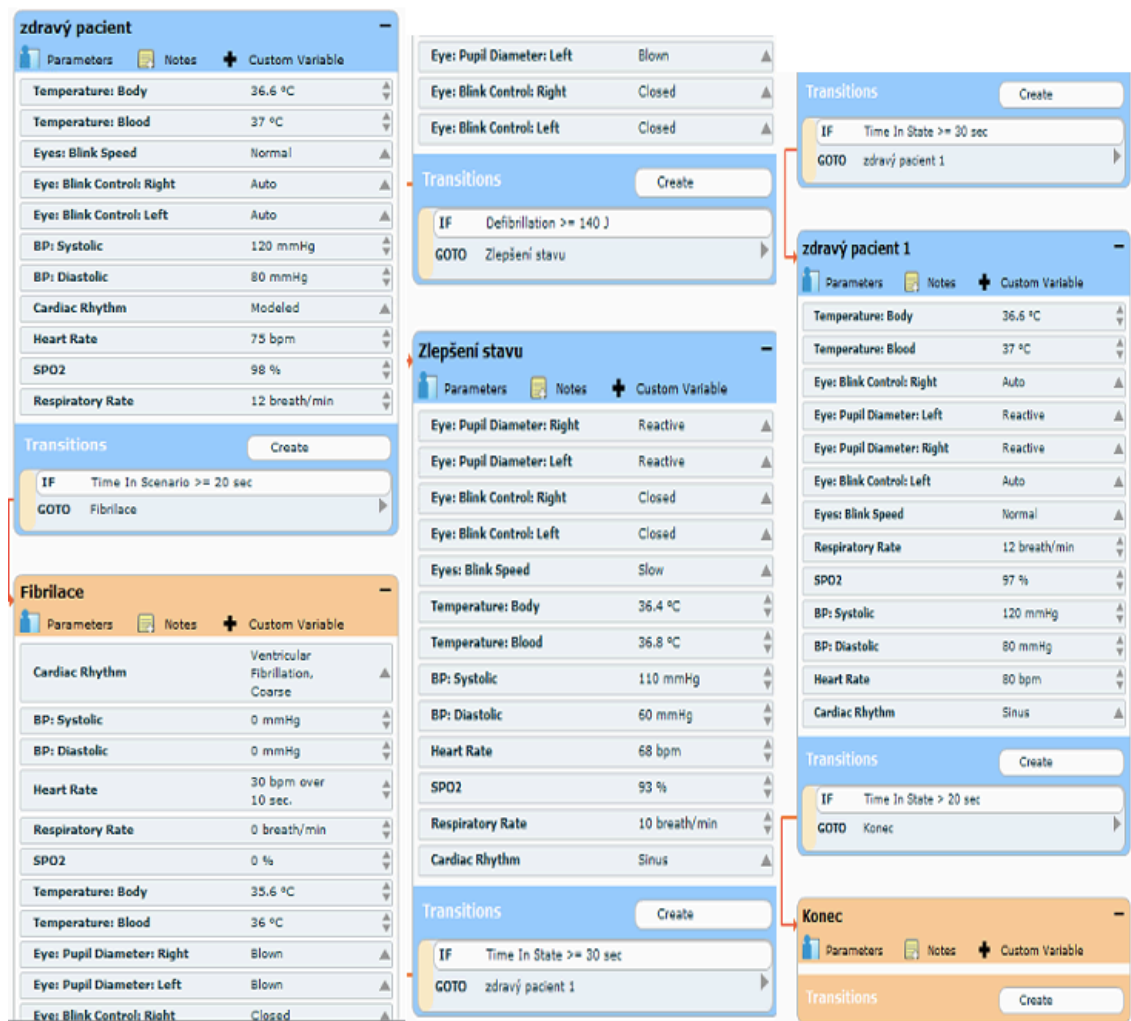
Samotná tvorba scénáře

Komorová fibrilace

Prvním vytvořeným scénářem v obou těchto uživatelských rozhraní je komorová fibrilace, naprogramovaný scénář v aplikaci SimDesigner (viz Obrázek 5.4) a v aplikaci MUSE (viz Obrázek 5.5).



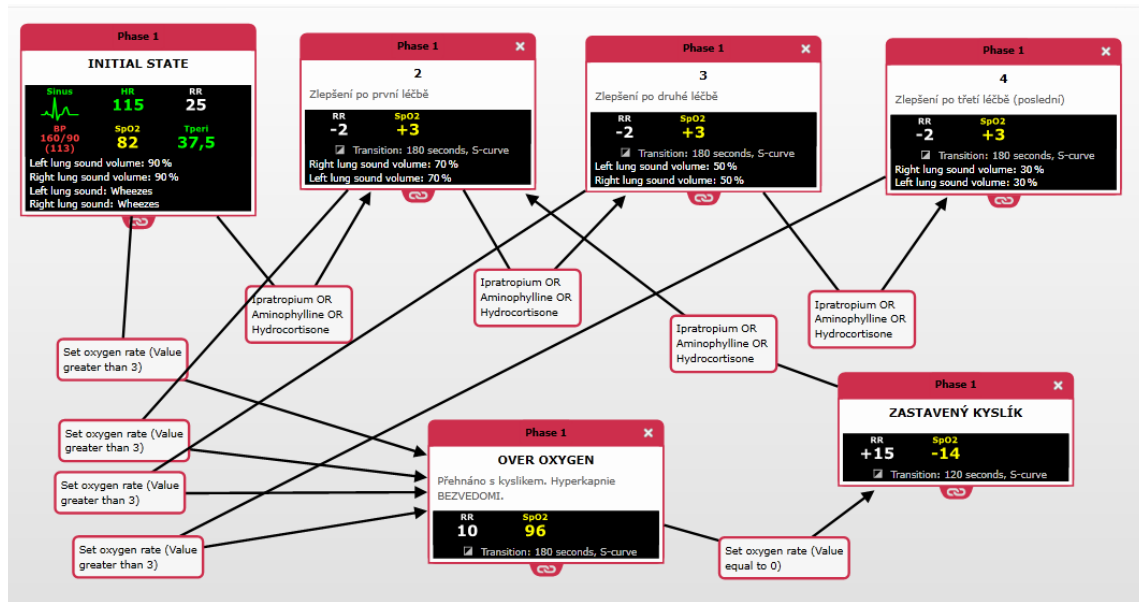
Obrázek 5.4 Scénář na simulace komorové fibrilace v aplikaci SimDesigner



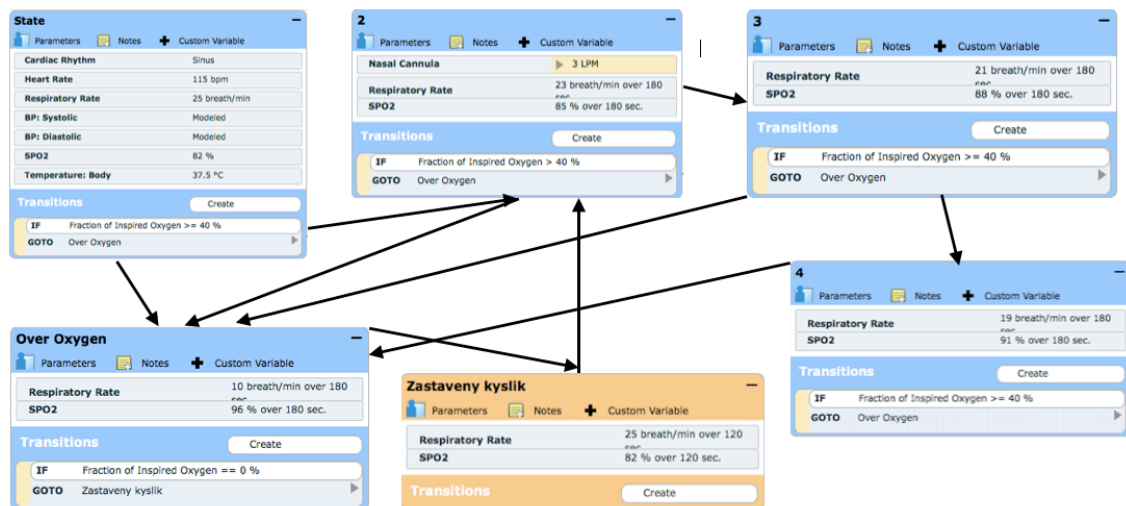
Obrázek 5.5 Scénář na simulace komorové fibrilace v aplikaci MUSE

CHOPN (Chronická obstrukční plicní nemoc)

Dalším vytvořeným scénářem v obou těchto uživatelských rozhraní je chronická obstrukční plicní nemoc, naprogramovaný scénář v aplikaci SimDesigner (viz Obrázek 5.6) a v aplikaci Müse (viz Obrázek 5.7).



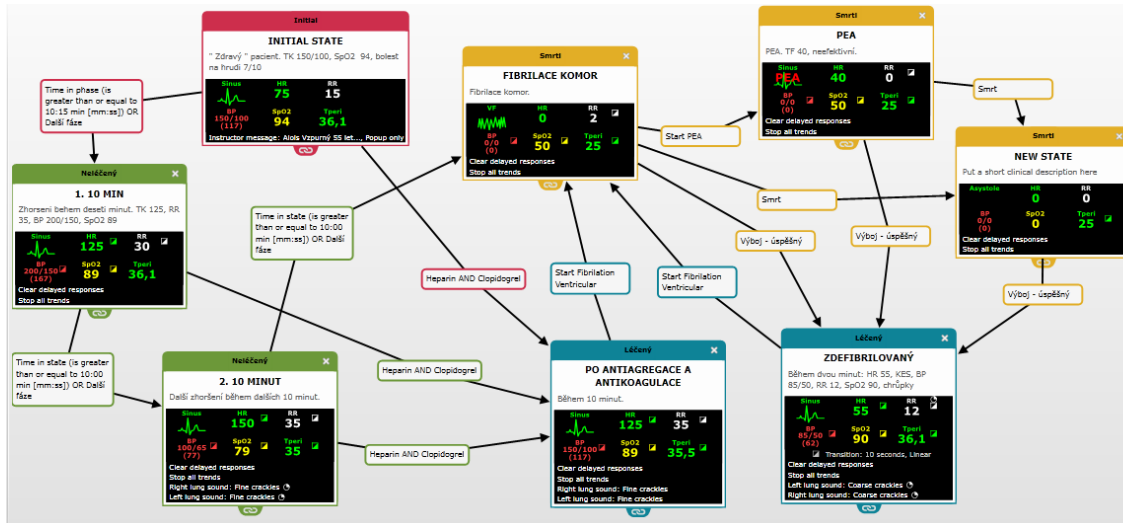
Obrázek 5.6: Scénář na simulaci CHOPN v aplikaci SimDesigner



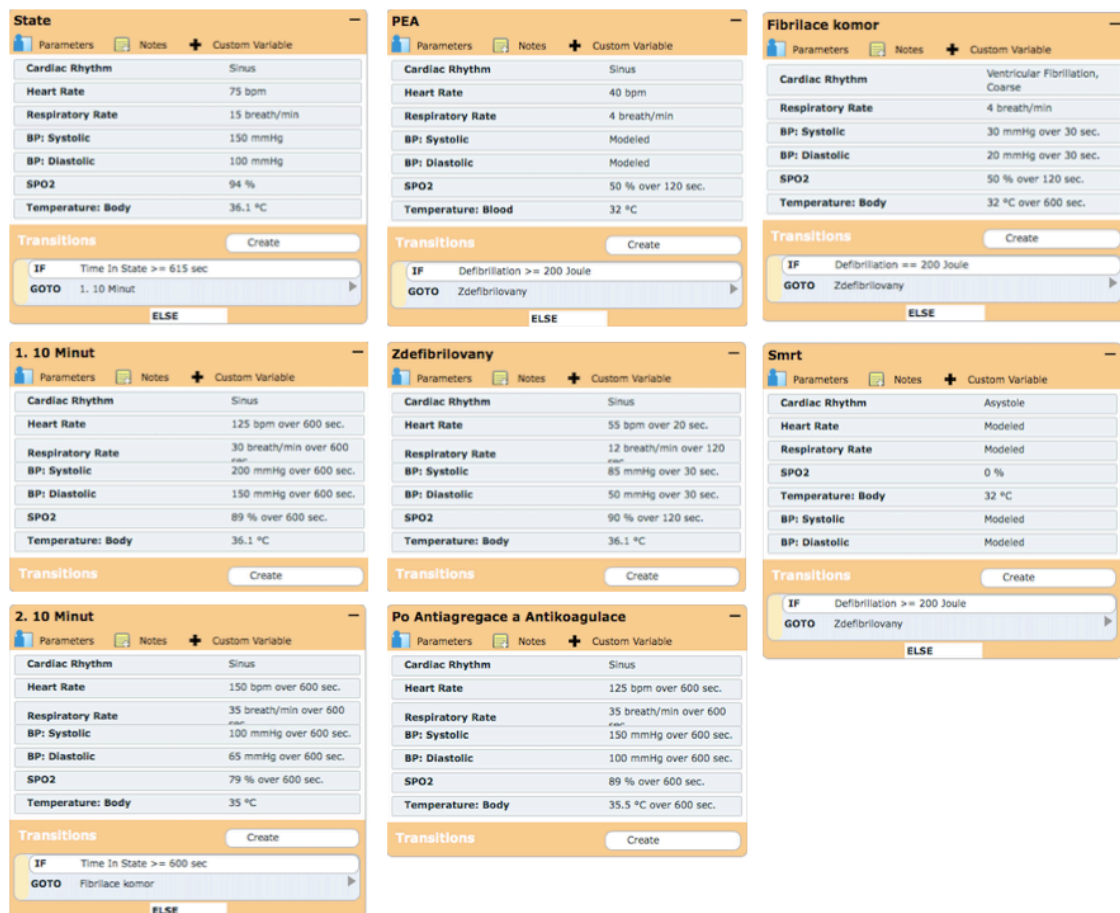
Obrázek 5.7: Scénář na simulaci CHOPN v aplikaci Müse

AIM (Akutní infarkt myokardu)

Posledním vytvořeným scénářem v obou těchto uživatelských rozhraní je akutní infarkt myokardu, naprogramovaný scénář v aplikaci SimDesigner (viz Obrázek 5.8) a v aplikaci Müse (viz Obrázek 5.9).



Obrázek 5.8: Scénář na simulaci AIM v aplikaci SimDesigner

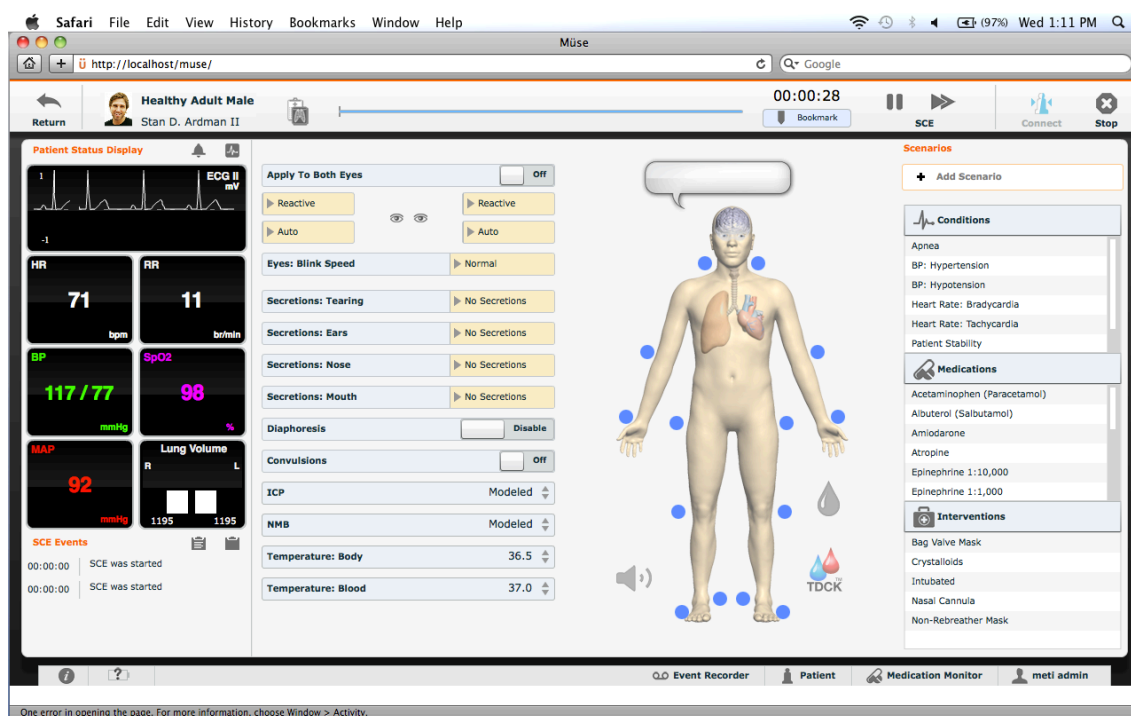


Obrázek 5.9: Scénář na simulaci Scénář na simulaci AIM v aplikaci Müse

Porovnání na základě tvorby scénářů

Největším rozdílem bylo nastavování podmínek pro přechod do dalších fází scénáře. Jelikož software Müse (viz Obrázek 5.10) reaguje fyziologicky na průběh léčby, některé podmínky jako například podání správných medikací není možné vytvořit, protože na lék už je připravena fyziologická odpověď, a je tedy k výběru až během samotné simulace, a ne během její přípravy. Velká nevýhoda v aplikaci Müse je, že se nedá zobrazit celé schéma scénáře jako tomu je v systému LLEAP. Proto zde nejsou vyobrazeny celé scénáře, tak jak byly vytvořeny, ale stavy jsou poskládané vedle sebe tak, aby bylo co nejvíce zřetelné, co bylo vytvořeno a jaké stavy byly nastaveny.

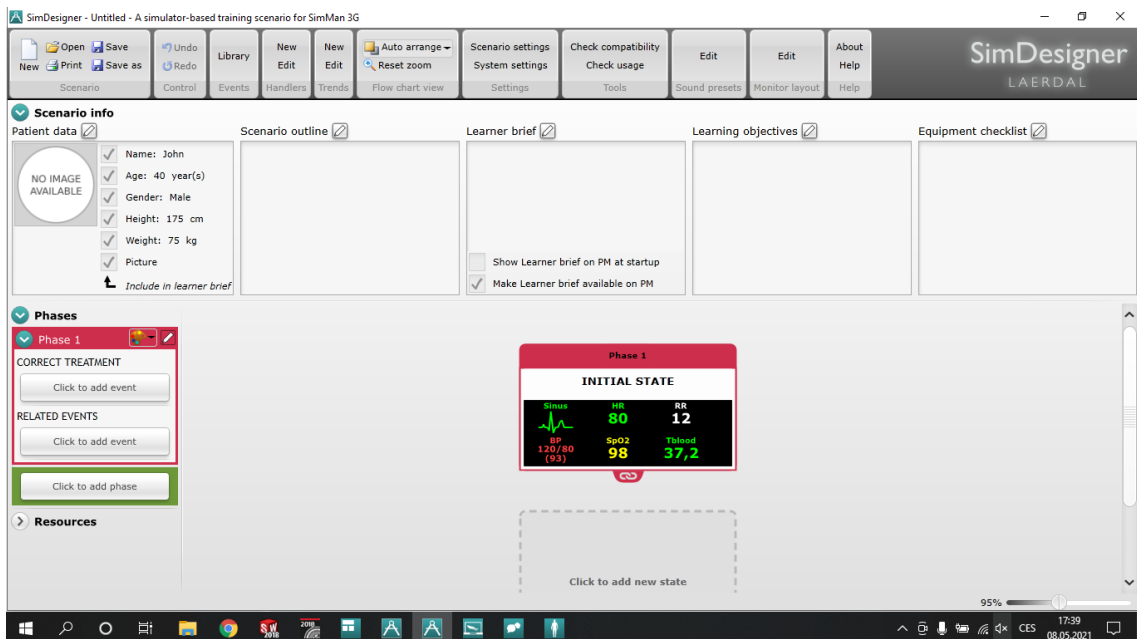
Jak již bylo zmíněno, velkou výhodou aplikace Müse je neustále běžící fyziologický model na pozadí, který automaticky vytváří reakci na nastavené parametry. Zároveň, při přípravě nového scénáře má lektor, nebo student, k dispozici virtuální postavu člověka, kde si může volit mezi jednotlivými částmi těla, které by rád zahrnul do své simulace. Ať už se jedná o nastavení týkající se srdce, plic, nebo celkového nastavení simulátoru, všechny nabízené a volitelné parametry, se zobrazí po kliknutí na daný orgán. Při tvorbě samotného scénáře, jsou přechody mezi jednotlivými fázemi provázány jednoduchými podmínkami *IF* a *GO TO*.



Obrázek 5.10: Uživatelské rozhraní aplikace Müse pro tvorbu scénářů

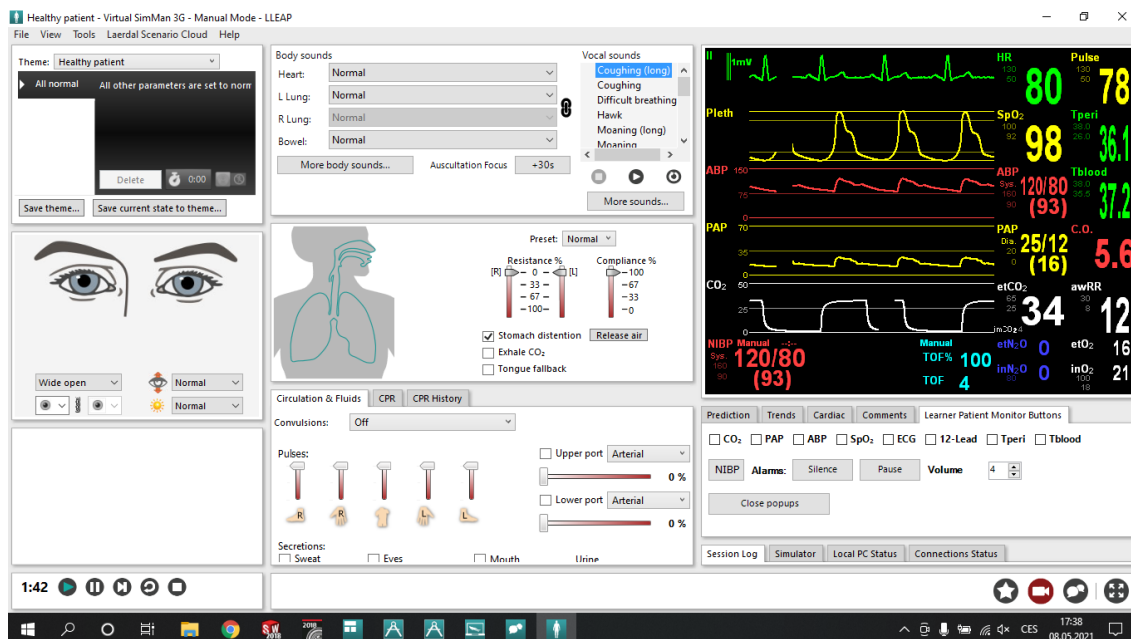
Prostředím pro tvorbu scénářů k patientským simulátorům firmy Laerdal Medical, je aplikace SimDesigner (viz Obrázek 5.11). Podle vzhledu se jedná o modernější aplikaci pro tvorbu scénářů. Při prvním otevření zde není téměř nic. Student, nebo lektor, si musí všechny nové stavy tvořit bez jakékoliv šablony. U začínajících lektorů zde možná může

být problém v orientaci. Je zde ale velmi široké spektrum možností nastavení. Scénář lze připravovat na 4 fáze, které mezi sebou lze libovolně provázat a tím mít připraveno několik možností, jak může student vést léčbu. Oproti aplikaci Müse je zde na výběr mnohem více medikací a také podmínek, za kterých se scénář přepne do další fáze. Zřejmě se tím kompenzuje absence fyziologického modelu a automatické reakce na průběh vyšetření.



Obrázek 5.11: Uživatelské rozhraní aplikace SimDesigner pro tvorbu scénářů

Velmi povedené je prostředí LLEAP pro řízení samotné simulace (viz Obrázek 5.12). Je zde malý patientský monitor, kde lze upravovat hodnoty, přehrávat různé zvukové projevy pomocí reproduktorů ve figuríně, nastavení průchodnosti dýchacích cest, nastavitelná rezistence plic, intenzita pulzu na příslušných místech pro vyšetření, nebo provedení KPR a její kvalita.



Obrázek 5.12: Ovládací prostředí aplikace LLEAP po spuštění scénáře

Zhodnocení simulací z pohledu studentů a lektorů

Byl vytvořen dotazník spokojenosti (viz Příloha A) z pohledu dostatečnosti technického vybavení, funkcionality, vlivu na výuku a věrohodnosti pro simulátory obou firem, kdy studenti hodnotili uvedené výroky z pohledu uživatele (označeny písmenem Q, kdy Q1 je první výrok dotazníku) od 1 do 10 dle pravdivosti, kdy 1 je „vůbec nesouhlasím s uvedeným výrokem“ a 10 je „naprosto souhlasím s uvedeným výrokem“. Studentům bylo přiřazeno ID (SXL nebo SXC). Dotazníky nesloužily jako základ pro výsledky této práce. Byly vytvořeny pouze pro objektivnější vzhled na celou problematiku. Dotazník je koncipován spíše na spokojenost s celkovým průběhem simulací a věrohodností simulátoru, než na technické specifikace a rozdíly mezi simulátory.

V Tabulce 5.7 je uvedeno číselné hodnocení studentů pro výroky dotazníku Q1 až Q8 pro patientský simulátor SimMan 3G.

Tabulka 5.7: Hodnocení jednotlivých výroků studenty pro SimMan 3G

STUDENTI – SimMan 3G								
ID	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
S01L	8	7	4	10	1	9	8	10
S02L	8	10	9	9	10	8	7	9
S03L	7	8	10	10	9	9	7	10
S04L	8	9	10	10	6	6	6	7
S05L	10	10	10	10	10	10	10	7
S06L	7	8	9	9	6	8	7	8
S07L	6	9	8	10	4	7	8	8
Průměr	7,71	8,71	8,57	9,71	6,57	8,14	7,57	8,43
Směr. odchylka	1,25	1,11	2,15	0,49	3,36	1,35	1,27	1,27

Průměrné hodnocení u tvrzení Q1 „*Simulátor je realistický nástroj k učení se vyhodnotit stav pacienta*“ bylo $7,71 \pm 1,25$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q2 „*S podobnou situací se mohu setkat v reálném životě*“ bylo $8,71 \pm 1,11$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q3 „*Zkušenosti se simulátorem zlepšily mé technické dovednosti*“ bylo $8,57 \pm 2,15$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q4 „*Scénáře rozvíjejí kritické myšlení a rozhodování*“ bylo $9,71 \pm 0,49$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q5 „*Vybavení simulátoru je dostačující*“ bylo $6,57 \pm 3,36$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q6 „*Zkušenosti ze simulací zvýšily mou důvěru pro přechod do reálného klinického prostředí*“ bylo $8,14 \pm 1,35$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q7 „*Průběh simulace odráželo reálný klinický průběh situace*“ bylo $7,57 \pm 1,27$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q8 „*Simulátor mi umožnil užití teorii do praxe*“ bylo $8,43 \pm 1,27$.

V Tabulce 5.8 je uvedeno číselné hodnocení studentů pro výroky dotazníku Q9 až Q16 pro patientský simulátor SimMan 3G.

Tabulka 5.8: Hodnocení jednotlivých výroků studenty pro SimMan 3G

STUDENTI – SimMan 3G								
ID	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16
S01L	10	0	9	9	-	1	8	9
S02L	9	10	9	8	9	8	9	10
S03L	5	10	7	10	8	1	10	10
S04L	10	9	10	9	9	6	10	10
S05L	8	8	10	10	8	2	10	10
S06L	8	9	7	8	7	6	8	10
S07L	10	7	5	7	6	6	8	9
<i>Průměr</i>	<i>8,57</i>	<i>7,57</i>	<i>8,14</i>	<i>8,71</i>	<i>7,83</i>	<i>4,29</i>	<i>9,00</i>	<i>9,71</i>
<i>Směr. odchylka</i>	<i>1,81</i>	<i>3,51</i>	<i>1,86</i>	<i>1,11</i>	<i>1,17</i>	<i>2,87</i>	<i>1,00</i>	<i>0,49</i>

Průměrné hodnocení u tvrzení Q9 „*Práce se simulátorem mě motivovala k učení*“ bylo $8,57 \pm 1,81$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q10 „*Pacientský monitor byl věrnou imitací reálného patientského monitoru*“ bylo $7,57 \pm 3,51$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q11 „*Zkušenosti ze simulátoru mi pomohly určit prioritní aspekty ošetrovatelské péče*“ bylo $8,14 \pm 1,86$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q12 „*Simulátor mi pomohl efektivně zvládat klinickou pohotovost*“ bylo $8,71 \pm 1,11$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q13 „*Práce se simulátorem mi pomohla pracovat s daty o pacientech*“ bylo $7,83 \pm 1,17$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q14 „Ve výběru postupu léčby se cítím omezeně“ bylo $4,29 \pm 2,87$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q15 „Jsem spokojený/á se zkušeností s prací se simulátorem“ bylo $9,00 \pm 1,00$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q16 „Celkově zkušenosti z práce se simulátorem mi pomohly v učení“ bylo $9,71 \pm 0,49$.

V Tabulce 5.9 je uvedeno číselné hodnocení studentů pro výroky dotazníku Q1 až Q8 pro patientský simulátor iStan.

Tabulka 5.9: Hodnocení jednotlivých výroků studenty pro iStan

STUDENTI – iStan								
ID	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
S01C	6	10	7	8	5	5	6	6
S02C	7	10	8	5	5	4	6	8
S03C	8	2	6	8	7	7	7	9
S04C	9	5	9	6	10	8	6	7
S05C	10	9	7	10	9	8	7	9
S06C	10	3	7	10	10	5	8	10
S07C	9	7	8	7	3	6	6	8
<i>Průměr</i>	<i>8,43</i>	<i>6,57</i>	<i>7,43</i>	<i>7,71</i>	<i>7,00</i>	<i>6,14</i>	<i>6,57</i>	<i>8,14</i>
<i>Směr. odchylka</i>	<i>1,51</i>	<i>3,31</i>	<i>0,98</i>	<i>1,89</i>	<i>2,77</i>	<i>1,57</i>	<i>0,79</i>	<i>1,35</i>

Průměrné hodnocení u tvrzení Q1 „Simulátor je realistický nástroj k učení se vyhodnotit stav pacienta“ bylo $8,43 \pm 1,51$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q2 „S podobnou situací se mohu setkat v reálném životě“ bylo $6,57 \pm 3,31$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q3 „Zkušenosti se simulátorem zlepšily mé technické dovednosti“ bylo $7,43 \pm 0,98$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q4 „Scénáře rozvíjejí kritické myšlení a rozhodování“ bylo $7,71 \pm 1,89$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q5 „Vybavení simulátoru je dostačující“ bylo $7,00 \pm 2,77$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q6 „Zkušenosti ze simulací zvýšily mou důvěru pro přechod do reálného klinického prostředí“ bylo $6,14 \pm 1,57$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q7 „Průběh simulace odráželo reálný klinický průběh situace“ bylo $6,57 \pm 0,79$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q8 „Simulátor mi umožnil užití teorii do praxe“ bylo $8,14 \pm 1,35$.

V Tabulce 5.10 je uvedeno číselné hodnocení studentů pro výroky dotazníku Q9 až Q16 pro patientský simulátor iStan.

Tabulka 5.10: Hodnocení jednotlivých výroků studenty pro iStan

STUDENTI – iStan								
ID	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16
S01C	7	2	8	9	7	8	8	8
S02C	7	4	7	8	6	7	8	8
S03C	7	7	9	8	4	5	8	7
S04C	8	10	9	10	6	4	10	10
S05C	9	4	7	7	5	7	10	10
S06C	5	10	10	8	10	3	8	10
S07C	7	3	7	7	6	8	8	9
<i>Průměr</i>	<i>7,14</i>	<i>5,71</i>	<i>8,14</i>	<i>8,14</i>	<i>6,29</i>	<i>6,00</i>	<i>8,57</i>	<i>8,86</i>
<i>Směr. odchylka</i>	<i>1,21</i>	<i>3,30</i>	<i>1,21</i>	<i>1,07</i>	<i>1,89</i>	<i>2,00</i>	<i>0,98</i>	<i>1,21</i>

Průměrné hodnocení u tvrzení Q9 „Práce se simulátorem mě motivovala k učení“ bylo $7,14 \pm 1,21$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q10 „Pacientský monitor byl věrnou imitací reálného pacientského monitoru“ bylo $5,71 \pm 3,30$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q11 „Zkušenosti ze simulátoru mi pomohly určit prioritní aspekty ošetrovatelské péče“ bylo $8,14 \pm 1,21$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q12 „Simulátor mi pomohl efektivně zvládat klinickou pohotovost“ bylo $8,14 \pm 1,07$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q13 „Práce se simulátorem mi pomohla pracovat s daty o pacientech“ bylo $6,29 \pm 1,89$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q14 „Ve výběru postupu léčby se cítím omezeně“ bylo $6,00 \pm 2,00$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q15 „Jsem spokojený/á se zkušeností s prací se simulátorem“ bylo $8,57 \pm 0,98$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q16 „Celkově zkušenosti z práce se simulátorem mi pomohly v učení“ bylo $8,86 \pm 1,21$.

Dále byl také vytvořen dotazník pro lektory, kteří se setkali s oběma verzemi uživatelských prostředí a mohou tak objektivně zhodnotit jejich používání. Lektorům bylo přiřazeno ID (LX). Dotazník je zaměřen na jejich spokojenost a osobní preference. Na závěr dotazníku byla lektorům položena otázka, kterou z uvedených aplikací preferují. Zároveň byli požádáni o zdůvodnění svého tvrzení. Bodové ohodnocení u těchto dotazníků bylo stejné, jako u předchozích, tedy hodnocení číslem 1 (s tvrzením naprosto nesouhlasím) a hodnocení číslem 10 (s tvrzením naprosto souhlasím)

V Tabulce 5.11 je uvedeno číselné hodnocení lektorů pro výroky dotazníku Q1 až Q8 pro uživatelské prostředí LLEAP firmy Laerdal Medical.

Tabulka 5.11: Hodnocení jednotlivých výroků lektory pro SW LLEAP

LEKTORŮ – LLEAP								
ID	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
L01	8	7	5	6	2	8	8	1
L02	6	5	1	3	0	7	6	3
L03	8	7	2	4	1	7	9	0
L04	10	8	6	6	8	8	9	8
Průměr	8,00	6,75	3,50	4,75	2,75	7,50	8,00	3,00
Směr. odchylka	1,63	1,26	2,38	1,50	3,59	0,58	1,41	3,56

Průměrné hodnocení u tvrzení Q1 „*Aplikace a uživatelské prostředí systému LLEAP mi přijde přehledná*“ bylo $8,00 \pm 1,63$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q2 „*Ovládání aplikace považuji za intuitivní a jednoduché i pro začínající lektory*“ bylo $6,75 \pm 1,26$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q3 „*Nastavování podmínek pro přechod do další fáze simulace mi přijde jednoduché a přehledné*“ bylo $3,50 \pm 2,38$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q4 „*Ve výběru podmínek pro přechod do další fáze simulace se necítím omezeně*“ bylo $4,75 \pm 1,50$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q5 „*Knihovna nabízených léků a medikací mi přijde dostatečná*“ bylo $2,75 \pm 3,59$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q6 „*Při nastavování parametrů pro jednotlivé stavy pacienta se necítím omezeně*“ bylo $7,50 \pm 0,58$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q7 „*Monitor vitálních funkcí připomíná reálný patientský monitor*“ bylo $8,00 \pm 1,41$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q8 „*Vidím výhodu u patientského monitoru společnosti Laerdal Medical, kdy studenti musejí dotykem potvrzovat připojení vyšetřovacích přístrojů, k zobrazení hodnot na displeji*“ bylo $3,00 \pm 3,56$.

V Tabulce 5.12 je uvedeno číselné hodnocení lektorů pro výroky dotazníku Q1 až Q8 pro uživatelské prostředí Müse firmy CAE Healthcare.

Tabulka 5.12: Hodnocení jednotlivých výroků lektory pro SW Müse

LEKTORŮ – Müse								
ID	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
L01	4	2	2	4	8	2	4	8
L02	7	4	4	7	9	6	5	10
L03	5	3	3	6	8	7	3	9
L04	2	2	2	7	10	10	5	6
Průměr	4,50	2,75	2,75	6,00	8,75	6,25	4,25	8,25
Směr. odchylka	2,08	0,96	0,96	1,41	0,96	3,30	0,96	1,71

Průměrné hodnocení u tvrzení Q1 „Aplikace a uživatelské prostředí systému Müse mi přijde přehledná“ bylo $4,50 \pm 2,08$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q2 „Ovládání aplikace považuji za intuitivní a jednoduché i pro začínající lektory“ bylo $2,75 \pm 0,96$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q3 „Nastavování podmínek pro přechod do další fáze simulace mi přijde jednoduché a přehledné“ bylo $2,75 \pm 0,96$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q4 „Ve výběru podmínek se necítím omezeně“ bylo $6,00 \pm 1,41$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q5 „Knihovna nabízených léků a medikací mi přijde dostatečná“ bylo $8,75 \pm 0,96$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q6 „Při nastavování parametrů pro jednotlivé stavy pacienta se necítím omezeně“ bylo $6,25 \pm 3,30$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q7 „Monitor vitálních funkcí připomíná reálný patientský monitor“ bylo $4,25 \pm 0,96$.

Průměrné hodnocení u tvrzení Q8 „Jako velkou výhodu vidím fyziologický model, který běží na pozadí simulátorů firmy CAE Healthcare“ bylo $8,25 \pm 1,71$.

5.3 Testování navržené metodiky výběrového procesu

V této kapitole je aplikována vytvořená metodika vybraných kritérií na zvolené patientské simulátory. U některých vybraných kritérií je popsáno, jak je daná problematika řešena u jednotlivých simulátorů.

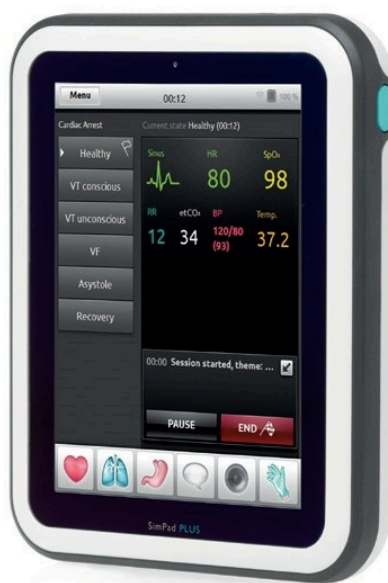
5.3.1 Technické specifikace

Hodnocení konkrétních simulátorů SimMan 3G firmy Laerdal Medical a iStan a HPS firmy CAE Helthcare na základě technických specifikací z navržené metodiky (viz Tabulka 5.13).

Tabulka 5.13: Hodnocení simulátorů na základě technických specifikací. [14, 17, 20, 22]

Kritéria hodnocení	SimMan 3G	iStan	HPS
Napájení ze sítě	ANO	ANO	ANO
Baterie	ANO	ANO	NE
Minimální výdrž baterie	4 hodiny	7 hodin	-
Maximální doba do úplného nabití	3 hodiny	6 hodin	-
Bezdrátové ovládání	ANO	ANO	ANO
Ovládání pomocí PC	ANO	ANO	ANO
Ovládání pomocí tabletu	ANO	ANO	ANO
Uživatelské rozhraní	LLEAP	Müse	Müse
Pacientský monitor	Patient Monitor	Touch Pro	Touch Pro
Přenos dat	Bezdrátově i kabelem	Bezdrátově i kabelem	Bezdrátově i kabelem
Možnost exportu dat	ANO	ANO	ANO
Formát exportu dat	mss, sce	scx, ssx, pdf	scx, ssx, pdf

U všech tří simulátorů lze jako zdroj použít klasická rozvodná síť o 240 V a není potřeba žádná redukce. Pacientská simulátor SimMan 3G a iStan navíc mohou ke svému provozu využít i dobíjecí akumulátory. V případě SimMan 3G se jedná o dvě baterie, jejichž průměrná výdrž je udávána na 4 hodiny. U simulátoru iStan je tato výdrž výrobcem udávána dokonce až na 7-8 hodin. Všechny simulátory lze ovládat bezdrátově, prostřednictvím Wifi a to jak za použití počítače, tak tabletu. U SimMan 3G je to tablet přímo z výroby Laerdal Medical a nese název SimPad (viz Obrázek 5.13).



Obrázek 5.13: Tablet SimPad pro řízení simulací. Převzato z: [38]

5.3.2 Obecná funkcionalita simulátoru

Hodnocení konkrétních simulátorů SimMan 3G firmy Laerdal Medical a iStan a HPS firmy CAE Helthcare na základě obecné funkcionality simulátorů z navržené metodiky (viz Tabulka 5.14).

Tabulka 5.14: Hodnocení simulátorů na základě obecných funkcí. [14, 17, 20, 22]

Kritéria hodnocení	SimMan 3G	iStan	HPS
Výška	180 cm	183 cm	180 cm
Váha	38,5 kg	56 kg	34 kg
Autonomní	NE	ANO	ANO
Pohyblivost kloubů	ANO	ANO	ANO
Automatická reakce	ANO	ANO	ANO
Reálné fyziologické parametry	ANO	ANO	ANO
Automatický průběh simulací	ANO	ANO	ANO
Záznam průběhu vyšetření	ANO	ANO	ANO
Záznam vyšetřovacích pomůcek	ANO	ANO	ANO
Celkový záznam simulace	ANO	ANO	ANO

Pohyblivost kloubů a celková mobilita simulátoru

SimMan 3G má věrně napodobenou mobilitu kloubů. Pohyblivost v ramenním kloubu je téměř totožná s reálnou pohyblivostí lidského kloubu, a to jak v rotaci, tak v rozpažení. Rozsah pohybu v zápěstí je však omezenější než u reálného kloubu. Tuhý pohyb v kolenním kloubu přibližně do polohy 90 stupňů, stejně tak pohyb v kyčelním kloubu, tedy přibližně do polohy sednutí.

iStan má oproti SimMan 3G omezenější pohyb v ramenním kloubu, kdy je možné jím pohybovat pouze směrem od těla, neboť kloub je nepohyblivý v rotaci. Pohyb obou kolenou je přibližně 90 stupňů, obou kyčlí do polohy sedu, obou loktů přibližně do 90 stupňů. Hlava je pohyblivá pouze do mírného předklonu a záklonu.

HPS umožňuje pohyb obou kolenou i kyčlí asi do polohy sednutí, kolenou do 90 stupňů, pohyb ramenou do rozpažení asi 90 stupňů, kdy pohyb je na rozdíl od iStanu umožněn i do zvednutí rukou. Levé předloktí je ohebné, avšak kotníky nejsou pohyblivé.

Automatická reakce na průběh vyšetření a automatický průběh simulací

V tomto ohledu mají výhodu simulátory firmy CAE Healthcare, a to kvůli fyziologickému modelu, který vytváří automatickou reakci na průběh vyšetření.

5.3.3 Ostatní funkce simulátoru

Hodnocení konkrétních simulátorů SimMan 3G firmy Laerdal Medical a iStan a HPS firmy CAE Helthcare na základě ostatních funkcí simulátorů z navržené metodiky (viz Tabulka 5.15).

Tabulka 5.15: Hodnocení simulátorů na základě ostatních funkcí. [14, 17, 20, 22]

Kritéria hodnocení	SimMan 3G	iStan	HPS
Možnost cévkování	ANO	ANO	ANO
Sekrece	ANO	ANO	ANO
Změna pohlaví	ANO	ANO	ANO
Pohyblivost čelisti	ANO	ANO	NE
Vyjímatelné zuby	NE	ANO	ANO
Močový vývod	ANO	ANO	ANO
Intraoseální vstup	ANO	ANO	NE
Podávání léků	ANO	ANO	ANO
IM injekce	ANO	NE	ANO
Měření hladiny glukózy	NE	NE	NE
Trismus	ANO	ANO	NE
Křeč	ANO	ANO	NE
Reaktivní zorničky	ANO	ANO	ANO
Otok jazyka	ANO	ANO	ANO

Vylučování a sekrece

SimMan 3G disponuje dvěma zásobníky na tělní tekutiny, které má uložené v noze, je také možné ho připojit na další externí zásobník. Jeden z nich je určený na krev a druhý na destilovanou vodu, která zastupuje ostatní tělní tekutiny jako pot, moč, sliny, nebo slzy. [20]

iStan stejně jako SimMan 3G má dva zásobníky na tělní tekutiny. Na rozdíl od SimMan 3G tento simulátor neumí simulovat pocení nebo sliny. [14, 22]

HPS na rozdíl od předchozích dvou simulátorů má pouze jeden zásobník na tělní tekutiny. Avšak stejně jako SimMan 3G umí simulovat sekreci z úst, očí nebo uší. [17, 22]

Podávání medikací

Hlavním rozdílem v této oblasti je u obou výrobců knihovna medikací. Zatímco pro simulátory firmy Laerdal Medical je v aplikaci LLEAP připraveno 195 medikací, ať už ve formě klasických léků podávaných perorálně nebo infuzí, v aplikaci Müse je k tomuto účelu připraveno pouze 76 medikací. Ne u všech medikací je připravena automatická odpověď fyziologického modelu a jsou tak pouze zapisovány do celkového záznamu o simulaci. V aplikaci LLEAP je nastavena automatická odpověď na více než 145 léku,

kdy načtení jednotlivých medikací probíhá přes RFID čtečku, kdy simulátor si sám změří objem podávaného léčiva. [20, 38]

U simulátoru HPS jsou předprogramované farmakokinetické i farmakodynamické odpovědi pro více než 50 intravenózních léků. [2] Injekční stříkačka je naplněna objemem, medikace se načte přes čárový kód mimo tělo umělého pacienta a objem je měřen na základě koncentrace léku, který je označen na vnější straně léčiva. Technologie načtení přes čárový kód se využívá i u reálných pacientů, kdy jsou léčiva nejdříve naskenována přes čtečku, aby se správně zaznamenal použitý lék a jeho množství

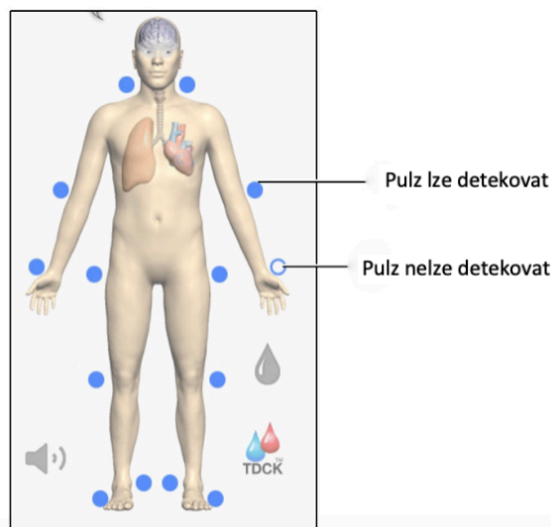
5.3.4 Kardiovaskulární systém

Hodnocení konkrétních simulátorů SimMan 3G firmy Laerdal Medical a iStan a HPS firmy CAE Helthcare na základě funkcí a možností kardiovaskulárního systému simulátorů z navržené metodiky (viz Tabulka 5.16).

Tabulka 5.16: Hodnocení simulátorů na základě kardiovaskulárního systému. [14, 17, 20, 22]

Kritéria hodnocení	SimMan 3G	iStan	HPS
Srdeční frekvence	ANO	ANO	ANO
Krevní tlak	ANO	ANO	ANO
EKG	ANO	ANO	ANO
Arytmie na EKG	ANO	ANO	ANO
KPR	ANO	ANO	ANO
Cyanóza	ANO	ANO	NE
JVD	NE	ANO	NE
Perikardiocentéza	NE	NE	ANO
Doplňování kapilár	NE	ANO	NE

U všech tří simulátorů je puls synchronizovaný s EKG a liší se pouze v počtu detekovatelných míst po celém těle umělého pacienta. SimMan 3G má těchto míst po celém těle celkem 13, iStan 14 (viz Obrázek 5.14) a HPS dohromady 12. [14, 17, 20, 22]



Obrázek 5.14: Pacientský simulátor iStan s vyznačenými body pro detekci pulzu

Měření krevního tlaku

U všech tří pacientských simulátorů lze provádět měření krevního tlaku jak oscilometricky, tak auskultační metodou. Oscilometrické měření se provádí prostřednictvím pacientského monitoru, kde se dá pokyn pro měření. Lze také nastavit intervaly, jak často bude měření prováděno. U těchto měření ovšem nikdy nedochází k napumpování manžety, vše probíhá pouze virtuálně, včetně simulovaného zvuku měření. Krevní tlak lze měřit i auskultační metodou, kdy dojde k napumpování manžety a za pomoci reproduktoru uvnitř jsou slyšet Korotkovy ozvy. U SimMan 3G je navíc funkce, kdy se ztiší všechny ostatní zvuky uvnitř simulátoru, aby byly ozvy co nejlépe slyšitelné. [14, 17, 20]

KPR

U simulátoru SimMan 3G je zde k nácvičku kardiopulmonální resuscitace pružina na středu hrudníku, díky které lze velmi věrohodně napodobit reálný rozsah resuscitace. V aplikaci LLEAP je také funkce, ve které lze přímo na monitoru sledovat kvalitu provedení resuscitace i s celkovým vyhodnocením. Hodnotí se zde frekvence, umístění rukou při resuscitaci a celkový rozsah pohybu.

Pacientské simulátory iStan i HPS mají ve stejné oblasti pouze proužek kovu, který slouží jako odpor pro provádění resuscitace. Nevýhodou zde je, že tento kov se nedá promáchnout tak, jak by bylo potřebné u správného provedení. Navíc je pod tímto kovem v hloubce cca 4 cm, umístěná důležitá elektronika, která by se u provádění resuscitace mohla poškodit.

Cyanóza

Cyanóza je modré zbarvení kůže při nižší saturaci krve kyslíkem. Většinou k ní dochází, pokud je saturace krve kyslíkem pod hodnotou 80 %. [25] U pacientského simulátoru se tento jev projevuje modrým osvětlením uvnitř ústní dutiny. U simulátoru

iStan k simulaci přítomnosti cyanózy využívá oblast okolo nehtů na ruku, i nohou. Intenzitu cyanózy lze nastavit parametrem intenzity perfuze. V této době není cyanóza spojena s fyziologickými modely. [14]

EKG

Všechny simulátory mají simulované 12 svodové EKG prostřednictvím patientského monitoru. Simulátor SimMan 3G disponuje 4 svodovým EKG, u iStan je na výběr 3 nebo 5 svodové EKG a HPS má 5 svodové EKG [14, 17, 20]

5.3.5 Dýchací ústrojí

Hodnocení konkrétních simulátorů SimMan 3G firmy Laerdal Medical a iStan a HPS firmy CAE Helthcare na základě funkcí a možností dýchacího ústrojí simulátorů z navržené metodiky (viz Tabulka 5.17).

Tabulka 5.17: Hodnocení simulátorů na základě dýchacího ústrojí. [14, 17, 20, 22]

Kritéria hodnocení	SimMan 3G	iStan	HPS
SpO ₂	ANO	ANO	ANO
Intubace	ANO	ANO	ANO
Nosní intubace	ANO	ANO	ANO
Bronchial occlusion	ANO	ANO	ANO
Uzavření dýchacích cest	ANO	ANO	ANO
Plicní ventilace	ANO	ANO	ANO
Ztížené dýchání	ANO	ANO	ANO
Laryngospasm	ANO	ANO	ANO
Hrudní trubice	ANO	ANO	ANO
Vývod hrudní trubice	ANO	ANO	NE

SpO₂

Sonda SimMan 3G SpO₂ se skládá ze světelné diody a světelného senzoru. Po přerušení paprsku mezi diodou a senzorem aplikace Patient Monitor registruje, že je připojena sonda. Ta může být umístěna na libovolném vhodném místě na patientském simulátoru. [20]

U simulátoru iStan je způsob připojení stejný, jako u SimMan 3G. Lze tedy sondu připojit na kterýkoliv prst na umělém pacientovi. [14]

Patientský simulátor HPS využívá k simulaci SpO₂ zařízení OxSim, které slouží k poskytování dat SpO₂ monitorovacímu zařízení používanému během simulační relace. Na toto zařízení lze umístit standardní prstovou sondu SpO₂. [17]

6 Diskuse

Hlavním výstupem této práce je vytvoření univerzální metodiky určené k porovnání celotělových patientských simulátorů od různých výrobců. Metodika byla vytvořena na základě analýzy vlastností a možností patientských simulátorů. Do této metodiky byly zahrnuty technické specifikace, obecná funkcionalita simulátoru, ostatní funkce simulátoru a lékařské specifikace jako kardiovaskulární systém a dýchací ústrojí. Kritéria byly vybrány tak, aby pokrývaly co nejširší aspekty porovnávaných simulátorů, ale zároveň i detailní specifikace a jednotlivé rozšíření. Tato metodika neslouží jako nástroj pro výběr patientského simulátoru. Jedná se spíše o návod, na jaké aspekty se během případného výběru umělého pacienta zaměřit. Pokud se touto metodikou bude řídit potenciální zájemce o koupi patientského simulátoru a ve většině případů bude jeho odpověď označena jako NE, tedy že danou funkci nepotřebuje nebo nechce, nejspíše mu k jeho potřebám postačí nejzákladnější model simulátoru. Naopak pokud u požadavků bude ve většině případů zaškrtnuta odpověď ANO, měl by vybírat z těch nejlepších simulátorů na trhu, tedy z těch, kterým se tato práce věnuje. Jak již bylo zmíněno, daná metodika nepovede ke zjištění, který konkrétní simulátor by měl být zakoupen. Tato metodika by mohla být využita například v případě, že zájemce má již předem vybrané simulátory, pouze se potřebuje rozhodnout pro jednu ze svých možností. Je také důležité zmínit, že i přes veškerou snahu o zdokonalování a neustálé vyvíjení nových technologií se stále jedná „pouze“ o figuríny, které nikdy nemohou dokonale nahradit živého pacienta a praktické zkušenosti reálného prostředí.

Navržená metodika byla ověřena analýzou vlastností celotělových patientských simulátorů iStan a HPS firmy CAE Healthcare Inc. a simulátoru SimMan 3G firmy Laerdal Medical, kdy nejprve byla hodnocena funkcionalita simulátorů. Vzhledem k popularitě obou těchto nadnárodních firem a vzájemné konkurenci bylo velmi složité najít zásadní rozdíly mezi jejich simulátory, které jsou v obou případech „vlajkové lodě“ firem. Rozdíly byly nalezeny hlavně v detailních technických specifikacích či uživatelském rozhraní. Liší se především způsobem ovládání, kdy patientský simulátory iStan a HPS spadají do skupiny simulátorů řízených modelem a simulátor SimMan 3G je naopak řízený scénářem. Z hlediska koncového uživatele, bude u rozhodování mezi těmito simulátory záležet hlavně na osobních preferencích daných uživatelů. V dnešní době se také většina firem a institucí rozhoduje na základě ceny hledaného zboží. Toto kritérium bohužel nebylo možné vyhodnotit, jelikož firmy poskytují ceny svých simulátorů až vážným zájemcům o jejich produkty.

Dalším aspektem porovnávání bylo uživatelské rozhraní, kdy analýza byla provedena na základě porovnání simulovaných monitorů vitálních funkcí se skutečným patientským monitorem a uživatelských rozhraní určených k přípravě scénářů pro simulace. Pozitivním zjištěním bylo, že obě firmy nabízejí bezplatnou verzi svých aplikací

na vytváření simulací, které fungují jak na platformách s operačním systémem Windows, tak se systémem Mac OS. Proto si může každý potenciální zájemce vyzkoušet, které z uživatelských prostředí je pro něj konkrétně přívětivější.

Součástí porovnávání bylo programování totožných úloh pro oba simulátory těchto firem a následné vyhodnocení rozdílů. Bylo však velmi složité naprogramovat úlohy tak, aby byly maximálně podobné. Po vytvoření scénáře v jedné aplikaci bylo složité hledat podobné kroky v aplikaci druhé firmy. Toto se většinou týkalo samotného přechodu simulace do další fáze, jelikož v obou případech se tyto podmínky řeší jinou cestou. V aplikaci Müse je tvorba podmínek jednodušší, za použití kroků *if* a *go to*. Bohužel je těchto podmínek vytvořených poměrně málo a nedají se vytvořit podmínky vlastní. V tomto ohledu má „výhodu“ aplikace SimDesigner, jelikož v jejím pozadí není fyziologický model, a tudíž se sice musí všechny přechody a reakce nastavovat ručně, avšak o to více má uživatel nabízených možností. Navíc lze vytvářet vlastní podmínky, které lze aplikovat i u jiných scénářů. Oproti aplikaci Müse, kde je jasné, jak podmínku a přechod nastavovat, je naopak LLEAP komplikovanější. Přes velké množství nastavených podmínek přechodu, to může působit dost nepřehledně. Toto tvrzení se dle lektorů nepotvrdilo, jelikož obě aplikace u tvrzení „*Nastavování podmínek pro přechod do další fáze simulace mi přijde jednoduché a přehledné*“ získaly velmi nízké průměrné hodnocení, a to konkrétně aplikace Müse $2,75 \pm 0,96$ a aplikace LLEAP $3,50 \pm 2,38$. V dalších aspektech hodnocení ohledně přehlednosti a pohodlí z pohledu lektorů, si vedla lépe aplikace LLEAP firmy Laerdal Medical. Například u tvrzení „*Aplikace a uživatelské prostředí systému LLEAP/Müse mi přijde přehledné*“ získal Müse průměrné hodnocení pouze $4,50 \pm 2,08$, oproti LLEAP, který získal $8,00 \pm 1,63$. Zajímavý výsledek vyšel u tvrzení „*Knihovna nabízených léků a medikací mi přijde dostatečná*“, kdy aplikace Müse byla ohodnocena poměrně vysokým hodnocením $8,75 \pm 0,96$ a systém LLEAP získal bodový průměr pouhých $2,75 \pm 3,59$, přestože druhý zmiňovaný systém má knihovnu nabízených léků několikanásobně vyšší.

Posledním kritériem hodnocení byl samotný průběh simulací, kdy byl vyhodnocen z pozice lékaře, případně lektora, který dané simulace vede a formuje, tak z pohledu studenta jako testované osoby. Toto hodnocení proběhlo na základě praktického pozorování, rozhovorů a specifických satisfakčních hodnocení všech účastníků simulace. Pro lektora je velmi obtížné naprogramovat scénář, tak aby skutečně připravil všechny možnosti, které mohou studenta během simulace napadnout. Je to způsobené hlavně tím, že se v literatuře a na školách často učí postupy a metody, které už se ale v praxi tak často, nebo v některých případech už vůbec nepoužívají. Proto jsou zde kladeny vysoké nároky na lektora nebo školitele při přípravě scénáře. V praxi to znamená, že se opravdu výjimečně stane, že jsou ve scénáři připravené opravdu všechny možnosti, s jejichž pomocí lze daná problematika řešit. Lektor tedy během simulace musí být schopen reagovat za pacienta, reagovat na průběh vyšetření, často i konzultovat se studenty jejich postup už během průběhu simulace a zároveň manuálně ovládat, ve které části scénáře se zrovna daná simulace nachází.

Velká nevýhoda aplikace Müse spočívá v tom, že připravené scénáře na jednom počítači, sloužícím k ovládání jednoho simulátoru, se nedají exportovat a použít na simulaci stejného scénáře u jiného simulátoru. Tato možnost je nejspíše umožněna pouze počítačům, které jsou určeny pouze k přípravě jednotlivých scénářů, ne k ovládání samotných simulátorů. Další velkou nevýhodou této programovací aplikace je, že funguje prostřednictvím webového prohlížeče za podpory aplikace Adobe Flash Player. Jelikož se firma Adobe rozhodla tuto aplikaci na konci roku 2020 vypnout, je téměř nemožné tento program používat na počítačích bez platné licence. CAE Healthcare prozatím nevydalo žádnou aktualizaci, ani novou verzi softwaru, která by tento problém vyřešila. Dle informací od firmy CAE Healthcare se tento problém obchází prostřednictvím další aplikace, jíž je Müse Viewer, která by měla nahrazovat již zmíněný Adobe Flash Player. Bohužel i přes pomoc zákaznického servisu, se ani přes tento systém nepodařilo aplikaci spustit bez platné licence, byl proto využit počítač s licencí v budově fakulty.

Důležitým zjištěním také bylo, že v simulační medicíně hraje opravdu velkou roli debriefing, který se koná po průběhu simulace. Většina odborníků i lektorů dokonce tuto část celého průběhu simulace pokládá za důležitější, než samotnou simulaci scénáře. Je kladen velký důraz na komunikaci a emoce při rozebírání a konzultování celého průběhu, aby si student uměl celou situaci sám uvědomit, aby dokázal své chování a pocity u svého zásahu popsat. [5, 10]

Dále byl vytvořen dotazník spokojenosti z pohledu dostatečnosti technického vybavení, funkcionality, vlivu na výuku a věrohodnosti pro simulátory obou firem, kdy studenti a lektoři hodnotili uvedené výroky z pohledu uživatelů. Dotazníky nesloužily jako základ pro výsledky této práce. Byly vytvořeny pouze pro objektivnější vzhled na celou problematiku. Dotazník je koncipován spíše na spokojenost s celkovým průběhem simulací a věrohodností simulátoru, než na technické specifikace a rozdíly mezi simulátory. Studenti byli spokojeni s průběhem simulace i celkovým zážitkem. Většina z nich tuto zkušenost hodnotí pozitivně a vnímají to jako přínosný styl výuky. Co naopak vnímali jako prostor pro zlepšení byl vzhled patientských monitorů, které někomu nepřišly dostatečně reálné.

Dotazník vytvořený pro lektory, byl zaměřený na spokojenost s využíváním softwarových aplikací obou výrobců. Stejně jako u studentů, i zde vyšlo najevo, že dotázaným přijde dostatečněji vybavena knihovna medikací v aplikaci Müse, než v aplikaci LLEAP. Velký rozdíl v průměrném hodnocení bylo u tvrzení „*Monitor vitálních funkcí připomíná reálný patientský monitor*“, kdy byl mnohem lépe ohodnocena aplikace LLEAP, s průměrným hodnocením $8,00 \pm 1,41$. Oproti tomu aplikace Müse zde získala průměrné hodnocení pouze $4,25 \pm 0,96$. Na závěr byla lektorům položena otázka „*Kterou z těchto dvou aplikací preferujete a proč?*“ Odpovědí bylo, že tři ze čtyř dotázaných lektorů preferují aplikaci LLEAP, z důvodu její větší přehlednosti, ale také, proto, že s ní pracují déle a jsou na ni zvyklí.

Do budoucna by bylo určitě dobré rozšířit kritéria o několik dalších a udělat tak rozsáhlejší možnost porovnání patientských simulátorů. V ideálním případě by se mohlo jednat o program nebo aplikaci, kam by si potencionální zájemce zadal své požadované funkce a kritéria a program by mu sám dokázal nabídnout několik možností, z jakých by mohl mít na výběr.

V praxi se tato metodika bude dát použít pro porovnání různých simulátorů mezi sebou či ke stanovení požadavků pro koupi nového simulátoru.

7 Závěr

V této práci byla navrhnutá metodika umožňující porovnání celotělových patientských simulátorů od různých výrobců. Tato metodika byla zpracována ve formě tabulek výběrových kritérií a technických či lékařských požadavků pro různé aspekty patientského simulátoru. Do srovnání byly zahrnuty technické specifikace, funkcionality a možnosti nastavení patientských monitorů, ovládání a také přehlednost uživatelských rozhraní. Dále byla tato metodika otestována při porovnání celotělových patientských simulátorů HPS a iStan firmy CAE Healthcare Inc. a simulátoru SimMan 3G od společnosti Laerdal Medical. Byly navrženy jednoduché scénáře v programovacích aplikacích od obou výrobců, které byly následně otestovány v praxi. Toto testování proběhlo v rámci volitelného předmětu pro 3. ročník obecného lékařství v Centru lékařských simulací na Fyziologickém ústavu 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy. Na základě průběhu těchto scénářů, bylo na studentech provedeno dotazníkové šetření, zaměřeno na jejich spokojenost s daným simulátorem a průběhem celé simulace.

Seznam použité literatury

- [1] LATEEF, Fatimah. Simulation-based learning: Just like the real thing. *Journal of Emergencies, Trauma, and Shock* [online]. 2010, 3(4) [cit. 2021-5-12]. ISSN 0974-2700. Dostupné z: doi:10.4103/0974-2700.70743
- [2] KOFRÁNEK, Jiří a Jiří HOZMAN. *Pacientské simulátory*. Praha: Creative Connections, 2013. ISBN 978-80-904326-6-6
- [3] SHINNICK, Mary Ann a Mary A. WOO. Learning style impact on knowledge gains in human patient simulation. *Nurse Education Today* [online]. 2015, 35(1), 63-67 [cit. 2021-5-12]. ISSN 02606917. Dostupné z: doi:10.1016/j.nedt.2014.05.013
- [4] Behind the Numbers: *Medical Malpractice Death Statistics* [online]. [Citace: 11-5-2021.] Dostupné z: <https://www.sidgilreath.com/learn/medical-malpractice-death-statistics.html>
- [5] Úloha simulační medicíny v rozvoji anestezie a intenzivní medicíny, MUDr. Michael Stern. ANESTEZIOLOGIE A INTENZIVNÍ MEDICÍNA [online]. 2016, s. 187-190 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://aimjournal.cz/pdfs/aim/2016/03/08.pdf>
- [6] CRAWFORD, Scott B., Lance W. BAILY a Stormy M. MONKS, ed. *Comprehensive Healthcare Simulation: Operations, Technology, and Innovative Practice* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2019 [cit. 2021-5-12]. Comprehensive Healthcare Simulation. ISBN 978-3-030-15377-9. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-15378-6
- [7] 1967 – Sim One – *Denson & Abrahamson (American)* [online]. 9.1.2011 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <http://cyberneticzoo.com/robots/1967-sim-one-denson-abrahamson-american/>
- [8] WEBSTER, John G. *Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation*. 6. University of Wisconsin–Madison: John Wiley & Sons, 2006, s. 134. ISBN 978-0-471-26358-6.
- [9] Mannequin-Based Simulation - *Global Market Trajectory & Analytics* [online]. Global Industry Analysts, 2021, 04. 2021, (ID: 338825) [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.researchandmarkets.com/research/npmbn8/mannequinbased?w=4>
- [10] GABA, D M. The future vision of simulation in health care. *Quality and Safety in Health Care* [online]. 2004, 13(suppl_1), i2-i10 [cit. 2021-5-12]. ISSN 1475-3898. Dostupné z: doi:10.1136/qshc.2004.009878

- [11] SAGAR, Mukhekar, Joshi KAVITA , SUMANT, Onkar. Medical Simulation Market by Product & Service (Model-based Simulation, Web-based simulation, and Simulation Training Services), Fidelity (Low-fidelity, Medium-fidelity, and High-Fidelity), and End User (Academic Institutes and Research Centers, Hospitals. *Allied Market Research*. [Online] Aug 2020. [Citace: 12-5-2021.] Dostupné z: <https://www.alliedmarketresearch.com/medical-simulation-market>
- [12] COSTIUC, Nathan. *How Much Does a Human Patient Simulator Cost?* [online]. 18.3.2021 [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.healthysimulation.com/30911/human-patient-simulator-cost/>
- [13] *History of CAE Healthcare* [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.cae.com/about-cae/history/>
- [14] *CAE iStan User Guide* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: https://www.caehealthcare.com/media/files/User_Guides/iStan-User-Guide.pdf
- [15] *Emergency care patient simulator iStan* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.medicalexpo.com/prod/cae-healthcare/product-79760-621479.html>
- [16] *CAE HPS TechSheet* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.caehealthcare.com/media/files/TechSheets/HPS-TechSheet.pdf>
- [17] *CAE HPS User Guide* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: https://www.caehealthcare.com/media/files/User_Guides/CAE_HPS_User_Guide.pdf
- [18] *Laerdal History* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://laerdal.com/us/docid/1117121/Laerdal-History>
- [19] *SimMan 3G* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.laerdal.cz/simman-3g/>
- [20] *SimMan 3G Directions for Use* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: http://cdn.laerdal.com/downloads/f854/Att_2_to_PRO-ML01-1110-854.pdf
- [21] *SimMan® ALS* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://laerdal.com/us/products/simulation-training/emergency-care-trauma/simman-als/>
- [22] CAE Healthcare. *CAE-Catalog* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: http://www.hellenic-simulations.com/medSim_main_files/CAE-Catalog.pdf
- [23] EPPS, Chad, Marjorie Lee WHITE a Nancy TOFIL. Mannequin Based Simulators. LEVINE, Adam I., Samuel DEMARIA, Andrew D. SCHWARTZ a Alan J. SIM, ed. *The Comprehensive Textbook of Healthcare Simulation* [online]. New York, NY: Springer New York, 2013, 2013-4-23, s. 209-232 [cit. 2021-5-13]. ISBN 978-1-4614-5992-7. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4614-5993-4_15
- [24] *Poruchy srdečního rytmu – arytmie* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.ikem.cz/cs/poruchy-srdecniho-rytmu-arytmie/a-398/>

- [25] Cyanóza: Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/cyanoza>
- [26] *What to know about jugular vein distention (JVD)* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/320320>
- [27] LINHART, Aleš a Petr TOUŠEK. Summary of 2015 ESC Guidelines for the diagnosis and management of pericardial diseases. Prepared by the Czech Society of Cardiology. *Cor et Vasa* [online]. 2016, 58(1), e81-e106 [cit. 2021-5-13]. ISSN 00108650. Dostupné z: doi:10.1016/j.crvasa.2016.01.012
- [28] *Endotracheální intubace* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.uvn.cz/cs/zajisteni-dychacich-cest/endotrachealni-intubace>
- [29] *Nasal Intubation* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://epmonthly.com/article/nasal-intubation/>
- [30] Tracheostomie: Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/tracheostomie>
- [31] Laryngospasmus: Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/laryngospasmus>
- [32] *CENTRUM LÉKAŘSKÝCH SIMULACÍ* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.lf1.cuni.cz/centrum-lekarskych-simulaci>
- [33] *Palpitace* [online]. 27. 11. 2012 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.celostnimedicina.cz/palpitace.htm>
- [34] Fibrilace komor: Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/fibrilace-komor>
- [35] CHOPN: Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/chopn>
- [36] *Akutní infarkt myokardu* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.homolka.cz/nase-oddeleni/11635-kardiovaskularni-program/11635-kardiologie-kar/11697-nase-sluzby/akutni-infarkt-myokardu/>
- [37] *Patient Monitor Application Help* [online]. June 14, 2012 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: http://laerdalcdn.blob.core.windows.net/downloads/f2139/SimPad_Patient_Monitor_help_file.pdf
- [38] *SimPad® Arrhythmia Trainer (Discontinued)* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://laerdal.com/us/doc/248/SimPad-Arrhythmia-Trainer-Discontinued>
- [39] *SimMan® 3G: Advanced training in emergency care procedures* [online]. [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://laerdal.com/us/products/simulation-training/emergency-care-trauma/simman/>

Příloha A: Dotazník pro studenty

Please rate these questions on a scale of 1 (strongly disagree) to 10 (strongly agree) with the statement.

Which simulator was used to simulation: 1 - 10

The simulator is a realistic tool for learning patient assessment.	<input type="text"/>
I may encounter a similar situation in real life.	<input type="text"/>
The simulator experience has improved my technical skills.	<input type="text"/>
Scenarios develop critical thinking and decision-making.	<input type="text"/>
Simulator equipment is sufficient.	<input type="text"/>
Simulator experience has increased my confidence in the transition to a real clinical environment.	<input type="text"/>
The pace of simulation reflected the flow of actual clinical settings.	<input type="text"/>
The simulator allowed me to put the theory into practice.	<input type="text"/>
Working with a simulator motivated me to learn.	<input type="text"/>
Patient monitor was a real imitation of a real patient monitor.	<input type="text"/>
The simulator experience helped me determine the priority aspects of nursing care.	<input type="text"/>
The simulator helped me manage clinical emergencies effectively.	<input type="text"/>
Working with the simulator helped me collect patient data.	<input type="text"/>
I feel limited in my choice of treatment.	<input type="text"/>
I am satisfied with the experience.	<input type="text"/>
Overall, the experience of working with the simulator improved my learning.	<input type="text"/>

Thank you for your willingness and patience.

Příloha B: Dotazník pro lektory

Prosím ohodnoťte následující tvrzení na stupnici od 1 do 10, kdy 1 znamená nejméně a 10 nejvíce. Pro lepší přehlednost, 1 (s tvrzením naprosto nesouhlasím) a 10 (s tvrzením naprosto souhlasím)

Aplikace Müse

Aplikace a uživatelské prostředí systému Müse mi přijde přehledná.

Ovládání aplikace považuji za intuitivní a jednoduché i pro začínající lektory.

Nastavování podmínek pro přechod do další fáze simulace mi přijde jednoduché a přehledné.

Ve výběru podmínek se necítím omezeně.

Knihovna nabízených léků a medikací mi přijde dostatečná.

Při nastavování parametrů pro jednotlivé stavy pacienta se necítím omezeně.

Monitor vitálních funkcí připomíná reálný patientský monitor.

Jako velkou výhodu vidím fyziologický model, který běží na pozadí simulátorů firmy CAE Healthcare.

Aplikace LLEAP

Aplikace a uživatelské prostředí systému LLEAP mi přijde přehledná.

Ovládání aplikace považuji za intuitivní a jednoduché i pro začínající lektory.

Nastavování podmínek pro přechod do další fáze simulace mi přijde jednoduché a přehledné.

Ve výběru podmínek pro přechod do další fáze simulace se necítím omezeně.

Knihovna nabízených léků a medikací mi přijde dostatečná.

Při nastavování parametrů pro jednotlivé stavy pacienta se necítím omezeně.

Monitor vitálních funkcí připomíná reálný patientský monitor.

Vidím výhodu u patientského monitoru společnosti Laerdal, kdy studenti musejí | dotykem potvrzovat připojení vyšetřovacích přístrojů, k zobrazení hodnot na displeji.

Kterou z těchto dvou aplikací preferujete a proč?

Příloha C: Obsah přiloženého ZIP souboru

- **17PBBBBP_474352_Jan_Rezabek.zip**
 - Zadání_bakalářské_práce.pdf
 - 17PBBBBP_474352_Jan_Rezabek.pdf
 - Abstrakt.pdf
 - Abstract.pdf
 - Klíčová_slova.pdf
 - Keywords.pdf
 - Dotazníky_studenti.pdf
 - **Složka: Dotazníky_lektoři**
 - Dotazník_lektoři_L01.pdf
 - Dotazník_lektoři_L02.pdf
 - Dotazník_lektoři_L03.pdf
 - Dotazník_lektoři_L04.pdf