ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra biomedicínské techniky

Ekonomicko-klinické zhodnocení jednorázových bronchoskopů u toalety dýchacích cest

Economic-clinical evaluation of disposable bronchoscopes in airway toilet

Diplomová práce

Studijní program: Systémové integrace procesů ve zdravotnictví

Vedoucí práce: Ing. Barbora Klíčová

Bc. Adéla Stříteská

Kladno 2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení:	**Stříteská**	Jméno:	**Adéla**	Osobní číslo:	**482994**
Fakulta:	**Fakulta biomedicínského inženýrství**				
Garantující katedra:	**Katedra biomedicínské techniky**				
Studijní program:	**Systémová integrace procesů ve zdravotnictví**				

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Ekonomicko-klinické zhodnocení jednorázových bronchoskopů u toalety dýchacích cest

Název diplomové práce anglicky:

Economic-clinical evaluation of disposable bronchoskopes in airway toilet

Pokyny pro vypracování:

Cílem diplomové práce je klinicko-ekonomické zhodnocení použití jednorázových flexibilních bronchoskopů z perspektivy zdravotnického zařízení. Proveďte analýzu současného stavu jednorázových bronchoskopů a bronchoskopů na opakovatelné použití, analyzujte přínosy a náklady. Dále zhodnoťte jejich výhody a nevýhody. Na základě současného stavu problematiky zvolte vhodné metody pro klinicko-ekonomické hodnocení. Porovnejte a zhodnoťte léčebné přístupy u toalety dýchacích cest.

Seznam doporučené literatury:

[1] Christoffer Lilja Terjesen, Julia Kovaleva & Lars Ehlers, Early Assessment of the Likely Cost Effectiveness of Single-Use Flexible Video Bronchoscopes, PharmacoEconomics , ročník 1, číslo 133-141, 2017

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Barbora Klíčová

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **14.02.2023**
Platnost zadání diplomové práce: **20.09.2024**

doc. Ing. Martin Rožánek, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
děkan

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „Ekonomicko-klinické zhodnocení jednorázových bronchoskopů u toalety dýchacích cest“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k diplomové práci.

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

V Kladně dne 18. 5. 2023 …..……..…….

Bc. Adéla Stříteská

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucí diplomové práce paní inženýrce Barboře Klíčové za její čas, ochotu a řadu rad a připomínek, které mi během psaní práce poskytla. Dále bych chtěla poděkovat všem, kteří se na tvorbě této práce podíleli, zejména vybranému zdravotnickému zařízení, které mi poskytlo veškerá potřebná data pro její vytvoření. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině, která mě v průběhu celého studia podporovala.

ABSTRAKT

Název práce: Ekonomicko-klinické zhodnocení jednorázových bronchoskopů u toalety dýchacích cest

Bronchoskopie je endoskopická metoda, která slouží pro vizualizaci, diagnostiku a léčbu dýchacích cest a plic. Práce se zaměřuje na jeden z léčebných přístupů, kterým je toaleta dýchacích cest, jejímž cílem je zajistit čistotu a průchodnost dýchacích cest. V práci jsou porovnávány jednorázové a opakovaně použitelné flexibilní bronchoskopy, které je možné pro tento výkon použít. Dle dostupných studií vykazují jednorázové bronchoskopy nižší nákladovost a oproti opakovaně použitelným bronchoskopům také snižují riziko možné infekce.

Hlavním cílem diplomové práce je ekonomicko-klinické zhodnocení jednorázových bronchoskopů u toalety dýchacích cest. Jako komparátor byly v práci zvoleny opakovaně použitelné flexibilní bronchoskopy. Stanoveného cíle bylo dosaženo pomocí Cost-benefit analysis (CBA). Analýza nákladů a přínosů byla provedena z perspektivy zdravotnického zařízení, proto byla navázána spolupráce s vybraným zdravotnickým zařízením v České republice. Výsledek poukazuje na výhodnost jednorázových bronchoskopů, které poskytují nejenom úsporu nákladů, ale také snižují riziko infekce, což vede ke snížení nákladů na hospitalizaci a léčbu infekce. Čistým současným přínosem (NPV) jednorázových bronchoskopů je úspora 2 594 Kč oproti opakovaně použitelným bronchoskopům na jeden výkon. Incremental BCR odpovídá hodnotě -0,48. Záporná hodnota inkrementálního poměru značí vhodnost použití sledované intervence. Výsledky potvrzuje také provedená jednocestná analýza senzitivity.

Klíčová slova

Flexibilní bronchoskop, jednorázový, opakovaně použitelný, toaleta dýchacích cest

ABSTRACT

The title of the Thesis: Economic-clinical evaluation of disposable bronchoscopes in airway toilet

Bronchoscopy is an endoscopic method used to visualize, diagnose and treat the airways and lungs. This thesis focuses on one of the treatment approaches, which is airway toileting, which aims to ensure clear and patent airways. The thesis compares disposable and reusable flexible bronchoscopes that can be used for this procedure. According to available studies, disposable bronchoscopes have lower costs and also reduce the risk of possible infection compared to reusable bronchoscopes.

The main aim of this thesis is the economic and clinical evaluation of disposable bronchoscopes in airway toilet. Reusable flexible bronchoscopes were chosen as a comparator in this thesis. The objective was achieved by a cost-benefit analysis (CBA). The cost-benefit analysis was performed from the perspective of a healthcare facility, therefore there was established a collaboration with a selected healthcare facility in the Czech Republic. The result shows the advantage of disposable bronchoscopes, which not only provide cost savings but also reduce the risk of infection, leading to reduced costs of hospitalization and treatment of infection. The net present value (NPV) of disposable bronchoscopes is a saving of CZK 2 594 compared to reusable bronchoscopes per procedure. The incremental BCR corresponds to -0.48. The negative incremental BCR value indicates the appropriateness of using the chosen intervention. The results are also confirmed by the performed one-way sensitivity analysis.

Keywords

Flexible bronchoscope, disposable, reusable, airway toilet

Obsah

Seznam symbolů a zkratek ... **9**

Seznam tabulek ... **11**

Seznam grafů ... **11**

1 Úvod ... **12**

2 Přehled současného stavu ... **13**

2.1 Teoretický úvod do problematiky bronchoskopie ... 13

2.2 Současný stav v České republice ... 14

2.3 Současný stav ve světě ... 16

2.3.1 Nákladovost ... 17

2.3.2 Přínosy a rizika ... 21

2.4 Souhrn současného stavu ... 31

2.4.1 Výhody a nevýhody ... 31

3 Cíle práce ... **35**

4 Metody ... **36**

4.1 Sběr dat ... 36

4.2 Analýza nákladů a přínosů ... 36

4.2.1 Komparátor ... 38

4.2.2 Perspektiva ... 38

4.2.3 Časový horizont ... 39

4.2.4 Diskontování ... 39

4.2.5 Náklady ... 39

4.2.6 Přínosy ... 44

4.3 Vyhodnocení CBA analýzy ... 45

4.4 Analýza senzitivity ... 47

5 Výsledky ... **48**

5.1 Kalkulace nákladů ... 48

5.1.1 Náklady na pořízení ... 48

5.1.2 Náklady na provoz ... 50

5.1.3 Náklady na údržbu ... 51

5.1.4 Náklady na opravy a servis ... 52

5.1.5 Náklady na likvidaci 52
5.1.6 Porovnání nákladů flexibilních bronchoskopů 53
5.2 Vyhodnocení přínosů 55
5.3 Analýza nákladů a přínosů (CBA) 55
5.4 Analýza senzitivity 57
6 Diskuze 60
7 Závěr 68
Seznam použité literatury 69

Seznam symbolů a zkratek

Seznam zkratek

Zkratka	Význam
BAL	Bronchoalveolární laváž
BRS	Bronchoskopie
CBA	Analýza nákladů a přínosů (Cost-benefit analysis)
CEA	Analýza nákladové efektivity (Cost-effectiveness analysis)
CO_2	Oxid uhličitý
CT	Výpočetní tomografie
ČR	Česká republika
EBUS	Endobronchiální ultrazvuk
ENB	Elektromagnetická navigační bronchoskopie
FDA	Úřad pro kontrolu potravin a léčiv (Food and Drug Administration)
GBP	Britská libra
HDI	Index lidského rozvoje
HDP	Hrubý domácí produkt
HTA	Hodnocení zdravotnických technologií (Health Technology Assessment)
Incremental BCR	Inkrementální poměr nákladů a přínosů
ICER	Inkrementální poměr nákladové efektivity (Incremental cost-effectiveness ratio)
IPVZ	Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví
JIP	Jednotka intenzivní péče
Kč	Koruna česká
kg	Kilogram
KN	Kapitálové náklady
LA	Las Angeles
LED	Světelná dioda (Light-Emitting Diode)
mm	Milimetr
NPC	Čistá současná hodnota
NYC	New York City
OOP	Osobní ochranné pomůcky
OR	Poměr šancí (Odds risk)
OSN	Organizace spojených národů
PDT	Perkutánní dilatační tracheostomie
USA	Spojené státy americké (United States of America)
USD	Americký dolar
ÚZIS	Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR
VZP	Všeobecná zdravotní pojišťovna
WHO	Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)
ZUM	Zvlášť účtovaný materiál

Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
A	Kč	Náklady na potřebné vybavení
A_M	Kč	Náklady na skladovací a sušící skříň
B	Kč	Současná hodnota přínosů
B_{int}	Kč	Současná hodnota přínosů sledované intervence
B_{kom}	Kč	Současná hodnota přínosů komparátoru
BCR	Kč	Poměr nákladů a přínosů
C	Kč	Současná hodnota nákladů
C	Kč	Náklady na pořízení
C_{int}	Kč	Současná hodnota nákladů sledované intervence
C_{kom}	Kč	Současná hodnota nákladů komparátoru
D	Kč	Náklady na medikaci
E_M	Kč	Náklady na provoz dezinfekční myčky
E_U	Kč	Náklady na energii pro provoz bronchoskopu
L	Kč	Náklady na dezinfekci
M	Kč	Náklady na údržbu
NPV	Kč	Čistá současná hodnota
O_M	Kč	Náklady na spotřební materiál
O_U	Kč	Náklady na jednorázový materiál
P_A	kW	Příkon sušící skříně
P_C	Kč	Náklady na dezinfekční prostředky
P_E	Kč	Cena elektrické energie
P_{FB}	Kč	Pořizovací cena flexibilního bronchoskop
P_B	kWh	Příkon bronchoskopu
P_L	Kč	Cena za likvidaci odpadu
P_M	Kč	Příkon dezinfekční myčky
P_W	Kč	Cena vody
R	Kč	Plat zaměstnanců
RO	Kč	Provoz reverzní osmózy
S_M	Kč	Náklady na čištění a dezinfekci
S_U	Kč	Personální náklady
T	h	Doba potřebná k provedení výkonu toalety dýchacích cest
T_A	h	Doba sušení
T_M	h	Doba potřebná pro dezinfekci
U	Kč	Náklady na provoz bronchoskopu
V	l	Objem vody
W	kg	Hmotnost bronchoskopu

Seznam tabulek

Tabulka 2.1: Základní ukazatele bronchoskopie od roku 1975 do 2020 v ČR [17] 16

Tabulka 2.2: Přehled nákladů u jednorázových a opakovaně použitelných flexibilních bronchoskopů, zdroj: autor 21

Tabulka 2.3: Přehled přínosů a rizik jednorázových a opakovaně použitelných bronchoskopů, zdroj: autor 29

Tabulka 2.4: Výhody a nevýhody jednorázových flexibilních bronchoskopů, zdroj: autor 34

Tabulka 4.1: Souhrnné informace o nastavení CBA, zdroj: autor 38

Tabulka 5.1: Náklady na pořízení jednorázových bronchoskopů 48

Tabulka 5.2: Náklady na pořízení opakovaně použitelných bronchoskopů 49

Tabulka 5.3: Roční náklady na provoz bronchoskopů 51

Tabulka 5.4: Náklady na údržbu opakovaně použitelných bronchoskopů 51

Tabulka 5.5: Náklady na opravy opakovaně použitelných bronchoskopů 52

Tabulka 5.6: Náklady na likvidaci jednorázových bronchoskopů 53

Tabulka 5.7: Výsledky jednocestné analýzy senzitivity pro *NPV* 57

Tabulka 5.8: Výsledky jednocestné analýzy senzitivity pro *Incremental BCR* 57

Seznam grafů

Graf 5.1: Roční kapitálové náklady bronchoskopů 49

Graf 5.2: Kapitálové náklady bronchoskopů na jeden výkon 50

Graf 5.3: Procentuální zastoupení nákladů na údržbu 52

Graf 5.4: Porovnání nákladových položek u jednorázových bronchoskopů 53

Graf 5.5: Porovnání nákladových položek u opakovaně použitelných bronchoskopů 54

Graf 5.6: Srovnání celkových roční nákladů u sledovaných alternativ 54

Graf 5.7: Srovnání nákladů na jeden výkon u sledovaných alternativ 55

Graf 5.8: Modifikovaná plocha nákladové efektivity 56

Graf 5.9: Tornádo graf pro *NPV* 58

Graf 5.10: Tornádo graf pro *Incremental BCR* 59

1 Úvod

Flexibilní bronchoskopy umožňují lékařům nejenom vizualizaci postižené tkáně dýchacích cest a plic, ale také přístup k samotné tkáni. Díky tomu lze stanovit diagnózu pacienta a zahájit vhodnou léčbu. Flexibilní bronchoskopy se rovněž používají při odstranění cizího tělesa, sekretu nebo nádoru [1; 2]. V klinické praxi jsou bronchoskopické postupy běžné a jsou obecně považovány za bezpečné. Přesto mohou během vyšetření nastat jisté komplikace [3; 4].

Výzvou v bronchoskopii je zejména zamezení riziku kontaminace a následné infekce pacienta. V této souvislosti je napříč studiemi zmiňována zejména pneumonie [2; 4]. Riziko infekce se pojí převážně s nedostatečným čištěním bronchoskopů, ale bylo prokázáno, že kontaminované zůstávají i opakovaně použitelné bronchoskopy po důkladném vyčištění. Výhodu mohou v tomto ohledu přinášet jednorázové flexibilní bronchoskopy. Riziko infekce je snížené v důsledku jejich sterility a jednorázového použití [5; 6]. Proto jsou používané zejména na JIP (jednotkách intenzivní péče) [7]. Na přínosy jednorázových flexibilních bronchoskopů upozornila v poslední době pandemie onemocnění COVID-19. Bylo prokázáno, že jednorázové flexibilní bronchoskopy výrazně snižují riziko infekce coronavirem SARS-CoV-2. Na rozdíl od opakovaně použitelných bronchoskopů, které zůstávají i po důkladné dezinfekci kontaminovány [6].

Jednorázové flexibilní bronchoskopy jsou považovány také za méně nákladné. S opakovaně použitelnými bronchoskopy se pojí nejenom náklady na pořízení samotného přístroje a potřebného vybavení, ale také náklady na dezinfekci, čištění, opravy skladování, školení personálu atd. Proto jsou dle studií jednorázové flexibilní bronchoskopy považovány za nákladově efektivnější [5; 8].

Cílem této diplomové práce je provést klinicko-ekonomické porovnání jednorázových a opakovaně použitelných bronchoskopů pomocí vhodné metody hodnocení. Dílčími cíli je vyhodnocení nákladů a efektů u obou léčebných přístupů z pohledu zdravotnického zařízení a následné vyhodnocení CBA prostřednictvím vhodných ukazatelů. Práce se zaměřuje na toaletu dýchacích cest. Tento léčebný postup byl vybrán na základě doporučení zdravotnického zařízení, které jak jednorázové, tak opakovaně použitelné flexibilní bronchoskopy využívá především v rámci toalety dýchacích cest. Výsledky klinicko-ekonomického hodnocení jsou ověřeny jednocestnou analýzou senzitivity a následně jsou diskutovány.

Motivací k vytvoření této práce je absence podobných studií na území České republiky. Samotné klinicko-ekonomické hodnocení by mohlo posloužit vybranému zdravotnickému zařízení pro porovnání těchto dvou léčebných přístupů.

2 Přehled současného stavu

Tato kapitola diplomové práce slouží k uvedení čtenáře do problematiky bronchoskopie. Je zde představen teoretický úvod do bronchoskopie, její historie, dělení a použití v oboru lékařství. Následně se práce specifikuje na jednorázové a opakovaně použitelné flexibilní bronchoskopy. V kapitole je zahrnuta nákladovost zmiňovaných bronchoskopů, jejich přínosy, ale také možná rizika. V závěru kapitoly jsou pak bronchoskopy porovnány a jsou uvedeny jejich výhody a nevýhody. Situace použití flexibilních bronchoskopů je popsána nejenom pro Českou republiku, ale také napříč ostatními státy světa. Tato kapitola je zpracována jako literární rešerše tvořena mnoha zdroji.

2.1 Teoretický úvod do problematiky bronchoskopie

Bronchoskopie je endoskopická metoda, která se využívá v hrudní chirurgii při diagnostice a léčbě dýchacích cest a plic. Prvně byla popsána již v roce 1897 Gustavem Killianem [1]. Diagnostická bronchoskopie slouží ke zhodnocení vizuálních změn bronchiálního stromu, k diagnostice bronchiálních uzávěr nebo útlaku, změn sliznice jako je její zbarvení, cévní kresba nebo ztluštění. Během těchto vyšetření se odebírají vzorky určené k následnému cytologickému, nebo histologickému vyšetření. Léčebná bronchoskopie umožňuje odstranění nadměrného množství bronchiálního sekretu nebo krevních sraženin [9]. Díky tomu může být tato metoda využita například při léčbě bronchopulmonárních onemocnění, nádorů, stenóz dýchacích cest nebo bronchopulmonárních krvácení [1].

V současné době se můžeme setkat s flexibilními nebo rigidními bronchoskopy. Chevalier Jackson v roce 1904 jako první popsal rigidní bronchoskop, který se dnes používá převážně k terapeutickým účelům, ale je stále velmi důležitým nástrojem v bronchoskopii. Rigidní bronchoskopy jsou tvořeny 40-45 cm dlouhou rovnou kovovou trubicí, která je na obou koncích otevřená. Vzhledem ke kovové povaze tyto bronchoskopy neposkytují flexibilitu a poddajnost jako materiály flexibilních bronchoskopů. Flexibilní bronchoskopie byla použita až o několik desítek let později v roce 1967 a dnes nad rigidní bronchoskopií převažuje [1]. Kromě výše zmíněných se můžeme setkat také s videobronchoskopy, které umožňují provést tzv. bronchoalveolární laváž (BAL) [3]. Jde o neinvazivní metodu, kdy je do segmentálního bronchu aplikován fyziologický roztok s jeho následnou aspirací [9].

Technologickým pokrokem je například endobronchiální ultrazvuk (EBUS) nebo elektromagnetická navigační bronchoskopie (ENB). Tyto nástroje slouží k vyšetření a biopsii mediastinálních a periferních plicních lézí. Sondy EBUS kombinují bronchoskopii s ultrazvukovou sondou, ENB naopak kombinuje bronchoskopii s výpočetní tomografií (CT) snímky v reálném čase [1].

Při vyšetření flexibilními bronchoskopy lze využít jak sedace, tak celkové nebo lokální anestezie. Sedace může být kontraindikována na základě anamnézy pacienta. Může se jednat například o respirační potíže, gastroezofageální reflux nebo extrémní úzkost. Naopak rigidní bronchoskopie se provádí vždy v celkové anestezii [1].

Sedaci lze provést pomocí infuze propofolu nebo dexmedetomidinu, midazolamu a fentanylu. K lokální anestezii lze využít lidokain, který se podává transtracheální injekcí, kloktáním viskózního lidokainu nebo sprejem na sliznici hrtanu a průdušnice. Celková anestezie se provádí pomocí endotracheální kanyly. Tato kanyla by měla být dostatečně velká, jelikož flexibilní bronchoskop v kanyle zmenšuje průměr dýchacích cest a zvyšuje jejich odpor. Alternativou mohou být laryngeální masky, které mají větší průměr trubice pro flexibilní bronchoskop, a tím se snižuje tlak v dýchacích cestách [1].

Jedním z léčebných postupů bronchoskopie je toaleta dýchacích cest, na kterou se tato práce následně zaměřuje. Pod pojmem toaleta dýchacích cest si lze představit přirozené mechanismy, jako je kašel nebo mukociliární transport. Mukociliárním transportem se rozumí pohyb řasinek v epitelu sliznice dýchacího traktu, který slouží k zachycení nečistot a k jejich transportu z dýchacích cest. V případech, kdy je pacient například napojen na umělou plicní ventilaci, je nutné tyto přirozené mechanismy nahradit [10]. Toaletu dýchacích cest lze posléze chápat jako odsávání sekretů z dutiny ústní, nosní a z dýchacích cest [11]. Odsátí se provádí krátkým, přerušovaným podtlakem [12; 13]. Cílem tohoto výkonu je zajistit a zachovat čistotu a průchodnost dýchacích cest pacienta. Je tak možné docílit snadnější ventilace a také je možné snížit riziko infekce dýchacích cest. Indikace k odsávání dýchacích cest je u všech pacientů, u kterých dochází k hromadění sekretů a nejsou sami schopni tento sekret vykašlat. Získaný sekret lze mimo jiné využít k diagnostickým účelům [14].

Protože je výkon pro pacienta bolestivý, dráždí ke kašli, vyvolává zvracení a také vzniká riziko zanesení infekce, je snahou provést výkon v co nejkratším časovém intervalu. Další komplikace, které mohou v souvislosti s výkonem vzniknout, jsou oběhová nestabilita, porucha srdečního rytmu, poškození tracheální sliznice, zvýšení nitrolebního tlaku, hypertenze nebo hypoxemie [10; 14; 15; 16].

Osoby kompetentní k bronchoskopickému výkonu v ČR vychází z platné legislativy. Jedná se o vyhlášku č. 55/2011 Sb., o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků, ve znění pozdějších předpisů [14]. Jedná se o základní úkol nelékařských zdravotnických pracovníků zejména na ARO/JIP u pacientů na umělé plicní ventilaci [10].

2.2 Současný stav v České republice

Bronchoskopické vyšetření je v České republice (ČR) velmi často používanou metodou. Za rok 2020 provedlo bronchoskopii 174 lékařů, z toho 158 lékařů v 49 zařízeních pro dospělé a 16 lékařů v 9 dětských zařízení [17].

Vzdělávání v oblasti bronchoskopie umožňuje českým lékařům Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví (IPVZ) formou kurzů. Kurz bronchoskopie pro začátečníky má absolvováno 40 % českých lékařů, kurz pro pokročilé 26 % lékařů. Licencí pro rigidní a intervenční bronchologii od České lékařské komory disponuje 21 % lékařů [17].

Trend používání rigidních bronchoskopu v ČR klesá na úkor flexibilních bronchoskopů. 35 zařízení z celkových 49 používá pouze flexibilní bronchoskopy, 14 zařízení kombinuje flexibilní bronchoskopy s rigidními. V dětských zařízeních se využívají zejména flexibilní bronchoskopy. Bronchoalveolární laváž (BAL) se provádí ve 42 pracovištích, EBUS (endobronchiální ultrazvuk) používá 17 pracovišť pro dospělé (35 %) [17].

Vyšetření jsou prováděna především v lokální anestezii pomocí tetracainu, mesocainu nebo lidokainu. Z 26 700 výkonů provedených v roce 2020 bylo pouze 11 % výkonů provedeno v celkové anestezii. Počet výkonů prováděných v celkové anestezii ale v posledních letech roste. Především pediatrická zařízení provádějí vyšetření dětí v celkové anestezii [17].

V seznamu zdravotních výkonů jsou uvedeny dva hlavní typy prováděných výkonů flexibilními bronchoskopy. Jedná se o výkony urgentní flexibilní bronchoskopie s terapeutickým záměrem a výkony flexibilní bronchoskopie diagnostické nebo terapeutické včetně premedikace. Výkony urgentní flexibilní bronchoskopie s terapeutickým záměrem lze provádět v oblasti otorinolaryngologie, dětské otorinolaryngologie, anesteziologie a intenzivní medicíny anebo v rámci hrudní chirurgie. Dle tohoto seznamu jsou zmíněny k použití pouze flexibilní bronchoskopy na opakované použití a každý výkon je zakončen vyšším stupněm dezinfekce bronchoskopů [18].

Výkony prováděné rigidními anebo flexibilními bronchoskopy na opakované použití jsou plně hrazeny zdravotní pojišťovnou. Každý takový výkon je bodově ohodnocen a jeho hodnota je uvedena v číselníku VZP. Bodové ohodnocení se však v rámci jednotlivých výkonů flexibilní bronchoskopie liší. Podle aktuálně platné verze číselníku (1397) jsou výkony urgentní flexibilní bronchoskopie s terapeutickým záměrem ohodnoceny 884 body, výkony flexibilní bronchoskopie diagnostické nebo terapeutické včetně premedikace jsou ohodnoceny 1469 body, anestezie před bronchoskopií poté 198 body [18; 19].

Vývoj základních ukazatelů bronchoskopie je uveden v tabulce 2.1.

Tabulka 2.1: Základní ukazatele bronchoskopie od roku 1975 do 2020 v ČR [17]

Sledované informace	***1975***	***1994***	***1999***	***2009***	***2012***	***2020***
BRS zařízení pro dospělé	58	66	67	59	56	49
Počet bronchologů	-	140	152	182	169	158
Počet bronchoskopií dospělých	11 192	26 732	26 971	33 282	30 354	26 700
flexibilní bronchoskopie	-	22 280	24 166	31 645	28 587	25 733
rigidní bronchoskopie	-	4 452	2 805	1 637	1 767	927
BRS v celkové anestezii	-	-	-	2 194	2 146	2 869

Rozdíly mezi jednotlivými výkony prováděnými flexibilními bronchoskopy jsou patrné i v nákladové složce. Na jeden výkon urgentní flexibilní bronchoskopie jsou vypočteny náklady na použitý materiál, jako jsou sterilní rukavice nebo ústní rouška, ve výši 2 954, 81 Kč, náklady na přístrojové vybavení ve výši 700 000 Kč. U výkonů flexibilní bronchoskopie diagnostické nebo terapeutické včetně premedikace jsou náklady nepatrně vyšší. Materiálové náklady na jeden výkon odpovídají částce 3 256, 93 Kč a náklady na premedikaci a ostatní přípravky, jako je fyziologický roztok, odpovídají 275,80 Kč. Značný rozdíl je však v nákladech na přístrojové vybavení. Celkové náklady na přístrojové vybavení u výkonů flexibilní bronchoskopie diagnostické nebo terapeutické jsou ve výši 4 331 890 Kč [18].

Veškerá dostupná data a zdroje se zabývají pouze opakovaně použitelnými flexibilními bronchoskopy.

2.3 Současný stav ve světě

Flexibilní bronchoskopy slouží lékařům jak k diagnostickým, tak léčebným účelům, především k vizualizaci nosohltanu, orofaryngu, hrtanu, průdušnice nebo plic [2]. Běžně se využívají k výkonům jako je diagnostika karcinomu plic, v rámci léčby se může jednat o umístění endobronchiální chlopně, odstranění nádoru, odstranění cizího tělesa a další [7]. Ve studii [3] bylo odhadnuto, že se v USA ročně provede 500 000 bronchoskopických výkonů .

Prvním jednorázovým flexibilním bronchoskopem na světě byl Ambu aScope, jehož původ je v Dánsku a v současné době je hlavním jednorázovým flexibilním bronchoskopem, který je na trhu dostupný. Dalšími jednorázovými flexibilními bronchoskopy na trhu jsou H-SteriScope od firmy Vathin Medical nebo Broncoflex od

firmy Axess Vision [8]. Standardně používané bronchoskopy na opakované použití jsou od firem Olympus, Pentax, Fuji nebo Wolf [5].

Tradiční flexibilní bronchoskopy jsou řazeny mezi endoskopy složené ze svazku optických vláken, které jsou uschovány v ohebné trubici [20]. Na jejich konstrukci můžeme rozlišovat proximální a distální část. Proximální část je blíže k lékaři a umožňuje rotaci a ohýbání špičky endoskopu. Některé endoskopy mohou mít také ovládací prvky na pořízení záznamu (snímku). Distální část disponuje světelným zdrojem z optických vláken, který osvětluje sledovanou oblast a umožňuje vizualizaci dýchacích cest. Dále může obsahovat sací port pro nasávání kapaliny a odmlžování kamery přes pracovní kanál. Bronchoskopy starší generace mohou mít okulár, který lze připojit ke kameře. Nicméně většina bronchoskopů využívá spojení s videem, které zobrazují snímky na video monitorech. V současnosti se pro osvětlení nejvíce využívá světelná LED dioda a pro zobrazení obrazu na monitoru video čipy. Zobrazovací monitory jsou malé a přenosné, a proto jsou výhodné zejména na pohotovosti, operačních sálech nebo jednotkách intenzivní péče [1; 20].

Vývoj flexibilních bronchoskopů jde neustále kupředu, vznikají nové generace, které zajišťují lepší úhel zobrazení a rozlišení obrazu. Současně nejlepším jednorázových flexibilním bronchoskopem dostupným na trhu je Ambu aScope 4, který je k dispozici ve třech velikostech a má v sobě zabudovanou kameru s LED osvětlením. Pracovní kanál také umožňuje podávání lokálních anestetik nebo laváţních roztoků. Výhodou tohoto nového modelu oproti předchozím modelům je zlepšení v manipulaci. Distální ohybovou částí lze manipulovat pod úhlem 180° nahoru i dolů [20].

2.3.1 Nákladovost

Dalo by se očekávat, že náklady na jednorázové bronchoskopy budou vyšší než u opakovaně použitelných. U opakovaně použitelných bronchoskopů však kromě nákladů na pořízení musíme započítat též náklady na speciální čistící prostory, náklady na samotné čištění, údržbu a opravy, dodávky dezinfekčních prostředků a školení personálu. Náklady na jednorázové bronchoskopy tak mohou dosáhnout stejných nebo dokonce nižších hodnot [8].

To, jaký typ bronchoskopů pro dané zařízení bude nákladově efektivnější, může souviset s poptávkou po bronchoskopických výkonech. V zařízeních, kde se provádí menší počet bronchoskopických výkonů, by mohly postačit jednorázové bronchoskopy. Opakovaně použitelné bronchoskopy se stanou nákladově efektivnější v zařízeních se zvýšenou poptávkou po těchto výkonech. Jednorázové bronchoskopy budou v tomto případě určeny spíše pro nouzové použití [8].

Ve studii [3], na základě několika dostupných zdrojů, byly průměrné náklady na opakovaně použitelné flexibilní bronchoskopy odhadnuty ve výši 221 USD, které platily pro rok 2015. Jednalo se o náklady na použití po dobu životnosti bronchoskopů. Náklady

na jednorázové flexibilní bronchoskopy byly odhadnuty na 305 USD, jednalo se o náklady na výkon včetně potřebného monitoru. Tento odhad mohl být následně ovlivněn náklady spojené s nakládáním s odpady.

Výsledky nákladové efektivity studie [3] ukázaly, že jednorázové flexibilní bronchoskopy jsou preferovány před bronchoskopy na opakované použití. Důvodem je menší nákladovost a menší riziko vzniku křížové kontaminace a následné infekce. Náklady na opakovaně použitelné bronchoskopy byly v této studii vypočteny ve výši 424 USD a riziko infekce s nimi spojené bylo 0,7 %. Naproti tomu náklady na jednorázové bronchoskopy se pohybovaly kolem 305 USD s nulovým rizikem infekce. Díky jednorázovým flexibilním bronchoskopům tak může být docíleno úspor nákladů o 118,56 USD a snížení rizika infekce o 0,7 %.

Bylo také zjištěno, že čím vyšší jsou interní náklady na dezinfekci, zajištění kvality a případné opravy spojené s opakovaným použitím, tím roste použití technologie na jedno použití [3].

Dle výzkumů nemocnic ve Spojeném království bylo zjištěno, že náklady na flexibilní bronchoskopy na jedno použití by potenciálně mohly vytvořit úspory až jedné třetiny celkových nákladů na opakovaně použitelné bronchoskopy (260 USD oproti 430 USD). Náklady na pořízení a údržbu opakovaně použitelných (Pentax) a jednorázových bronchoskopů (Ambu aScope) byly analyzovány také ve Francii. Celkové náklady opakovaně použitelných bronchoskopů činily 20 379 USD, zatímco celkové náklady jednorázových bronchoskopů dosahovaly pouze 5 410 USD. Edenharter a kol. ve svém výzkumu také zjišťovali náklady na pořízení opakovaně použitelného bronchoskopu, které činily 10 752,50 USD, u jednorázového bronchoskopu pouze 258,06 USD. Bronchoskopy na opakované použití však musely být ještě doplněny náklady na opravy, které ročně činily 3 225,75 USD [5].

Studie Sohrta a kol. zkoumala nákladovost jednorázových a opakovaně použitelných bronchoskopů pro perkutánní dilatační tracheostomii (PDT). Jedná se o alternativní výkon ke klasické tracheostomii, který je bezpečný a cenově výhodný. Během výkonu se nejdříve zavede jehla přes kůži v oblasti krku do průdušnice s následným zavedením vodícího drátu. Vodící drát slouží k postupnému zavádění sériových dilatátorů do trachey. Po vytvoření stomie se následně zavede tracheostomická trubice [21].

V rámci této studie byla provedena systematická rešerše nákladovosti bronchoskopů jak na opakované použití, tak na jedno použití. Stanovená kritéria splnilo 11 studií. Aby bylo možné odhadnout náklady opakovaně použitelných bronchoskopů, musely být pořizovací náklady rozpočteny na dobu jejich životnosti a také musely být zahrnuty náklady spojené s čištěním, skladováním a opravami. Z průzkumu vyplývá, že náklady na pořízení opakovaně použitelných bronchoskopů činily 135 USD, náklady na přepracování 123 USD a náklady na opravu 148 USD. Celkové průměrné náklady opakovaně použitelných bronchoskopů tak činily 406 USD. Náklady bronchoskopů na

jedno použití dosahovaly částky 249 USD. Náklady jednorázových bronchoskopů byly tedy nižší o 157 USD [21].

Na rozdíl od ostatních procedur mohou být bronchoskopy během PDT navíc poškozeny jehlou, která je zaváděna v těsné blízkosti bronchoskopu. Studie uvádí 6 perforací opakovaně použitelných bronchoskopů během 42 procedur PDT. Celkové náklady na opravu takto poškozených bronchoskopů byly odhadnuty dle rešerše na 475 USD na jedno použití. Autoři studie vytvořili dotazník týkající se právě těchto oprav a nákladů spojených s opakovaně použitelnými bronchoskopy používané pro PDT, který byl určen pro USA, Velkou Británii a Německo. Celkové náklady na opravu byly následně vypočteny na základě celkového počtu procedur, celkového počtu poškozených bronchoskopů a průměrné ceny opravy. V USA náklady na opravu odpovídaly částce 4 275 USD, v Německu 4 285 USD a ve Velké Británii pouze 1 757 USD [21].

Na pořizovací cenu u jednorázových bronchoskopů mohou mít vliv mimo jiné také množstevní slevy. V současné době je pouze několik výrobců jednorázových bronchoskopů. Více výrobců by zvýšilo konkurenci na trhu a cena by tak mohla být ještě snížena. Dalšími možnými náklady u jednorázových bronchoskopů, kromě nákladů na pořízení, mohou být náklady na likvidaci odpadu. Tyto náklady se však odhadují pouze na 0,05 až 0,06 USD [21].

Další studie [2], kde byla provedena nákladová efektivita jednorázových flexibilních bronchoskopů v porovnání s opakovaně použitelnými bronchoskopy, pochází ze Spojeného království. Efektivita byla odhadnuta na základě dat z dostupné literatury, měřítkem bylo riziko infekce a časový horizont byl 1 rok [2].

V této studii byla současně provedena micro-costing analýza nákladů na oddělení anestezie Guy´s and St. Thomas´ NHS Foundation Trust Department. Pro výpočet byla použita diskontní sazba 3,5 %. Výsledky micro-costing analýzy odhalily průměrné kapitálové náklady na použití opakovaně použitelného flexibilního bronchoskopu ve výši 116,40 GBP (149,4 USD). V rámci kapitálových nákladů byla zmíněna výhoda úspor z rozsahu, kdy záleží na objemu ročních bronchoskopií. Náklady na opravu těchto bronchoskopů byly odhadnuty na 92,90 GBP (119,3 USD) a náklady na přepracování na 39,90 GBP (51,2 USD). Celkové náklady tedy činily 249,2 GBP. V přepočtu dle průměrného směnného kurzu v roce 2020 se jednalo o 319,9 USD. Náklady na opravy se však mohou lišit v důsledku odlišných servisních smluv na pokrytí oprav nemocničního vybavení. Naopak průměrné náklady na použití jednorázového flexibilního bronchoskopu včetně potřebného monitoru byly odhadnuty ve výši 220 GBP. V přepočtu 282,4 USD [2].

Výsledkem analýzy nákladové efektivity této studie bylo, že průměrné náklady opakovaně použitelných bronchoskopů činily 511 GBP (656 USD) na jednoho pacienta (včetně nákladů na léčbu infekce) s rizikem infekce 2,8 %. U jednorázových flexibilních bronchoskopů byly průměrné náklady 220 GBP (282,4 USD) s nulovým rizikem infekce.

Jednorázové bronchoskopy tak přinášejí úspory ve výši 291 GBP (373,6 USD) a zamezení riziku infekce. Náklady na zabránění infekci pacienta (základní poměr přírůstkové nákladové efektivity) jsou 10 505 GBP (13 485,3 USD). Na nákladovou efektivitu měly největší dopad náklady na klinický výsledek, nejnižší dopad měly náklady spojené s čištěním opakovaně použitelných bronchoskopů. Analýza citlivosti naznačila potenciální čisté úspory nemocnice v rozmezí od 34 do 577 GBP (44–741 USD) na jedno použití a eliminaci rizika infekce o 1,71–4,07 % ve prospěch jednorázových flexibilních bronchoskopů [2].

Studie však uvádí potřebu provést další výzkum s provedením nákladové efektivity strategie smíšeného použití jednorázových a opakovaně použitelných flexibilních bronchoskopů. Důvodem je nemožnost eliminace všech režijních nákladů souvisejících s opakovaně použitelným zařízením a předpokládané úspory tak mohou být menší [2].

Další studie pocházející z Anglie byla provedena ve fakultní nemocnici Queens Medical Centre v Nottinghamu. Ve studii byly posuzovány náklady na intubaci pomocí opakovaně použitelných (bronchoskopy od firmy Olympus, Acutronic a Karl Storz) a jednorázových flexibilních bronchoskopů (Ambu aScope). Data byla sbírána po dobu pěti let (2009 až 2014) z prostředí operačních sálů a pohotovostního oddělní, nebyla zahrnuta data z intenzivní péče [22]. Tato studie odhalila celkové roční náklady na intubaci provedené pomocí opakovaně použitelných bronchoskopů ve výši 46 385 GBP. V přepočtu na USD dle kurzu, který byl ve studii uveden jako aktuální v době psaní studie, by se jednalo o 77 463 USD. Celkové roční náklady zahrnovaly náklady na pořízení přístrojů a doplňkového vybavení, které činily 135 040 GBP (225 517 USD) v běžných cenách, průměrné náklady na spotřebu kapitálu 19 292 GBP tj. 32 218 USD (roční odpis každého nástroje), náklady na skladování 3 480 GBP (5 812 USD) a náklady na údržbu a opravy 19 927 GBP (33 278 USD). Náklady na sterilizaci činily 3 687 GBP (6 157 USD). Při ročním výkonu 141 intubací dosahovaly náklady na jedno použití 329 GBP tj. 549,4 USD. Nejvíce dominovaly náklady na opravy a údržbu (43 %) a kapitálové odpisy (42 %) [22].

Celkové roční pořizovací náklady jednorázových flexibilních bronchoskopů byly 26 941 GBP, v přepočtu 191 GBP za jednu intubaci. V přepočtu dle směnného kurzu 1,67 USD za GBP by se jednalo o 318,97 USD. Pokud bylo hromadně nakoupeno více zařízení, bylo možné dosáhnout díky množstevním slevám nákladů za intubaci ve výši 162 GBP (270,5 USD) [22].

Nedostatkem této studie je zejména stáří studie, kdy současné ceny se již mohou lišit. Data zde byla sbírána retrospektivně a bylo předpokládáno, že počet intubací zůstal ročně stejný. To vše mohlo výsledky ovlivnit [22].

Veškeré informace o nákladovosti bronchoskopů, které byly získané z jednotlivých studií, jsou zaznamenány v přehledové tabulce 2.2.

Tabulka 2.2: Přehled nákladů u jednorázových a opakovaně použitelných flexibilních bronchoskopů, zdroj: autor

Číslo studie	Název studie	Autor	Rok	Typ bronchoskopu	Náklady	Metody
1	Early Assessment of the Likely Cost effectiveness of Single-Use Flexible Video Bronchoscopes	Ch. l. Terjesen, J. Kovaleva, L. Ehlers	2017	Jednorázové	305 USD	Rozhodovací analytický model, CEA
				Opakovaně použitelné	424 USD	
2	A systematic review and cost effectiveness anylisus of reusable vs. single-use flexible bronchoscopes	J. M. Mouritsen, L. Ehlers, J. Kovaleva, I. Ahmad, K. El-Boghdadly	2020	Jednorázové	282,4 USD	Micro-costing analýza
				Opakovaně použitelné	319,9 USD	
				Jednorázové	282,4 USD	CEA
				Opakovaně použitelné	656,0 USD	
3	Operator Peception of a Single-Use Flexible Brpnchoscope: Comparison With Current Standard Bronchoscopes	L. Liu, M. Wahidi, K. Mahmood, C. Giovacchini, S. Shofer, G. Cheng	2020	Jednorázové	260,0 USD	Literární rešerše
				Opakovaně použitelné	430,0 USD	
4	Cost Comparison of Single-Use Versus Reusable Bronchoscopes Used for Percutaneous Dilatation Tracheostomy	A. Sohrt, L. Ehlers, Fl. Udsen, A. Mærkedahl, B. McGrath	2019	Jednorázové	249,0 USD	Systematická rešerše (PICO)
				Opakovaně použitelné	406,0 USD	
				Oprava při poškození jehlou	475,0 USD	
5	Cost comparison of re-usable and single-use fibroscopes in a large English teaching hospital	R. McCahon, D. Whynes	2015	Jednorázové	319,0 USD	Sběr vlastních dat během auditu
				Opakovaně použitelné	549,4 USD	

2.3.2 Přínosy a rizika

Bronchoskopické výkony jsou obecně považovány za bezpečné. S flexibilní bronchoskopií se spojují spíše nepříliš závažné komplikace. Mezi běžné komplikace

řadíme bolest v krku, krvácení, horečku nebo infekci. Jako závažnější komplikace je uváděn srdeční infarkt nebo pneumotorax [3].

Jedním z nejčastějších možných rizik je riziko křížové kontaminace. Jde o nežádoucí jev vznikající v důsledku nevhodného čištění, dezinfekce, oplachování nebo v důsledku chybného testování těsnosti bronchoskopů. Příčina vzniku křížové kontaminace souvisí s tvorbou biofilmu, který hraje důležitou roli při dezinfekci bronchoskopů. Biofilm je společenstvo charakterizované buňkami, které jsou pevně spojeny k substrátu, rozhraní nebo mezi sebou navzájem. Díky své struktuře a fyziologickým vlastnostem se stávají mikroorganismy v biofilmech velmi odolné vůči antibiotikům, ale také dezinfekčním prostředkům. Kvůli materiálům a flexibilní povaze bronchoskopů je velmi obtížné odstranit biofilm fyzikálními metodami, jako je například kartáčování, které se běžně u umělých povrchů využívá v kombinaci s chemickým ošetřením. Protože je velmi obtížné zjistit, zda není flexibilní bronchoskop poškozen, existuje potenciální riziko bakteriální kolonizace trhlin, rýh a ostatních poškozených míst a nerovností. I přes velmi přísná pravidla dezinfekce a nakládání s bronchoskopy, se v praxi neustále setkáváme s křížovou kontaminací. Možnou cestou pro minimalizaci rizika je použití ochranných fólií na jedno použití nebo další vývoj materiálů a postupů dezinfekce. Další alternativou jsou jednorázové flexibilní bronchoskopy, které se dodávají sterilní, a tudíž by měly riziko křížové kontaminace eliminovat [3; 4].

Infekce spojené s bronchoskopií můžeme rozlišit dle původu na endogenní a exogenní. Velmi často se v praxi setkáme s infekcemi endogenními. Jedná se o infekce vyplývající z mikrobiální flóry pacienta. Mezi takové původce onemocnění můžeme zařadit Escherichia coli nebo enterokoky. Exogenním organismem způsobující infekci je v rámci flexibilní bronchoskopie zejména Pseudomonas aeruginosa. Veškeré mikroorganismy mohou být kvůli špatnému zpracování a dezinfekci bronchoskopů přeneseny na pacienta od předchozích pacientů, kteří byli tímto bronchoskopem vyšetřeni [4].

Vážné komplikace mohou způsobit multirezistentní bakterie, tzv. superbugs, mezi které řadíme například enterobakterie. Vyznačují se vysokou odolností vůči karbapenemům, což jsou vysoce účinná baktericidní antibiotika. Případy infekce multirezistentními bakteriemi spojované s flexibilními bronchoskopy byly zaznamenány jak v USA, tak v Evropě nebo Asii i přes to, že byly bronchoskopy přepracovány a podstoupily vysoce účinnou dezinfekci. Čištění riziko přenosu infekce pouze snižuje, nikoliv eliminuje. Z toho důvodu americký úřad Food and Drug Administration (FDA) vydal řadu doporučení a bezpečnostních sdělení zaměřené na bronchoskopy a snížení rizika přenosu infekce [23].

První případ v Evropě byl v této souvislosti hlášen v Německu v roce 2013. Autoři uvedli, že použitý bronchoskop zůstal kontaminovaný navzdory kvalitnímu čištění. Další

případy byly hlášeny například v Turecku, kde bronchoskopy zůstaly kontaminované až do doby, dokud nebyly každý týden sterilizovány pomocí plynného ethylenoxidu [23].

Zvýšené riziko je především u pacientů s oslabeným imunitním systémem a v těchto případech je uváděna až 50% úmrtnost. FDA proto vydala tři doporučení ke zmírnění rizika, a to dezinfikovat bronchoskopy v přísném souladu s pokyny výrobce, nepoužívat bronchoskopy, které neprošly testem těsnosti nebo které jsou viditelně opotřebované či poškozené a dodržovat doporučení výrobce pro preventivní údržbu a opravy bronchoskopu. Následně FDA doplnila tato doporučení o provedení jednoho ze čtyř možných doplňkových procesů, které by mělo riziko snížit. Může se jednat například již o zmiňovanou sterilizaci plynným ethylenoxidem. Tyto doplňkové procesy byly určeny pouze pro duodenoskopy, ale nabízí se je vyzkoušet i u flexibilních bronchoskopů. Dalším možným řešením je použití sterilních jednorázových flexibilních bronchoskopů [23].

Další možnou komplikací je bakteriémie, která se ale vyskytuje u méně než 5 % pacientů. Nejčastějšími původci infekce jsou stafylokoky a streptokoky, které jsou součástí normální flóry horních cest dýchacích. Horečka, která doprovází bakteriémii, byla popsána v mnoha studiích u 1 % až 27 % pacientů. Horečky byly pouze přechodné, vyvinuly se první den po zákroku a nebyly spojeny se septickými komplikacemi [4].

Závažnou komplikací může být pneumonie. Vzniká u pacientů během bronchoskopie v sedaci důsledkem aspirace orálních sekretů a po bronchoskopickém vyšetření se projevuje horečkou, novým nebo progresivním infiltrátem patrném na rentgenovém snímku hrudníku a zvýšenou hladinou C-reaktivního proteinu. Dokonce bylo zaznamenáno několik případů smrtelné pneumonie. Antibiotická profylaxe se při rutinní flexibilní bronchoskopii nedoporučuje. Výjimky tvoří pacienti s umělými srdečními chlopněmi, předchozí bakteriální endokarditidou nebo vrozenou srdeční vadou (např. Fallotova tetralogie) [4].

U pacientů s pneumonií byl vyčíslen finanční dopad křížové kontaminace. Dle provedené analýzy, která zahrnovala 1 \664 vzorků ze 13 studií pocházejících z 8 různých zemích, byla odhalena celková výše rizika kontaminace 8,7 %. Protože se jednalo o pacienty se zápalem plic, byly pro výpočet použity náklady související s plicním ventilátorem ve výši 25 149 USD. Kromě 8% rizika křížové kontaminace bylo ještě započítáno 20,21% riziko infekce. Celkové náklady byly vyčísleny na konečnou částku 407 USD [24].

Posledních několik let se celý svět potýká s těžkým respiračním onemocněním coronaviru SARS-CoV-2, které je dáváno do souvislosti i s opakovaně použitelnými bronchoskopy. U pacientů byla prokázána větší virová nálož v nosní dutině nežli v krku, stejně jako je tomu například u chřipky, a proto jsou bronchoskopická vyšetření z pohledu přenosu viru velmi riziková [6]. Během bronchoskopických výkonů zejména pomocí opakovaně použitelných bronchoskopů vzniká riziko přenosu viru jak na pacienty, tak na

zdravotnický personál. Proto bylo doporučeno, aby lidé s potvrzeným onemocněním COVID-19 nepodstupovali bronchoskopická vyšetření. Pokud by však vyšetření bylo nezbytné, Americká asociace bronchologie a intervenční pulmonologie doporučila, v rámci snížení rizika přenosu viru, použití jednorázových flexibilních bronchoskopů namísto bronchoskopů na opakované použití [8]. Obecně je doporučováno, aby délka bronchoskopického výkonu byla vždy omezena na minimum a nezvyšovalo se tak riziko přenosu viru [6].

Největší hrozbou u opakovaně použitelných flexibilních bronchoskopů je nedostatečná dezinfekce bronchoskopů, která může být příčinou přenosu viru. Virus SARS-CoV-2 má totiž velmi odolnou lipidovou obalovou strukturu, díky které je virus mnohem odolnější vůči dezinfekcím a enzymatickým detergentům. Bylo zjištěno, že virus může zůstat v aerosolu až 3 hodiny a na površích až 3 dny v závislosti na typu povrchu. Je tedy nutné provádět velmi pečlivě vyšší stupeň dezinfekce nebo sterilizace. Veškerý personál, který manipuluje s kontaminovanými bronchoskopy nebo jejich částmi, je také povinen používat osobní ochranné pomůcky včetně pláště, rukavic, respirátoru a štítu na oči [6]. V současné době se ukazuje, že pokud jsou dodržována všechna nastavená opatření, lze provádět bronchoskopická vyšetření bezpečně. Bylo také prokázáno minimální riziko infekce u zdravotnického personálu, který správně používá osobní ochranné pomůcky [25].

U intubovaných pacientů s podezřením nebo potvrzeným onemocněním COVID-19 se nedoporučuje provádět rutinní plicní toaleta, při které dochází k profylaktickému čištění respiračních sekretů zejména pomocí bronchoskopie [6].

Jako teoretická alternativní metoda k tradiční bronchoskopii je uvažována metoda mini-BAL. Během této metody je potenciální celkové riziko přenosu viru minimalizováno díky nižšímu počtu zdravotnických pracovníku a omezenější přístrojové vybavenosti místnosti. Klinická účinnost mini-BAL u virových infekcí však není dobře prozkoumána [6].

Kromě toho, že jednorázové bronchoskopy snižují riziko infekce, tak také snižují počet readmisí. U hospitalizovaných pacientů byla zjištěna přibližně 2,5krát vyšší pravděpodobnost opětovné hospitalizace do 30 dnů u opakovaně použitelných bronchoskopů než u bronchoskopů na jedno použití (OR=2,5, $p<0,01$). U pacientů ošetřených v ambulancích byla pravděpodobnost znovupřijetí na lůžko 1,5krát vyšší u skupiny pacientů ošetřených opakovaně použitelnými bronchoskopy než jednorázovými bronchoskopy (OR=1,5, $p>0,05$). Výsledky prokazují významné klinické přínosy jednorázových bronchoskopů při snižování readmisí [26].

Flexibilní bronchoskopie prováděná pomocí jednorázových bronchoskopů je nejčastěji využívána na JIP pro zákroky jako je například fibrooptická intubace, odstranění cizího tělesa, zavedení perkutánní tracheostomie nebo k léčbě masivní hemoptýzy. Přínosem jednorázových flexibilních bronchoskopů na JIP je zejména kratší

průměrná doba přípravy před zahájením procedury, která byla v retrospektivní studii autorů ze Singapuru vyčíslena na 10 minut. U opakovaně použitelných bronchoskopů byla tato doba rovna 66 minutám. Dalším přínosem je také potřeba nižšího počtu personálu k obsluze a nastavení [7].

Hlavní výhody jednorázových flexibilních bronchoskopů jsou v absenci nutnosti dezinfekce, ale také v přístrojovém vybavení. Většina jednorázových bronchoskopů je připojena k monitoru jediným kabelem a není potřeba další zařízení. K obsluze jednorázového bronchoskopu také zpravidla stačí jedna osoba, díky čemuž je riziku přenosu viru vystaveno menší počet zdravotnického personálu [6].

Zavedení jednorázových bronchoskopů vyvolalo potřebu enviromentálního srovnání jednorázových a opakovaně použitelných bronchoskopů. Zejména likvidace jednorázových zařízení vyvolává obavy o životní prostředí a otázku, zda jednorázové bronchoskopy jsou k životnímu prostředí šetrné. Tímto tématem se zabývala dánská studie z roku 2018. Porovnávala ekvivalent oxidu uhličitého (CO_2) v rámci emise skleníkových plynů a spotřebu zdrojů u bronchoskopu na jedno použití (Ambu aScope 4) a opakovaně použitelného bronchoskopu. Životní prostředí u opakovaně použitelných bronchoskopů mimo již zmíněného zatěžují vysoké standardy na postupy dezinfekce a nárůst používání osobních ochranných prostředků [27].

Porovnávané typy bronchoskopů mají lehce odlišné životní cykly. U opakovaně použitelných bronchoskopů je nutné provést čištění (vyšší stupeň dezinfekce), následně musí být uskladněny ve skladovací skříni. Sem musí být přeneseny obsluhou, která má nasazenu jednu sadu ochranných prostředků (ochranný oblek, ochrannou obuv, rukavice atd.). Po mnohonásobném použití jsou vyřazeny. Bronchoskopy na jedno použití se také po použití vyřadí, ale nezahrnují část čištění a skladování [27].

Na konci životnosti mohou být jednorázové bronchoskopy Ambu aScope 4 likvidovány různými způsoby. Buď mohou být skládkovány, spáleny nebo odeslány k recyklaci materiálu. Současná legislativa však neumožňuje recyklaci materiálů používaných v endoskopech. Důvodem je riziko přenosu křížové kontaminace. Jednorázové endoskopy jsou považovány za nebezpečný odpad, a proto musí být před uložením na skládku spáleny nebo sterilizovány. Možnost recyklace nabízí pouze obalový materiál, ve kterém se jednorázové bronchoskopy běžně dodávají. Nejnižší dopad na životní prostředí tak mají země, které odpad spalují a zahrnují využití energetického zisku. Ulehčit životnímu prostředí je také možné díky recyklovatelnému papíru a lepenkám na obalovém materiálu [27].

Jednorázový bronchoskop Ambu aScope 4 poskytuje při spálení 6 % energie, ale také produkuje 21 % ekvivalentů CO_2 a poskytuje 3 % vzácných zdrojů. Čísla u opakovaně použitelných bronchoskopů jsou podobná. Recyklace obalových materiálů u Ambu aScope 4 poskytuje téměř 20 % energie, 1 % ekvivalentů CO_2, vzácné zdroje zde nejsou započítávány z důvodu použití materiálů z obnovitelných zdrojů [27].

Abychom si mohli výsledky lépe představit, společnost Ambu spojila čísla s činnostmi, které známe z běžné praxe. Například likvidace jednoho jednorázového aScope bronchoskopu odpovídá likvidaci 349 g domácího odpadu. Dopad na CO_2 bychom mohli přirovnat k cestě mezi Las Angeles (LA) a New York City (NYC), což je jedna z nejrušnějších leteckých tras v USA. Lze říct, že 271 bronchoskopií provedených pomocí bronchoskopu aScope 4 má stejný dopad na CO_2 jako jeden cestující na letu z LA do NYC. Předpokládá se, že na jednu osobu letící jeden kilometr připadá 0,11 kg CO_2 [28].

Výsledky ukazují, že klíčovým faktorem ovlivňující posuzované faktory jsou materiály používané pro čištění opakovaně použitelných bronchoskopů. Bylo prokázáno, že opakovaně použitelné bronchoskopy mají srovnatelnou nebo dokonce vyšší spotřebu materiálu, energie a také vyšší dopad na ekvivalenty CO_2. Výsledky však závisí na množství osobních ochranných prostředků a používaných čistících postupech používaných u opakovaně použitelných bronchoskopů [27].

Velkou výzvou je provádění bronchoskopických výkonů flexibilními bronchoskopy v nejchudších, rozvojových zemích světa. Jednou z nejchudších zemí světa je dle OSN Kambodža. V roce 2011 se umístila na 139. místě ze 187 zemí z hlediska HDI (indexu lidského rozvoje) a v roce 2014 dokonce klesla na 144. místo ze 188 zemí. Jednou z vážných hrozeb jsou zde právě respirační onemocnění. Infekce dolních dýchacích cest jsou druhou hlavní příčinou předčasného úmrtí, a proto jsou prioritně řešeny v rámci veřejného zdraví. V Kambodži je také nejvyšší prevalence tuberkulózy, a to nejenom v daném regionu, ale i na světě [29]. V roce 2013 byla prevalence tuberkulózy v Kambodži 715 případů na 100 000 obyvatel. Až do poloviny 21. století neměla Kambodža ve veřejných nemocnicích žádnou flexibilní bronchoskopickou jednotku splňující mezinárodní standardy. Flexibilní bronchoskopie totiž vyžaduje pokročilé vybavení a kompetence zdravotnického personálu, což je zde nejpodstatnější problém [30].

Ve spolupráci francouzského a kambodžského týmu byla v roce 2009 vytvořena nová flexibilní bronchoskopická jednotka na oddělení respirační medicíny v nemocnici Preah Kossamak v Kambodži. Francouzský tým byl tvořen odborníky z univerzitní nemocnice v Lyonu. Cílem studie, která se této problematice věnovala, bylo popsat podmínky zavedení tohoto zařízení. Během celé akce byli dva kambodžští lékaři na dvouleté stáži ve Francii a dva stážisté odcestovali z Lyonu do Kambodži, kde po dobu 6 měsíců pomáhali místnímu týmu vytvořit jednotku bronchiální endoskopie. Ve Francii byla proškolena také jedna zdravotní sestra. Školení trvalo dva týdny a následně pokračovalo 6 měsíců v Kambodži. Vybavení nově vzniklé jednotky (endoskop, světelný zdroj, kamera) pocházelo z nemocnice z Lyonu a vytvoření se řídilo francouzskými a britskými doporučeními [29; 30].

Během prvního roku provozu bylo provedeno 53 bronchoskopií. Zejména se jednalo o vyšetření kvůli podezření na infekční onemocnění nebo nádor. Místnost byla vybavena za 3 200 USD a provozní náklady činily 80 USD měsíčně. Cena za endoskopický výkon, kterou hradí sám pacient, byla 20 USD. Vzhledem k tomu, že si vyšetření pacienti hradí sami a jsou pro mnoho pacientů velmi drahá, nelze všechny bronchoskopické výkony provádět u každého pacienta. Největší výzvou je v takových zemích zejména čistění a dezinfekce bronchoskopů. Tyto postupy jsou nejsložitější, nejdražší a také nejvíce technicky náročné. Zvolený postup musí být snadno a udržitelně dostupný, levný, kompatibilní s lékařským vybavením citlivým na teplotu, účinný a snadno použitelný. Jako vhodný detergent byl zvolen Hexanios G+R a jako dezinfekční prostředek Steranios. Vzhledem k místním omezením zde musely být pozměněny podmínky dezinfekce, která byla prováděna až po jednom týdnu používání. Důvodem je cena a délka procedury. Čištění je prováděno pouze jedno, nikoli dvě a je také umožněno vertikální skladování. Dlouhodobé horizontální skladování kruhovým způsobem totiž může poškodit endoskopy a vertikální skladování také předchází množení hub ve stojaté vodě uvnitř endoskopu, které je v tropických podmínkách mnohem větší [29].

Výsledky studie ukazují, že lze zřídit kvalitní jednotku flexibilní bronchoskopie, která bude kvalitní a bezpečná pro samotné pacienty. Značnou překážkou jsou zejména náklady na nákup endoskopického vybavení [29].

Na tuto studii navázala další studie, která porovnávala tehdejší výsledky (2009) s vlastními výsledky (2015). Hlavními výzvami bylo zachování standardů kvality a optimálního využití. Výsledky se v podstatě od původních výsledků nelišily. Tato studie potvrzuje, že je možné v nejméně rozvinuté zemi vytvořit vysoce kvalitní flexibilní bronchoskopické pracoviště, ale také si jeho výkonnost dlouhodobě udržet. Mezinárodní standardy však musí být přizpůsobeny na místní omezení. Problémem může být následné osvojení daných technik a postupů místními týmy [30].

Jednorázové flexibilní bronchoskopy Ambu aScope 3 byly posuzovány v prostředí s omezenými zdroji v subsaharské Africe, konkrétně v Gambii. Navzdory tomu, jak je flexibilní bronchoskopie ve státech subsaharské Afriky důležitá, je její dostupnost omezena pouze na několik zdravotnických institucí. Důvodem je nedostatek vyškolených lékařů, vysoké počáteční náklady na pořízení vybavení a další omezení související se zpracováním, skladováním a údržbou. Ve vyspělých zemích jsou z tohoto důvodu používány jednorázové bronchoskopy, které oproti opakovaně použitelných flexibilním bronchoskopům náklady a čištění minimalizují. Dodnes však neexistují řádné publikace o použití jednorázových bronchoskopů v subsaharské Africe [31].

Studie uvádí, že Ambu aScope 3 bylo snadné nastavit a používat. Snímky byly přijatelné a umožnily potřebné hodnocení tracheobronchiálního stromu. U jednoho pacienta byla dokonce díky jednorázovému bronchoskopu stanovena tuberkulóza. Celkové náklady na jeden výkon u Ambu aScope 3 činily 178 USD. Naopak pro

porovnání náklady na opakovaně použitelný bronchoskop od regionálního prodejce byly 51 925 USD (bez údržby a oprav) [31].

Jednorázové bronchoskopy v prostředí s omezenými zdroji lze použít s dobrými výkonnostními charakteristikami. I přes nižší počáteční náklady, nízkému riziku křížové kontaminace a výhodám údržby jsou v porovnání s opakovaně použitelnými současné ceny stále vysoké, a proto nejsou na dosah mnoha zdravotnických systémů v subsaharské Africe [31].

Získané informace o přínosech a rizicích jednorázových a opakovaně použitelných bronchoskopů z jednotlivých studií, jsou přehledně zaznamenány v tabulce 2.3.

Tabulka 2.3: Přehled přínosů a rizik jednorázových a opakovaně použitelných bronchoskopů, zdroj: autor

				Jednorázové		Opakovaně použitelné	
Číslo studie	**Název studie**	**Autor**	**Rok**	**Přínosy**	**Rizika**	**Přínosy**	**Rizika**
1	Early Assessment of the Likely Cost effectiveness of Single-Use Flexible Video Bronchoscopes	Ch. l. Terjesen, J. Kovaleva, L. Ehlers	2017	Nižší riziko křížové kontaminace	-	-	Křížová kontaminace
2	Single-Use and Reusable Flexible Bronchoscopes in Pulmonary and Critical Care Medicine	E. Ho, A. Wagh, K. Hogatrh, S. Murgu	2022	Kratší doba přípravy	-	-	-
				Nižší počet personálu k obsluze	-	-	-
3	Transmission of Infection by Flexible Gastrointestinal Endoscopy and Bronchoscopy	J. Kovaleva, F. Peters, H. Van Der Mei, J. Degener	2013	Nižší riziko křížové kontaminace	-	-	Křížová kontaminace
				-	-	-	Bakteriální infekce
				-	-	-	Bakteriémie
				-	-	-	Pneumonie
4	Bronchoscope-Related "Superbugs" Infections	A. Mehta, L. Muscarella	2020	Nižší riziko infekce multirezistentními bakteriemi	-	-	Multirezistentní bakterie (superbugs)
5	Society for Advanced Bronchoscopy Consensus Statement and Guidelines for bronchoscopy and airway management amid the COVID-19 pandemic	M. Pritchett, C. Oberg, A. Belanger et al.	2020	Nižší riziko přenosu COVID-19	-	-	Přenos COVID-19
				Absence dezinfekce	-	-	-
				Méně přístrojového vybavení	-	-	-
				Málo personálu	-	-	-

				Jednorázové		Opakovaně použitelné	
Číslo studie	**Název studie**	**Autor**	**Rok**	**Přínosy**	**Rizika**	**Přínosy**	**Rizika**
6	Sterile, Single-use bronchoscope reduces associated readmission rates and infection risk: A retrospective clinical analysis	J. Garrett	2021	Snižují počet readmisí	-	-	-
7	Comparative Study on Environmental Impacts of Reusable and Single-Use Bronchoscopes	B. Lilholt Sørenses	2018	Nižší zátěž pro životní prostředí	-	-	Vyšší zátěž pro životní prostředí
8	Single-Use Flexible Bronchoscopy in a Resource Constrained Setting: Experience with the Ambu aScope3 in the Gambia, West Africa	S. Touray, B. Sanyang, J. Sutherland	2021	Nízké počáteční náklady	Omezená dostupnost	Nižší ceny	Vysoké riziko křížové kontaminace
				Nízké riziko křížové kontaminace	Vysoké ceny	-	Čištění

2.4 Souhrn současného stavu

Bronchoskopie je hojně využívaná metoda pro diagnostiku a léčbu dýchacích cest, a to v České republice i ve světě. V ČR roste trend využívání flexibilních bronchoskopů na úkor rigidních bronchoskopů. V rámci flexibilní bronchoskopie jsou v ČR uváděny opakovaně použitelné bronchoskopy. Studie, které by se zabývaly jednorázovými bronchoskopy chybí, a proto je motivací se na tuto oblast zaměřit [1; 17].

Prvním jednorázových flexibilním bronchoskopem dostupným na trhu byl Ambu aScope. V současné době se používá nejnovější verze tohoto jednorázového bronchoskopu Ambu aScope 4 [8; 20]. Na základě literární rešerše bylo potvrzeno, že jednorázové flexibilní bronchoskopy mohou dosáhnout úspor nákladů oproti opakovaně použitelným bronchoskopům. Opakovaně použitelné flexibilní bronchoskopy totiž zahrnují náklady jak na pořízení, ale také náklady na čištění, údržbu, opravy, školení atd. Jednorázové bronchoskopy jsou nákladově efektivní zejména pro pracoviště, kde se provádí menší počet vyšetření [2; 3; 4; 8]. V současnosti jsou nejvíce používány na JIP [7]. Bronchoskopická vyšetření jsou obecně považována za bezpečná, ačkoliv se běžně setkáváme s komplikacemi jako je křížová kontaminace, infekce, bakteriémie, pneumonie nebo v dnešní době COVID-19. Riziko infekce podstatně snižují jednorázové bronchoskopy, které se dodávají sterilní a po použití se likvidují [3; 4; 6]. Jednorázové bronchoskopy také vytvářejí menší zátěž pro životní prostřední v porovnání s opakovaně použitelnými bronchoskopy [27]. Výzvou je provádění bronchoskopických výkonů v rozvojových zemích světa, kde jsou vysoké počty tuberkulózy. Problémem jsou zejména vysoké nároky na dezinfekci u opakovaně použitelných bronchoskopů, potřebné přístrojové vybavení a kompetence personálu. Jednorázové bronchoskopy jsou v těchto zemích velmi nákladné, a protože si vyšetření platí pacienti sami, přistupuje se spíše k použití opakovaně použitelných bronchoskopů. Jejich použití, čištění a skladování se však oproti vyspělým zemí značně liší [29; 30].

2.4.1 Výhody a nevýhody

Bronchoskopy na opakované použití mají oproti jednorázovým bronchoskopům tři hlavní nevýhody, kterými jsou vysoké náklady na opravy, nutnost dekontaminace a riziko křížové kontaminace. Během vyšetření se bronchoskopy silně dekontaminují krví, sekrety a mikroorganismy, které mohou být následnou příčinou infekce. Přenos infekce poté může souviset s nedostatečným čištěním, dezinfekcí, oplachem a sušením bronchoskopů na opakované použití. Výše zmíněné problémy by měly řešit flexibilní bronchoskopy na jedno použití, které mají eliminovat riziko křížové kontaminace a zajistit tak vyšší bezpečnost pacientů [5].

U flexibilních bronchoskopů na opakované použití je nevýhodou nutnost velmi pečlivé dezinfekce, protože veškeré části bronchoskopů jsou znovu použity při dalším

vyšetření. Jedná se o řízený proces, který se skládá z několika kroků. Nejdříve musí být bronchoskopy ručně očištěny (kartáčovány), aby se odstranily organické nečistoty a mikroorganismy. Tento krok se provádí přímo po vyšetření ještě před tím, než je přesunut do pracovního prostoru, kde probíhá testování těsnosti [3; 4]. Odnímatelné části bronchoskopů musí být ponořeny do čistícího roztoku, ve kterém jsou důkladně propláchnuty [4]. Následně, dle materiálu, prochází jednotlivé části bronchoskopů dezinfekcí nebo sterilizací. Takto zpracovaný bronchoskop je poté osušen, umístěn do vhodné skladovací skříně a připraven k dalšímu použití. Skladovací skříň musí zajistit suché prostředí, jelikož vlhké prostředí usnadňuje mikrobiální růst. Je také doporučováno, aby byly bronchoskopy ve skladovací skříni uloženy vertikálně [4]. Značnou nevýhodou je, že každý bronchoskop vyžaduje specifický režim čištění [3; 8].

Jak bylo prokázáno v několika studiích, použití jednorázových bronchoskopů snižuje rovněž riziko přenosu viru SARS-Cov-2 způsobující onemocnění Covid-19. V současné době je právě toto onemocnění velmi diskutovaným tématem v souvislosti s opakovaně použitelnými bronchoskopy, které riziko přenosu viru zvyšují. Důvodem je špatné nebo nedostatečné čištění a dezinfekce bronchoskopů [6].

Kromě eliminace rizika infekce umožňují jednorázové bronchoskopy dosáhnout nižších nákladů než opakovaně použitelné bronchoskopy. U opakovaně použitelných bronchoskopů je nutné kromě nákladů na pořízení zahrnout i náklady na čištění, údržbu, opravy, dezinfekční prostředky nebo školení personálu. U jednorázových bronchoskopů tyto položky do celkových nákladů nejsou nezapočítány, protože jsou dodávány sterilní a po použití jsou rovnou vyřazeny. Nákladově efektivní jsou jednorázové bronchoskopy především pro jednotky intenzivní péče nebo pro zařízení s nižším počtem provedených bronchoskopických výkonů [5; 8].

Značné výhody přináší jednorázovým flexibilním bronchoskopům jejich snadná přístupnost a přenositelnost. Pokud jsou zásoby jednorázových flexibilních bronchoskopů doplňovány, je jejich výhodou konstantní a okamžitá použitelnost. Jednorázové bronchoskopy také nevyžadují, aby personál pohyboval a nastavoval bronchoskopickou věž. To přispívá k jejich okamžité použitelnosti, která je klíčová zejména u pacientů s akutními obtížemi dýchacích cest [7]. Naopak dostupnost opakovaně použitelných bronchoskopů je závislá na potřebném přepracování, což jejich okamžitou použitelnost limituje [2; 8].

Další nespornou výhodou jednorázových bronchoskopů je jejich sterilita. Jednorázové bronchoskopy se dodávají sterilní, ve sterilních obalech, což také umožňuje jejich okamžitou použitelnost a po použití se ihned likvidují. Riziko přenosu infekce je tak minimální [3]. Jak bylo prokázáno, flexibilní bronchoskopy také oproti opakovaně použitelným bronchoskopům snižují počet readmisí a dobu přípravy před samotných výkonem na pouhých 10 minut [7; 26]. Jednorázové bronchoskopy také nevyžadují vysoký počet personálu na obsluhu a velké množství přístrojového vybavení [6]. Při

pořizování jednorázových bronchoskopů také můžeme dosáhnout množstevních slev, což bychom také mohli zařadit mezi výhody [21]. Důležitý je i dopad na životní prostředí. Jednorázové bronchoskopy představují menší zátěž pro životní prostředí [2; 8].

Ve studii [5] byl zkoumán nový videobronchoskop H-SteriScope na jedno použití. Jeho jednoznačným přínosem je, že nevyžaduje žádnou speciální manipulaci ani čištění. Další nespornou výhodou jsou nízké náklady na pořízení a údržbu. Cílem studie bylo zjistit, jak lékaři vnímají tento nový videobronchoskop v porovnání se současně používanými jednorázovými a opakovaně používanými bronchoskopy. Údaje byly získány na konferenci Americké asociace pro bronchologii a intervenční pulmonologii a samotní lékaři si zde H-SteriScope mohli osobně vyzkoušet. Výzkum prokázal, že z pohledu lékařů je Vathin H-SteriScope, v porovnání s ostatními alternativami, vnímán jako lepší varianta. H-SteriScope je navíc vybaven pokročilým, vysoce kvalitním kamerovým systémem s integrovaným LED světlem, který umožňuje pořízení obrazu ve vysokém rozlišení [5].

V neintervenční studii [20] byly porovnávány preference a přijatelnost jednorázového bronchoskopu Ambu aScope 4 oproti ostatním standardně používaným flexibilní bronchoskopům ať už jednorázovým nebo opakovaně použitelným. Průzkum byl proveden ve čtyřech zemích, v 8 nemocnicích a celkem bylo hodnoceno 176 intervencí.

Jednorázový bronchoskop Ambu aScope 4 byl preferovanější než ostatní alternativy v 65 % v rámci intubace a při klasické bronchoskopii v 58 %. Tento novější model je také lepší než jeho předchůdce Ambu aScope 3, a to zejména v kvalitě obrazu a úhlu ohybu. Optimalizovaná manévrovatelnost může pomoci s navigací měkkými orofaryngeálními oblastmi se sníženým svalovým tonusem u pacientů v anestezii. Ve srovnání s opakovaně použitelným flexibilním bronchoskopem (Pentax) měl Ambu aScope 4 menší zorné pole (85° vs. 90°). Hloubka ostrosti byla u jednorázového bronchoskopu 6-50 mm, u opakovaně použitelného 3-50 mm. Tento rozdíl však podle autorů není klinicky relevantní, protože aScope 4 těží z čipu a kamery ve špičce bronchoskopu, díky čemuž poskytuje velmi kvalitní širokoúhlý obraz. Další výhodou Ambu aScope 4 je jeho nízká hmotnost, kvalitní ovladatelnost, ergonomie a sací schopnosti [20].

Ač se zdají být jednorázové flexibilní bronchoskopy z mnoha hledisek výhodnější, opakovaně použitelné bronchoskopy se stále běžně používají k provádění pokročilých diagnostických a terapeutických postupů. Důvodem je stále ještě lepší manévrovatelnost, manipulace, úhel vychýlení a kvalita obrazu. Jednorázové flexibilní bronchoskopy se však neustále vyvíjejí a přibližují se tak bronchoskopům opakovaně použitelným. Díky paralelnímu použití jednorázových a opakovaně použitelných flexibilních bronchoskopů by se ale potenciálně dalo zabránit prodlevám a optimalizovat tak načasování bronchoskopických výkonů [7].

Hlavní výhody a nevýhody jednorázových flexibilních bronchoskopů oproti opakovaně použitelným flexibilním bronchoskopům jsou uvedeny v následující tabulce 2.4.

Tabulka 2.4: Výhody a nevýhody jednorázových flexibilních bronchoskopů, zdroj: autor

Jednorázové flexibilní bronchoskopy	
Výhody	**Nevýhody**
Méně nákladné	Horší manévrovatelnost
Nízké riziko infekce, křížové kontaminace	Manipulace
Nízké riziko přenosu SARS-Cov-2	Úhel vychýlení
Není nutná dekontaminace/dezinfekce	Kvalita obrazu
Snižují počet readmisí	Zařízení s vyšším počtem provedených výkonů
Snižují dobu přípravy	-
Potřeba méně personálu na obsluhu	-
Potřeba méně přístrojů	-
Menší dopad na životní prostředí	-
Přístupnost, přenositelnost	-
Sterilita	-
Okamžitá použitelnost	-
Množstevní slevy při nákupu	-
Zařízení s nižším počtem provedených výkonů	-

3 Cíle práce

Hlavním cílem diplomové práce je klinicko-ekonomické porovnání jednorázových a opakovaně použitelných flexibilních bronchoskopů u toalety dýchacích cest. K dosažení tohoto cíle je nutné splnit několik dílčích cílů.

- Analýza současného stavu v oblasti jednorázových a opakovaně použitelných bronchoskopů;
- Definování přínosů a rizik jednorázových a opakovaně použitelných bronchoskopů;
- Porovnání výhod a nevýhod použití zmiňovaných typů bronchoskopů;
- Volba vhodné metody ekonomicko-klinického hodnocení a její nastavení;
- Analýza nákladů – s ohledem na zvolenou perspektivu;
- Analýza přínosů – volba vhodné jednotky a vyčíslení efektů v požadovaných jednotkách;
- Ekonomicko-klinické zhodnocení sledovaných intervencí prostřednictvím CBA a jejích ukazatelů;
- Provedení jednocestné analýzy citlivosti;
- Diskuze výsledků.

Motivace k vytvoření této práce souvisí s časovou dostupností opakovaně použitelných bronchoskopů, která hraje významnou roli v jejich použití. Dané oddělení má pouze omezené množství opakovaně použitelných bronchoskopů, kdy část z nich může být zrovna vytížena nebo může být v dezinfekčním procesu. Právě jednorázové bronchoskopy by mohly být řešením tohoto problému. Opakovaně použitelné bronchoskopy jsou také mnohem náchylnější na kvalitní dezinfekci, kvůli čemuž významně rostou náklady na údržbu a opravy. V České republice nejsou dostupné studie, které by se podobným tématem zabývaly, a proto by výsledky této práce mohly být přínosem nejenom pro samotné zdravotnické zařízení.

4 Metody

Tato kapitola se věnuje metodám klinicko-ekonomického hodnocení, které jsou aplikovány v praktické části diplomové práce. Klinicko-ekonomické hodnocení v sobě zahrnuje jak nákladové hodnocení, tak hodnocení klinických efektů. Nákladové hodnocení si klade za cíl stanovení nejvýhodnější technologie z hlediska nákladů. Je však ale nutné přihlédnout i na klinický efekt. Díky klinicky-ekonomickému hodnocení tedy můžeme číselně vyjádřit, která technologie je nejvhodnější, a to jak z pohledu nákladů, tak přínosů. Náklady jsou vždy měřeny v peněžních jednotkách, odlišnosti jsou však ve výstupech. Ty můžeme měřit v přirozených jednotkách, umělých jednotkách nebo také v peněžních jednotkách [32; 33].

Pro praktickou část této práce byla zvolena analýza nákladů a přínosů (Cost-benefit analysis – CBA). U metody CBA vyjadřujeme vstupy i výstupy v peněžních jednotkách. Náklady i přínosy jsou tedy v této práci vyjádřeny v českých korunách. Konkrétní číselné hodnoty pocházejí z vybraného zdravotnického zařízení v České republice.

4.1 Sběr dat

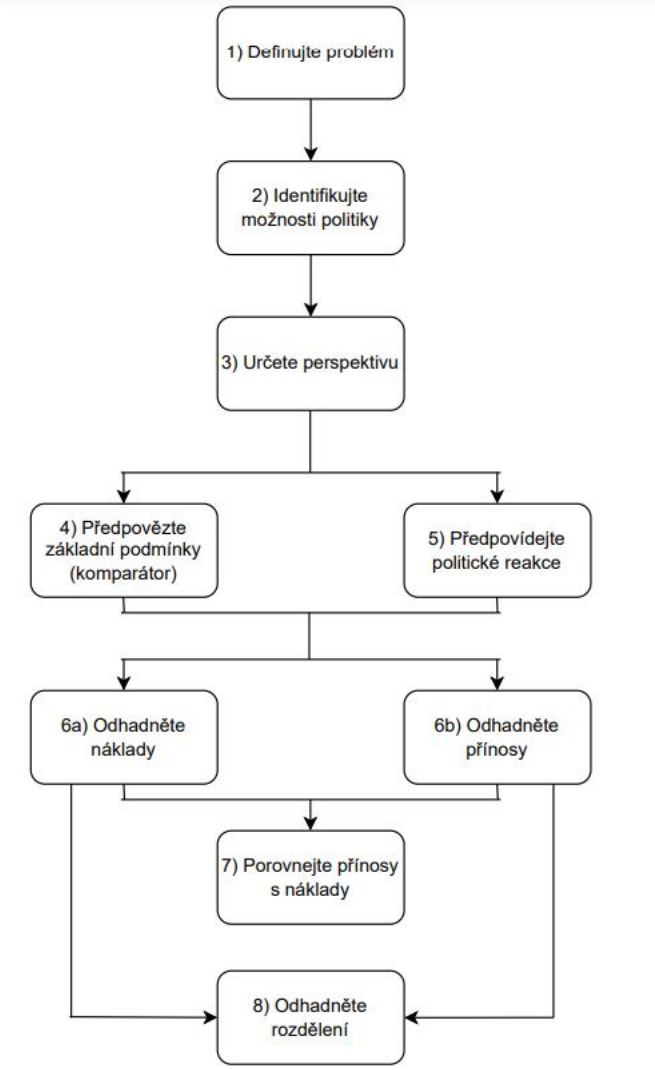
Pro praktickou část práce bylo nutné navázat spolupráci s vybraným zdravotnickým zařízením v České republice, které umožnilo přístup k reálným datům. Zdravotnické zařízení poskytlo data týkající se nákladů u obou typu bronchoskopů (např. náklady na pořízení, údržbu, čištění, opravy, další potřebné vybavení, jednorázový materiál, potřebnou medikaci nebo náklady na zpracování odpadu), ale také poskytlo nákladová data hospitalizace pacienta na lůžku, v případě výskytu komplikací spojené s bronchoskopickým výkonem. Vybrané zdravotnické zařízení uvedlo jako nejčastější komplikaci, se kterou se v rámci bronchoskopických výkon setkávají, pneumonii. Diplomová práce se zaměřuje na toaletu dýchacích cest z důvodu doporučení lékařů a vrchní sestry vybraného zdravotnického zařízení, kde jednorázové i opakovaně použitelné flexibilní bronchoskopy využívají především v rámci toalety dýchacích cest.

4.2 Analýza nákladů a přínosů

Jak už bylo výše zmíněno, analýza nákladů a přínosů se od ostatních analýz ekonomicko-klinického hodnocení odlišuje tím, že jsou zde vyjádřeny náklady i přínosy v peněžních jednotkách. CBA je považována za jednu z nejkomplexnějších metod v HTA, která hodnotí důsledky aplikace dané technologie v peněžních jednotkách a porovnává je s náklady. Tato analýza podává nejpřesnější kvantifikaci nákladů a výstupů. V analýze nákladů a přínosů je hodnoceno, zda přínosy přesahují hodnotu nákladů. CBA může být využita například pro optimalizaci investic omezených zdrojů,

protože používá standardní peněžní jednotky. CBA posuzuje, která z hodnocených variant je nejvhodnější a zda výsledky této alternativy odpovídají vynaloženým nákladům [32; 33; 34].

Provedení CBA se obecně skládá z osmi základních komponent. Na obrázku 4.1 je znázorněn sekvenční proces, avšak ve skutečnosti se jednotlivé kroky opakují. Zpravidla při získávání dalších informací se prověřují předběžná zjištění a velmi často se revidují [35].



Obrázek 4.1: Komponenty CBA [35]

Analýza nákladů a přínosů v praktické části této diplomové práce je hodnocena z perspektivy zdravotnického zařízení. Náklady a přínosy jsou také prostřednictvím ekonomického oddělení zdravotnického zařízení v peněžních jednotkách vyčísleny. Výsledky CBA analýzy by mohly v budoucnu posloužit samotnému zdravotnickému zařízení pro porovnání dvou alternativ, tedy jednorázových a opakovaně použitelných bronchoskopů, u toalety dýchacích cest. Práce by také mohla posloužit pro rozhodování nákupu či používání bronchoskopů na daném oddělení.

Souhrnné informace k ekonomicko-klinickému hodnocení

Zvolenou metodou ekonomicko-klinického hodnocení v této práci je CBA analýza. Pro přehlednost jsou souhrnné informace zapsány v tabulce 4.1 a následně je tato tabulka podrobně popsána.

Tabulka 4.1: Souhrnné informace o nastavení CBA, zdroj: autor

Analýza	**Cost-benefit analysis (CBA)**
Komparátor	Opakovaně použitelné bronchoskopy
Perspektiva	Zdravotnické zařízení
Časový horizont	Krátkodobý
Diskontování	-
Náklady	Přímé zdravotnické
Přínosy	Zamezení riziku infekce

4.2.1 Komparátor

Komparátorem se rozumí alternativa, se kterou danou technologii porovnáváme. Srovnávaná intervence (komparátor) je postup/alternativa, která se v klinické praxi běžně používá, a která bude hodnocenou technologií nahrazována. Komparátor by měl vždy být přesně specifikovaný [35; 36]. CBA je jedinou metodou, kterou lze provést i bez komparátoru. Výsledky CBA analýzy mohou naznačovat vhodnost dané intervence i bez porovnání s ostatními alternativami. V této práci je však komparátor uvažován [33].

Jako komparátor byl v této práci zvolen opakovaně použitelný flexibilní bronchoskop. Opakovaně použitelné bronchoskopy se běžně v praxi využívají, ale v současné době se nabízí porovnat je právě s jednorázovými bronchoskopy. Zejména pandemie Covidu-19 vyvolala otázku, zda by jednorázové bronchoskopy nebyly vhodnější variantou než opakovaně použitelné, u kterých je riziko přenosu Covidu-19 vyšší [6].

4.2.2 Perspektiva

Pohled studie, kterým se na náklady i výstupy intervence díváme, nazýváme perspektiva. Může se jednat o perspektivu pacienta, zdravotnického zařízení (poskytovatele zdravotní péče), plátce (zdravotní pojišťovny), celospolečenskou perspektivu, ale také perspektivu rodiny pacienta nebo lékaře. Volba perspektivy je pro všechny studie podstatná. Zejména náklady mohou pro každého aktéra vycházet zcela odlišně, což napovídá tomu, že z každé perspektivy mohou být efektivní jiné technologie [32; 33; 35].

V této práci byla stanovena perspektiva poskytovatele zdravotní péče, tedy perspektiva zdravotnického zařízení.

4.2.3 Časový horizont

Časový horizont je doba, po kterou jsou sledovány a hodnoceny náklady a přínosy, které souvisí s daným onemocněním a jeho léčbou. Časový horizont by měl být zvolen tak, aby byl dostatečně dlouhý a aby umožnil vytvořit spolehlivé závěry týkající se hodnocení rozdílnosti nákladů a přínosů porovnávaných intervencí. Délka sledování by měla odpovídat délce očekávaného trvání účinku. U nákladů i přínosů musí být uvažován vždy stejně dlouhý časový horizont, a to jak pro hodnocenou, tak pro srovnávanou intervenci [33; 36].

Volba časového horizontu v této diplomové práci souvisí s rizikem infekce. Na základě dříve provedených studií bylo zjištěno, že riziko infekce, kterému jsou pacienti při bronchoskopii vystaveni, se díky jednorázovým bronchoskopů výrazně snižuje. Možný výskyt infekce hrozí po velmi krátkém čase (v rámci několika dnů) po samotném výkonu. Proto je v práci zvolen krátkodobý časový horizont. Na základě konzultace s lékaři vybraného zdravotnického zařízení byl stanoven časový horizont na 3 dny. Po tuto dobu pacienti zůstávají hospitalizovaní a probíhá léčba vzniklé infekce.

4.2.4 Diskontování

Diskontování se v klinicko-ekonomickém hodnocení používá tehdy, pokud budeme uvažovat i o budoucích nákladech. Jedná se o metodu k úpravě budoucích nákladů a přínosů na jejich současnou tržní hodnotu. Uvažujeme tedy tak, že hodnota peněz a efektů v čase klesá. Lidstvo i jednotlivec obecně preferují současnost před budoucností. Důvodem diskontování nákladů je tedy zejména odměna za vzdání se současné hodnoty. U přínosů nemusí být smysl diskontování zprvu zřejmý. Mezi hlavní důvody diskontování přínosů patří: a) zbohatnutí budoucích generací a možnost dovolit si více dražších a účinnějších technologií, b) technologický pokrok, díky kterému bude možné v budoucnu léčit stejné obtíže, ale účinněji a c) preference pacientů, kteří si váží svého současného zdraví více než budoucího zdraví [32; 33; 36].

Diskontování se použije tehdy, pokud je uvažován časový horizont delší než 1 rok. V České republice je obecně je doporučována výše diskontní sazby 3 % ročně jak pro náklady, tak pro přínosy. Tato hodnota se nejčastěji odvozuje od bezrizikové úrokové míry [32; 33; 36].

Protože praktická část této práce uvažuje krátkodobý časový horizont, tedy časový interval do 1 roku, není třeba diskontování zohledňovat.

4.2.5 Náklady

V rámci každého klinicko-ekonomického hodnocení je nutné mít spolehlivé údaje o nákladech, které by měly odrážet zvolenou perspektivu. Perspektiva analýzy nákladů je hledisko, ve kterém jsou náklady realizovány [32; 33].

Obecně jsou náklady klasifikovány jako přímé, nepřímé a nehmotné. Přímé náklady lze chápat jako hodnoty všech prostředků vynaložených na zdravotní intervenci u sledované technologie. Pod přímé náklady spadají zdravotnické a nezdravotnické náklady. Za přímé zdravotnické náklady mohou být považovány například výdaje na lůžkovou péči, náklady na operaci, mzdy pracovníků nebo náklady na farmakoterapii. Pod přímé nezdravotnické náklady jsou zahrnovány náklady na transport pacienta nebo výdaje samotných pacientů (platby pacienta u lékaře, platby za léky a zdravotnické prostředky atd.). Nepřímé náklady jsou spojovány se ztrátou a omezením produktivity. Tyto náklady souvisejí se sociálními a ekonomickými náklady jako je pokles produkce na pracovišti, předčasný odchod do důchodu nebo ztráta příjmu. Nehmotné náklady vyjadřují v peněžních jednotkách následky nemoci, strachu, bolesti a úzkosti [32; 33; 37].

Při zpracování CBA analýzy v této diplomové práci byly náklady zohledněny v souladu se zvolenou perspektivou – perspektivou zdravotnického zařízení. Na základě zvolené perspektivy jsou uvažovány pouze přímé zdravotnické náklady, které souvisí s hodnocenou intervencí.

Mezi přímé zdravotnické náklady jsou obecně zahrnovány [32; 33; 37]:

- mzdové náklady (lékařů, ošetřovatelského personálu nebo nelékařského personálu)
- náklady na léčivé přípravky včetně jejich aplikace
- jednorázové zdravotnické prostředky
- náklady na lékařské přístroje
- diagnostické testy
- režijní náklady zdravotnického zařízení

Způsob zjišťování přímých zdravotnických nákladů vychází ze zvolené perspektivy. Pokud je zvolenou perspektivou perspektiva zdravotnického zařízení, je nejlepším zdrojem nákladů ekonomické oddělení samotného zařízení. Tyto náklady můžeme považovat za skutečně vynaložené náklady. Pokud není možné využít účetnictví, můžeme náklady odhadnout i z otevřených zdrojů. Mzdové náklady můžeme odhadnout ze statistických průměrů publikované ÚZIS, pomocí ceníků můžeme odhadnout ceny zdravotnických prostředků a léků. Režijní náklady mohou být odhadnuty procentní sazbou. V praxi se však skutečné náklady a úhrady pojišťoven výrazně odlišují. U perspektivy plátce můžeme náklady čerpat například z úhradové vyhlášky a u perspektivy pacienta jsou zjišťovány reálné výdaje pacienta [32; 33].

Jak už bylo výše zmíněno, tato práce uvažuje pouze přímé zdravotnické náklady. Zdrojem dat je účetnictví ekonomického oddělení vybraného zdravotnického zařízení v České republice. Pomocí účetních výkazů jsou zjišťovány celkové roční náklady na bronchoskopické výkony u toalety dýchacích cest. Na základě počtu výkonů provedených za jeden rok je následně možné odhadnout průměrné náklady na jeden výkon toalety dýchacích cest. Počet výkonů toalety dýchacích cest ve vybraném zařízení

je 2 300/rok. Náklady jsou zjišťovány u obou uvažovaných intervencí, tedy jak u jednorázových flexibilních bronchoskopů, tak u opakovaně použitelných flexibilních bronchoskopů.

Rozdílnost v nákladových položkách jednorázových a opakovaně použitelných flexibilních bronchoskopů vychází z rozdílných životních cyklů bronchoskopů. Zatímco jednorázové bronchoskopy zahrnují náklady na pořízení, provoz a náklady na likvidaci, do nákladů na opakovaně použitelné bronchoskopy vstupují navíc náklady na údržbu a servis. Jejich životní cyklus je znázorněn na obrázku 4.2.

Obrázek 4.2: Životní cyklus bronchoskopů, zdroj: autor

Náklady na pořízení flexibilních bronchoskopů

Náklady na pořízení bronchoskopu zahrnují především nákupní cenu uvažovanou včetně DPH. Tato cena v sobě zahrnuje též náklady na dopravu, instalaci a počáteční školení personálu [38; 39; 40; 41]. U opakovaně použitelných bronchoskopů jsou v ceně zahrnuty také náklady na likvidaci samotného bronchoskopu na konci jeho životnosti. Do kapitálových nákladů jsou také započítány náklady na další potřebné vybavení jako je u jednorázových bronchoskopů například monitor a světelný zdroj. U opakovaně použitelných bronchoskopů jsou do těchto nákladů započítané navíc náklady na pořízení myčky a sušící skříně [38]. Obecně lze pro výpočet nákladů na pořízení použít vzorec 4.1 [42; 43]:

$$C = P_{FB} + A \tag{4.1}$$

C = náklady na pořízení

P_{FB} = pořizovací cena bronchoskopu včetně veškerých souvisejících položek (Kč)

A = náklady na potřebné vybavení (Kč)

Náklady na provoz flexibilních bronchoskopů

Do nákladů na provoz jsou zahrnuty náklady na medikaci a jednorázový materiál využívaný během samotného výkonu [38; 41; 42]. V tomto případě se náklady u obou typů bronchoskopů neodlišují. Do nákladů na provoz jsou zahrnuty také náklady na energii pro provoz bronchoskopu [38; 39; 41; 42]. V tomto případě je nutné znát příkon

bronchoskopu, cenu energie a čas potřebný k provedení výkonu plicní toalety. Poslední nákladovou položkou pro provoz jsou personální náklady [41; 42]. Zde se počítá s platem zaměstnanců, kteří se na výkonu podílejí a dobou prováděného výkonu. Náklady na provoz jednorázových a opakovaně použitelných bronchoskopů se příliš neodlišují, proto v konečných výpočtech nejsou uvažovány. Náklady na provoz flexibilních bronchoskopů jsou vypočteny podle vzorce 4.2 [42; 43]:

$$U = D + O_U + E_U + S_U \tag{4.2}$$

U = náklady na provoz bronchoskopu

D = náklady na medikaci

O_U = náklady na jednorázový materiál

E_U = náklady na energii pro provoz bronchoskopu

S_U = personální náklady na obsluhu při výkonu

Přitom náklady na energii pro provoz bronchoskopu se vypočte dle vzorce 4.3 [42; 43]:

$$E_U = P_B \cdot T \cdot P_E \tag{4.3}$$

E_U = náklady na energii pro provoz bronchoskopu

P_B = příkon bronchoskopu (kW)

T = doba potřebná pro provedení výkonu toalety dýchacích cest (h)

P_E = cena elektrické energie (Kč/kWh)

Náklady na obsluhu (personální náklady) lze vypočítat podle vztahu 4.4:

$$S_U = R \cdot T \tag{4.4}$$

S_U = personální náklady na obsluhu při výkonu

R = plat zaměstnanců (Kč)

T = doba potřebná pro provedení výkonu toalety dýchacích cest (h)

Náklady na údržbu flexibilních bronchoskopů

Náklady na údržbu jsou uvažovány pouze u opakovaně použitelných bronchoskopů, což vychází z jejich životního cyklu (viz. Obrázek 4.2: Životní cyklus bronchoskopů, zdroj: autor) [39]. Údržba je potřeba provádět po každém kontaktu s pacientem, za účelem zajištění bezpečnosti pro pacienty a zamezení riziku infekce. Náklady na údržbu jsou spojené zejména s ručním čištěním, dvoustupňovým procesem dezinfekce a následným uchováním ve skladovací a sušící skříni. Pro výpočet těchto nákladů je nutné znát čas, který je potřebný pro čištění bronchoskopů a plat zaměstnance provádějícího čištění. Musí být také započítány energetické náklady, jako je elektřina, voda a chemikálie, které jsou nutné pro čištění a dezinfekci [38; 41]. Při dezinfekci v myčce je

využívána úpravna vody, tzv. reverzní osmóza, proto musí být započítány také náklady na provoz reverzní osmózy. Nezbytné jsou také náklady na skladovací skříň, ve které se bronchoskopy uschovávají do doby dalšího použití. Stejně tak musejí být započítány náklady na servis a bezpečnostně technické kontroly [38; 39; 40; 41]. Náklady na údržbu lze vypočítat dle následujícího vzorce 4.5 [43]:

$$M = S_M + E_M + A_M + O_M \tag{4.5}$$

M = náklady na údržbu

S_M = personální náklady na čištění a dezinfekci (náklady na obsluhu)

E_M = náklady na provoz dezinfekční myčky

A_M = náklady na skladovací a sušící skříň

O_M = náklady na spotřební materiál

Přičemž náklady na provoz dezinfekční myčky se vypočítají pomocí vzorce 4.6 [43]:

$$E_M = (P_M \cdot T_M \cdot P_E) + (P_W \cdot V) + RO \tag{4.6}$$

E_M = náklady na provoz dezinfekční myčky (Kč)

P_M = příkon dezinfekční myčky (kW)

T_M = doba potřebná k dezinfekci (h)

P_E = cena elektrické energie (Kč/kWh)

P_W = cena za vodu (Kč/l)

V = objem vody (l)

RO = provoz reverzní osmózy

Náklady na skladovací a sušící skříň lze vypočítat dle podobného vzorce 4.7 [43]:

$$A_M = P_A \cdot T_A \cdot P_E \tag{4.7}$$

P_A = příkon sušící skříně (kW)

T_A = doba sušení (h)

P_E = cena elektrické energie (Kč/kWh)

Náklady na spotřební materiál lze vypočítat dle vzorce 4.8 [43]:

$$O_M = P_C + (P_W \cdot V) \tag{4.8}$$

O_M = náklady na spotřební materiál

P_C = náklady na dezinfekční prostředek (Kč)

P_W = cena za vodu (Kč/l)

V = objem vody (l)

Náklady na likvidaci na konci životnosti flexibilních bronchoskopů

Na konci životnosti jsou oba typy bronchoskopů zlikvidovány [38; 39; 41; 44]. Ze své povahy jsou považovány za nebezpečný infekční odpad. Z toho důvodu jsou uvažovány náklady na likvidaci (odvoz) infekčního odpadu. Klíčové hodnoty byly zjištěny z účetnictví vybraného zařízení a náklady na likvidaci takového odpadu vypočteny pomocí následujícího vzorce 4.9 [43]:

$$L = W \cdot P_L \tag{4.9}$$

L = náklady na likvidaci

W = hmotnost bronchoskopu (kg)

P_L = cena za likvidaci odpadu (Kč/kg)

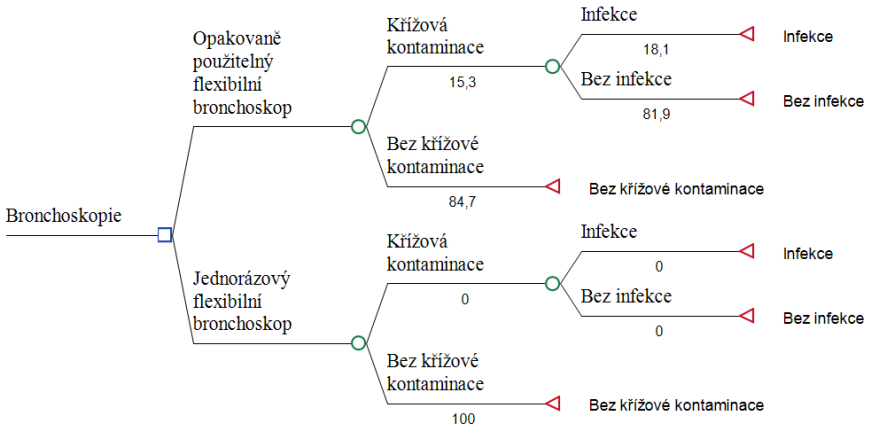
4.2.6 Přínosy

Většina metod klinicko-ekonomického hodnocení vyčísluje hodnotu přínosu a výši nákladů a následně tato čísla porovnává. Přínosy můžeme také jinak nazývat jako klinické efekty neboli outcome research. V oblasti přínosů je velmi důležité si uvědomit, jaké přínosy budeme uvažovat, jak tyto přínosy budeme měřit, jaké budou jednotky a jak můžeme dané přínosy získat. Možnými efekty tak mohou být například získané pracovní dny, počet dní bez projevu nemocí, vyšší pohodlí pacienta aj. V rámci klinicko-ekonomického hodnocení se setkáváme s efekty jako jsou zejména získané roky života nebo získaná kvalita života. Je důležité si uvědomit, zda se jedná o efekt finální nebo průběžný. Finální efekt je něco, co získáme jako cílový stav, naopak s průběžným efektem se setkáváme v průběhu terapie, ale tento efekt rozhodně není cílem terapie [32; 35].

Jak už bylo řečeno, CBA analýza hodnotí důsledky aplikace technologií v peněžních jednotkách a porovnává je s náklady. Jak náklady, tak přínosy jsou tedy vyjádřeny v peněžních jednotkách. Přínosy v rámci CBA analýzy můžeme dělit do několika skupin. První skupinou může být přínos jako zdraví pro jednotlivce, kam můžeme zahrnout zvýšení kvality života, zmírnění bolesti nebo zlepšení zdravotního stavu. Druhou skupinou může být přínos v oblasti zdrojů zdravotní péče. Do této skupiny můžeme zahrnout zabránění komplikacím daného onemocnění nebo udržení současného stavu (zabránění progrese) [35]. Přínosy mohou být také ekonomického charakteru (zachování produktivity a pracovní síly), ale také neekonomického charakteru, kam patří například zvyšování rovnosti a spravedlivosti v přístupu k poskytování zdravotních služeb [32].

V praktické části této diplomové práce je za přínos považováno zabránění možným komplikacím bronchoskopie u toalety dýchacích cest. Na základě literární rešerše bylo zjištěno, že v důsledku nedostatečného čištění opakovaně použitelných bronchoskopů se může u těchto typů bronchoskopů ojediněle projevit infekce. Nejčastějším projevem infekce je pneumonie. Jednorázové bronchoskopy toto riziko infekce eliminují.

Pravděpodobnosti vzniku infekce jsou znázorněny v rozhodovacím analytickém modelu, který vychází ze studie [2]. Model byl převzat a převeden v programu TreeAge Pro do českého jazyka (viz Obrázek 4.3).



Obrázek 4.3: Rozhodovací analytický model [2]

Základem CBA analýzy je vyjádřit tyto přínosy v peněžních jednotkách. Pokud se u pacienta po bronchoskopii projeví infekce, je nutné tento stav řešit hospitalizací pacienta na lůžku a léčbou infekce. Přínosy jsou tedy vyjádřeny jako peněžní ocenění hospitalizace pacienta na lůžku a léčba infekce (medikace a její aplikace), a to vše z pohledu zdravotnického zařízení.

4.3 Vyhodnocení CBA analýzy

Základním hodnotícím kritériem CBA analýzy je čistý současný přínos (*NPV*). Čistý současný přínos sledované intervence můžeme spočítat jako rozdíl mezi její současnou hodnotou přínosů a současnou hodnotou nákladů. Tento vztah je vyjádřen vzorcem 4.10 [32; 35].

$$NPV = B - C \tag{4.10}$$

NPV je čistá současná hodnota, *B* je současná hodnota přínosů a *C* současná hodnota nákladů. Současná hodnota přínosů i nákladů je vyjádřena v peněžních jednotkách, proto i čistá současná hodnota bude vyjádřena v peněžních jednotkách. Tento vztah platí za předpokladu, že současná hodnota přínosů je větší nebo rovna současné hodnotě nákladů [32; 34].

Pro určení ekonomické efektivnosti lze také použít poměr nákladů a přínosů (*BCR*). Jde o podíl současné hodnoty přínosů a současné hodnoty nákladů sledované intervence. Získáme tak efektivnost z vložené peněžní jednotky. Vztah je vyjádřen vzorcem 4.11 [32; 35].

$$BCR = \frac{B}{C} \tag{4.11}$$

Pokud budeme uvažovat, že porovnáváme dvě alternativy, tedy sledovanou intervenci a komparátor, můžeme pro výpočet čistého současného přínosu použít vztah 4.12.

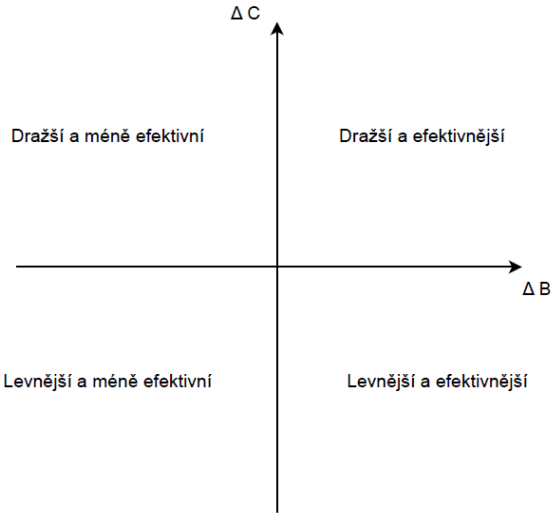
$$NPV = (B_{int} - B_{kom}) - (C_{int} - C_{kom}) \tag{4.12}$$

B_{int} je současná hodnota přínosů sledované intervence, B_{kom} je současná hodnota přínosů komparátoru, C_{int} je současná hodnota nákladů sledované intervence a C_{kom} je současná hodnota nákladů komparátoru. Všechny veličiny jsou znovu vyjádřeny v peněžních jednotkách [32].

Dalším parametrem, který umožňuje hodnocení CBA je inkrementální poměr nákladů a přínosů (*Incremental BCR*). Jedná se o přírůstkový poměr, který určí hodnotu, o kterou je hodnocená intervence výhodnější nebo nákladnější než komparátor. Tento parametr se používá k porovnání sledovaných alternativ s možností stanovení schůdnější varianty. Vztah pro výpočet inkrementálního poměru nákladů a přínosů je vyjádřen ve vzorci 4.13.

$$Incremental\ BCR = \frac{B_{int} - B_{kom}}{C_{int} - C_{kom}} \tag{4.13}$$

Pro snadnější interpretaci inkrementálního poměru nákladů a přínosů byla pro tuto práci modifikována tzv. plocha nákladové efektivity, která se běžně využívá zejména pro inkrementální parametr ICER v Cost-effectiveness analysis. Jedná se o čtyři kvadranty, kam může *Incremental BCR* náležet. V češtině můžeme tyto kvadranty označovat jako levý horní, levý dolní, pravý horní a levý horní kvadrant (Obrázek 4.4) [33].



Obrázek 4.4: Modifikace plochy nákladové efektivity, zdroj: autor

Výsledky umístěné v pravém dolním kvadrantu jsou vždy brány jako nákladově efektivní, protože hodnocená intervence je levnější a účinnější než komparátor. Hodnocenou intervenci vždy přijímáme. Naopak výsledky v levém horním kvadrantu jsou nákladově neefektivní. Sledovaná intervence je nákladnější a méně účinná než komparátor, tato intervence je vždy zamítnuta [32; 33].

4.4 Analýza senzitivity

Analýza senzitivity by měla být součástí každého ekonomicko-klinického hodnocení. Hodnotí citlivost výsledku v závislosti na proměnných vstupních parametrech. Měla by zahrnovat každý vstupní parametr nebo předpoklad, který může mít vliv na výsledek hodnocení. Cílem je identifikovat zdroje nepřesnosti a nejistoty, jejich kvantifikace a posouzení vlivu na hodnotu výsledku. Rámcově lze analýzu senzitivity provést jako deterministickou (jednocestnou nebo vícecestnou) nebo probabilistickou [33; 36].

V této práci je provedena jednocestná analýza senzitivity. Jde o nejjednodušší formu analýzy senzitivity. Zde je potřeba znát testované parametry a jejich hodnoty základního scénáře a hodnoty (minima a maxima) vstupující do analýzy. Postupně se mění každý klinický a ekonomický relevantní parametr vstupující do hodnocení v určitém intervalu, zatímco ostatní parametry zůstávají ve své základní, výchozí hodnotě. Ideálně se uvažují 95% intervaly. Lze použít i předpoklad o rozpětí např. ± 20 %. Analyzujeme, jak se změny ve vstupech modelu promítají do výstupů modelu. Vstupy tak mohou být ceny, množství atd. Výstupem, na který se nejčastěji zaměřujeme je ICER, může se ale jednat i o průměrné nebo očekávané náklady. V souvislosti s touto diplomovou prací se hodnotí změny *NPV* a *Incremental BCR*. Cílem je pochopit, které parametry jsou nejdůležitější z hlediska vlivu na výsledky analýzy a ohodnotit celkovou nejistotu modelu. Výsledky jsou následně prezentovány ve formě tabulky a tornádo diagramu [33; 36].

5 Výsledky

V této kapitole jsou prezentovány výsledky práce, které umožnily ekonomicko-klinické zhodnocení jednorázových flexibilních bronchoskopů. Jsou zde analyzovány náklady a přínosy, na základě kterých je následně provedena analýza nákladů a přínosů (CBA) a analýza senzitivity. Kapitola poskytuje popis a vysvětlení jednotlivých postupů a výsledků analýzy. Výsledky jsou následně diskutovány v kapitole diskuze.

5.1 Kalkulace nákladů

Analýza nákladů byla provedena pro dva druhy flexibilních bronchoskopů – jednorázové a opakovaně použitelné. Ceny byly zjišťovány přímo od vybraného zdravotnického zařízení v České republice. Pokud pro výpočet nákladů byly potřeba dílčí údaje, byly tyto údaje převzaty z materiálů poskytnutých samotným zařízením. Všechny ceny jsou uváděny včetně DPH v českých korunách. Částky jsou vyjádřeny v ročním horizontu, z kterého jsou následně vypočítány náklady na jeden výkon. Obecně je počítáno, že zdravotnické zařízení provede ročně 2 300 výkonů toalety dýchacích cest pomocí bronchoskopie.

Náklady odpovídají částkám, které zdravotnické zařízení skutečně vynaloží na výkon plicní toalety pomocí flexibilní bronchoskopie.

5.1.1 Náklady na pořízení

V následující tabulce 5.1 jsou uvedeny náklady na pořízení jednorázových bronchoskopů. Hlavní položkou těchto kapitálových nákladů je cena bronchoskopu, v které je již zahrnuta doprava, instalace či školení personálu. Dále je do kapitálových nákladů zahrnuta cena monitoru a světelného zdroje. Hodnoty jsou následně přepočítány, dle jejich životnosti, na náklady na 1 rok.

Tabulka 5.1: Náklady na pořízení jednorázových bronchoskopů

Položka	Pořizovací cena [Kč]	Náklady/rok [Kč]
Bronchoskop	5 445,00	12 523 500,00
Monitor	21 311,73	3 552,00
Světelný zdroj	72 600,00	24 200,00
Celkem		**12 551 252,00**

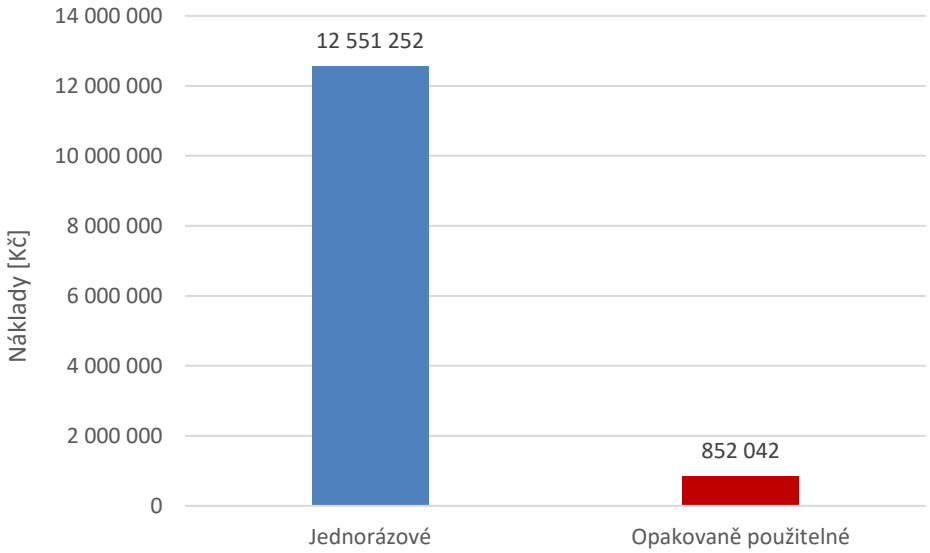
U opakovaně použitelných bronchoskopů zahrnují náklady na pořízení nákupní cenu bronchoskopu, dopravu a instalaci, potřebné IT služby a počáteční školení personálu. V ceně je zahrnuto kromě samotného bronchoskopu také potřebné příslušenství jako je videoprocesor, světelný zdroj, monitor a endoskopický vozík. Výrobce také v ceně pořízení poskytuje servis bronchoskopu během prvních dvou let a jeho likvidaci na konci životnosti. Dalšími položkami kapitálových nákladů jsou náklady na pořízení dezinfekční

myčky a sušící skříně. V tabulce 5.2 jsou uvedeny jak pořizovací ceny, tak ceny přepočtené na 1 rok.

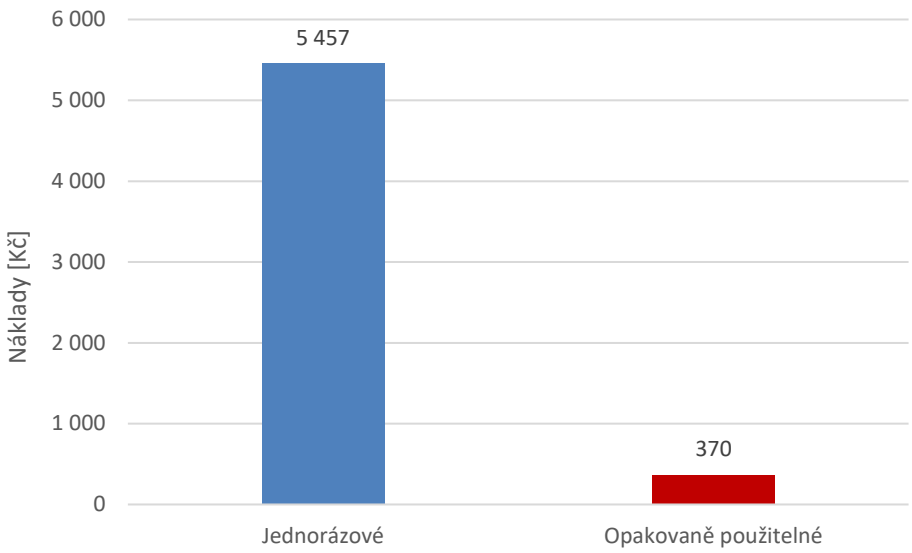
Tabulka 5.2: Náklady na pořízení opakovaně použitelných bronchoskopů

Položka	Pořizovací cena [Kč]	Náklady/rok [Kč]
Bronchoskop	834 900,00	139 150,00
Videoprocesor	631 620,00	105 270,00
Zdroj světla	490 050,00	81 675,00
Monitor	254 100,00	42 350,00
Endoskopický vozík	163 350,00	27 225,00
USB	11 616,00	1 936,00
Dezinfekční myčka	1 633 500,00	272 250,00
Sušicí skříň	1 093 114,00	182 185,67
Celkem		**852 042,00**

Kapitálové náklady u jednorázových bronchoskopů přepočtené na 1 rok odpovídají 12 551 252 Kč. Zatímco u opakovaně použitelných nákladů se jedná o částku 852 042 Kč. Tyto hodnoty jsou znázorněny v grafu 5.1. Následně jsou náklady na pořízení přepočteny na jeden výkon, které jsou zaneseny do grafu 5.2.



Graf 5.1: Roční kapitálové náklady bronchoskopů



Graf 5.2: Kapitálové náklady bronchoskopů na jeden výkon

5.1.2 Náklady na provoz

Náklady na provoz jednorázových a opakovaně použitelných bronchoskopů jsou velmi podobné. Z toho důvodu se v dalších výpočtech náklady na provoz nezapočítávají. Pro celistvost jsou však v této práci i tyto položky vyčísleny. Pro výpočet nákladů na provoz byl využit vzorec (4.2).

Pro provedení výkonu oběma typy bronchoskopů je nutné podat pacientovi medikaci. Jedná se o ANESTETIKUM SPR. 10 %, ATROPIN BIOTIKA 0,5MG, INJ 10X1ML/0,5MG. Cena anestetika je odhadnuta u jednoho výkonu na 37,81 Kč a cena Atropinu 4,59 Kč. Při výkonu je také používán fyziologický roztok za cenu 11,5 Kč. Při výkonu je dále používán jednorázový materiál, jako je protiskusový náustek v hodnotě 50 Kč, sterilní operační plášť (88 Kč) a sterilní chirurgické rukavice za 6,81 Kč, sterilní hydrofilní gáza za 3,40 Kč, stříkačky za 6,67 Kč, injekční jehla za 1,50 Kč a spojovací hadička za 6,49 Kč. Operační plášť a jednorázové rukavice používá 5 osob, které se na výkonu podílejí, tudíž tyto náklady jsou pětinásobkem uvedených hodnot.

Personální náklady jsou odvozeny od hodinového platu zaměstnanců provádějící výkon – jeden anesteziolog, jeden plicní lékař a 3 zdravotní sestry. Součtem hodinových platů těchto zaměstnanců je 2 149 Kč. Doba výkonu je 35 min. Personální náklady jsou vypočítány dle vzorce (4.4) a odpovídají částce 1 253,58 Kč za jeden výkon.

Dalším dílčím nákladem jsou náklady na energie pro provoz přístroje. Pro výpočet byl použit vzorec (4.3). U jednorázových bronchoskopů je příkon 0,58 kW, opakovaně použitelné mají příkon 0,53 kW. Cena energie za kW/h je 2,55 Kč. U jednorázových bronchoskopů tato položka odpovídá 0,86 Kč a u opakovaně použitelných na 0,79 Kč.

Výsledky ročních nákladů na provoz jsou uvedeny v tabulce 5.3.

Tabulka 5.3: Roční náklady na provoz bronchoskopů

Náklady za rok [Kč]		
Položka	**Jednorázové**	**Opakovaně použitelné**
Potřebné vybavení	27 023,33	27 023,33
Medikace a materiál	1 370 593,00	1 370 593,00
Energie	1 972,99	1 802,90
Personální náklady	2 866 766,00	2 866 766,00
Celkem	**4 266 355,32**	**4 266 185,23**

5.1.3 Náklady na údržbu

Tento typ nákladů je uvažován pouze u opakovaně použitelných bronchoskopů. Nejdříve jsou vyjádřeny náklady na I. stupeň dezinfekce. Měsíční náklady na dezinfekční prostředky jsou odhadnuty ve výši 15 000 Kč, ke kterým jsou ještě započítány náklady na vodu. Roční náklady tak činí 180 857 Kč. Pro výpočet byl použit vzorec (4.8).

Následně jsou vypočteny náklady na II. stupeň dezinfekce, který probíhá pomocí dezinfekční myčky. Pro výpočet byl použit vzorec (4.6). Příkon dezinfekční myčky je 2,3 kW a dezinfekce probíhá 25 minut. Cena elektrické energie je 2,55 Kč/kWh. Cena vody je 0,11 Kč/l a objem vody na jeden cyklus je 35 l. Roční provoz dezinfekční myčky a provoz reverzní osmózy je vyčíslen v hodnotě 55 731 Kč.

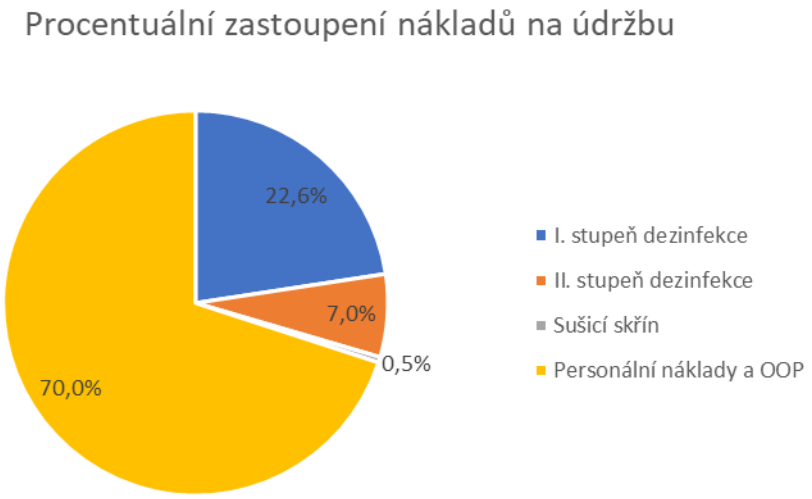
Sušení bronchoskopů vyjde ročně na částku 3 724 Kč. Příkon sušicí skříně je 0,5 kW, doba sušení odpovídá 15 minutám a cena energie je 2,55 Kč/kWh. Pro výpočet byl použit vzorec 4.7. Personální náklady v horizontu 1 roku odpovídají 560 625 Kč. Celkové roční náklady na dezinfekci, čištění a sušení opakovaně použitelných bronchoskopů jsou 800 937 Kč, zde byl pro výpočet použit souhrnný vzorec (4.5). Veškeré hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 5.4.

Tabulka 5.4: Náklady na údržbu opakovaně použitelných bronchoskopů

	Položka	**Náklady/rok [Kč]**
I. stupeň dezinfekce	Dezinfekční prostředek	180 000,00
	Voda	857,00
	Celkem	**180 857,00**
II. stupeň dezinfekce	Provoz dezinfekční myčky	12 292,00
	Provoz reverzní osmózy	43 439,00
	Celkem	**55 731,00**
Sušicí skříň	Provoz sušicí skříně	3 724,00
	Celkem	**3 724,00**
Personální náklady a OOP	Personální náklady	215 625,00
	Osobní ochranné pomůcky (OOP)	324 000,00
	Celkem	**560 625,00**

V následujícím grafu 5.3 je uvedeno procentuální zastoupení těchto nákladových položek. Největší procentuální část (70 %) tvoří personální náklady s náklady na osobní

ochranné pomůcky personálu. Druhou nejnákladnější položkou (22,6 %) jsou náklady na I. stupeň dezinfekce. Následují náklady na II. stupeň dezinfekce (7 %) a náklady na provoz sušicí skříně (0,5 %).



Graf 5.3: Procentuální zastoupení nákladů na údržbu

5.1.4 Náklady na opravy a servis

Náklady na opravy a servis jsou uvažované pouze u opakovaně použitelných bronchoskopů. Jednorázové bronchoskopy jsou po použití ihned likvidovány, proto není nutné u těchto bronchoskopů uvažovat opravy a servis. Průměrná cena opravy u jednoho opakovaně použitelného bronchoskopu byla zdravotnickým zařízením odhadnuta na 6 500 Kč. Roční náklady na opravy tak při počtu 2 300 provedených výkonů za rok odpovídají částce 14 950 000 Kč. Zmiňované náklady jsou uvedeny v tabulce 5.5.

Tabulka 5.5: Náklady na opravy opakovaně použitelných bronchoskopů

Položka	Průměrná cena opravy [Kč]	Náklady/rok [Kč]
Opravy a servis	6 500,00	14 950 000,00

5.1.5 Náklady na likvidaci

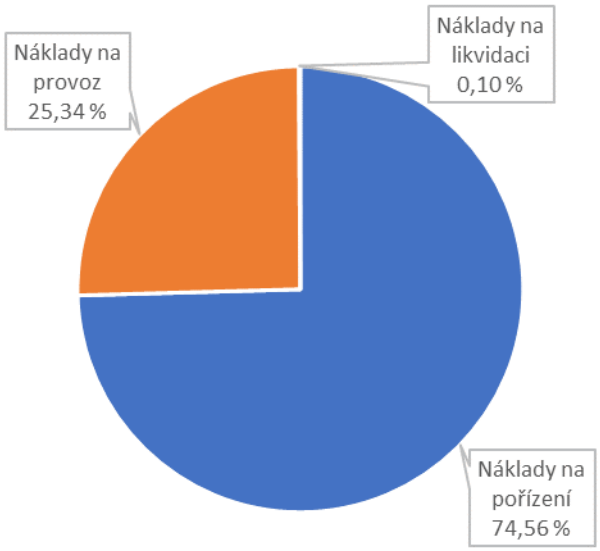
Náklady na likvidaci jsou uvažované zejména u jednorázových bronchoskopů, protože po každém použití jsou bronchoskopy likvidovány a následně nejsou znovu používány. U opakovaně použitelných bronchoskopů likvidaci zajišťuje výrobce. Pro výpočet nákladů na likvidaci byl použit vzorec (4.9). Cena za likvidaci infekčního odpadu je 20 Kč/kg a hmotnost jednorázového bronchoskopů je přibližně 350 g. Likvidace jednoho bronchoskopu odpovídá 7 Kč. Ročně poté 16 100 při počtu 2 300 výkonů, viz tabulka 5.6.

Tabulka 5.6: Náklady na likvidaci jednorázových bronchoskopů

Položka	Jednotka [Kč]	Náklady/rok [Kč]
Hmotnost bronchoskopu [kg]	0,35	16 100,00
Likvidace odpadu/kg [Kč/kg]	20	

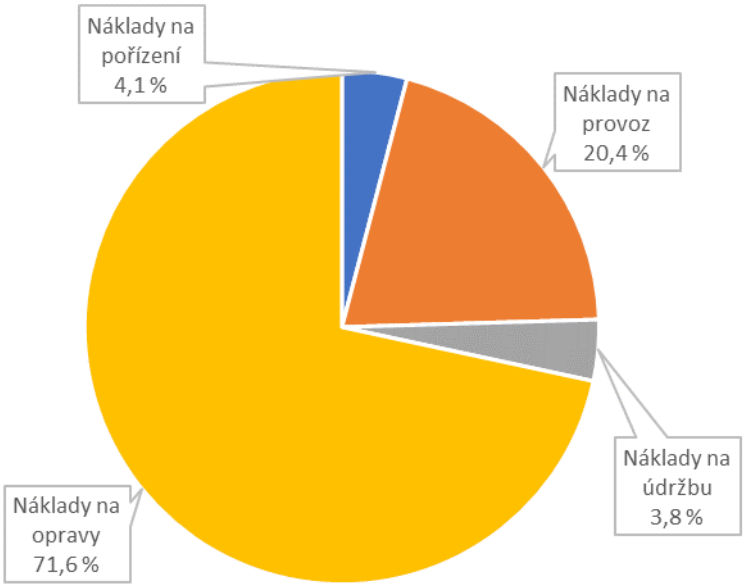
5.1.6 Porovnání nákladů flexibilních bronchoskopů

U jednorázových bronchoskopů jsou největší položkou náklady na pořízení samotného zařízení. Tyto náklady tvoří 74,56 % všech nákladů. Náklady na provoz tvoří 25,34 % nákladů a náklady na likvidaci pouze 0,1 %. Náklady jsou znázorněny v grafu 5.4.



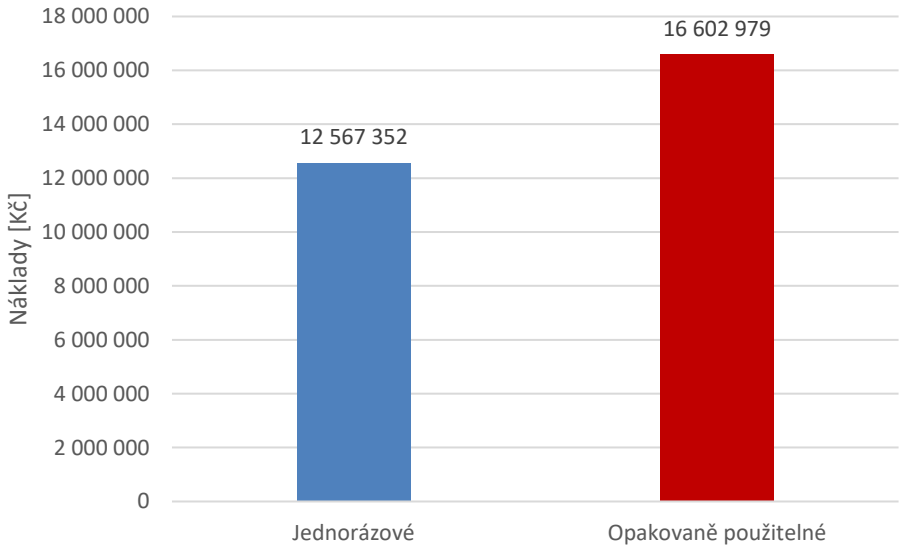
Graf 5.4: Porovnání nákladových položek u jednorázových bronchoskopů

Největší procentuální zastoupení nákladů u bronchoskopů na opakované použití jsou náklady na opravy a pravidelný servis bronchoskopů. Jedná se o 71,6 %. Druhou nejnákladnější položkou jsou náklady na provoz, které tvoří 20,4 %. Náklady na pořízení tvoří pouze 4,1 % všech nákladů a 3,8 % poté náklady na údržbu bronchoskopů, tedy na jejich čištění a dezinfekci. Tyto hodnoty popisuje následující graf 5.5.

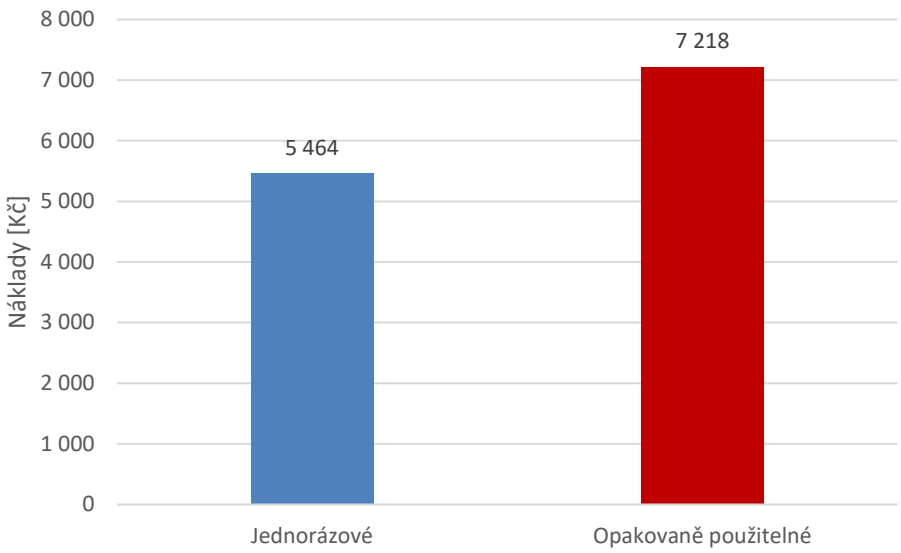


Graf 5.5: Porovnání nákladových položek u opakovaně použitelných bronchoskopů

V následujícím grafu 5.6 jsou zobrazeny roční náklady na použití jednorázových a opakovaně použitelných bronchoskopů. Tyto hodnoty se odvíjí od počtu provedených výkonů, tedy 2 300 výkonů za rok. Celkové roční náklady jednorázových bronchoskopů jsou 12 567 352 Kč, zatímco u opakovaně použitelných se jedná o 16 602 979 Kč. Druhý graf 5.7 poukazuje na náklady na použití těchto bronchoskopů přepočtené na jeden výkon. Použití jednorázových bronchoskopů v sobě skrývá náklady v hodnotě 5 464 Kč a opakovaně použitelné 7 218 Kč.



Graf 5.6: Srovnání celkových roční nákladů u sledovaných alternativ



Graf 5.7: Srovnání nákladů na jeden výkon u sledovaných alternativ

5.2 Vyhodnocení přínosů

Pro vyhodnocení přínosů byl použit rozhodovací model z literatury [2], z kterého byly převzaty také pravděpodobnosti vzniku infekce. Pravděpodobnost kontaminace u opakovaně použitelných bronchoskopů je 15,3 % a následné riziko infekce je 18,1 %. U jednorázových bronchoskopů je riziko kontaminace 0 %, stejně jako následné riziko infekce. S opakovaně použitelnými bronchoskopy je tak spojováno riziko infekce 2,8 %, naopak s jednorázovými bronchoskopy je riziko nulové.

Jako přínos jednorázových bronchoskopů je v této práci uvažováno zamezení riziku infekce. Proto u jednorázových bronchoskopů je pravděpodobnost zamezení riziku infekce 100% a u opakovaně použitelných bronchoskopů odpovídá pravděpodobnost zamezení riziku infekce hodnotě 97,2 %. Vznik infekce je tedy spojován pouze s opakovaně použitelnými bronchoskopy. V případě vzniku infekce musí být pacient hospitalizován ve zdravotnickém zařízení. Za jeden den hospitalizace pacienta zdravotnické zařízení vynaloží náklady v hodnotě 10 000 Kč. Obvyklá délka hospitalizace pacientů s infekcí ve vybraném zdravotnictví jsou 3 dny. Proto náklady na hospitalizaci po dobu 3 dnů jsou 30 000 Kč. Tyto náklady přepočtené dle pravděpodobnosti vzniku infekce u opakovaně použitelných bronchoskopů odpovídají hodnotě 840 Kč. Jednorázové bronchoskopy tak dosahují úspor nákladů na hospitalizaci při infekci 840 Kč na jeden případ a současně snižují riziko infekce o 2,8 %.

5.3 Analýza nákladů a přínosů (CBA)

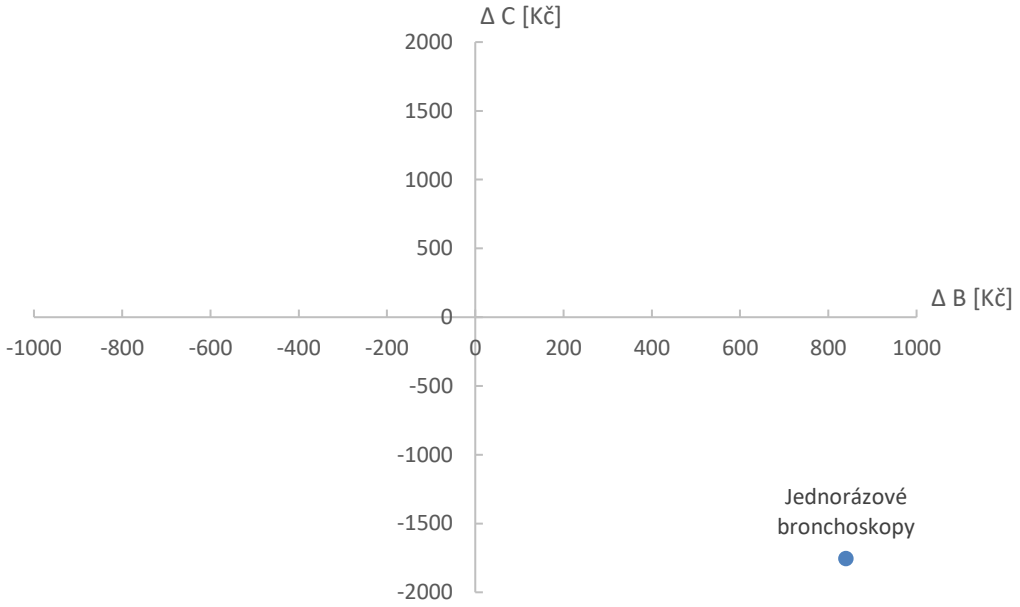
Prvním ukazatelem analýzy nákladů a přínosů je poměr nákladů a přínosů (*BCR*). Pro výpočet byl použit vzorec (4.11). V případě jednorázových bronchoskopů vychází tento poměr na 5,5 Kč. To znamená, že z každé vložené peněžní jednotky získáme úspory

nákladů na hospitalizaci pacienta v hodnotě 5,5 Kč. U opakovaně použitelných bronchoskopů tato hodnota odpovídá 4 Kč. Z každé vložené peněžní jednotky získáme úspory nákladů na hospitalizaci pacienta pouze 4 Kč, tedy o 1,5 Kč méně než u jednorázových bronchoskopů.

Dle vzorce (4.12) byl vypočítán čistý současný přínos jednorázových bronchoskopů v porovnání s opakovaně použitelnými bronchoskopy, který je hlavním ukazatelem CBA. V tomto případě se jedná o čistý současný přínos 2 594,6 Kč. Jednorázové bronchoskopy umožňují úsporu 2 594,6 Kč na jeden výkon oproti opakovaně použitelným bronchoskopům.

Dalším ukazatelem je inkrementální parametr *BCR*. Pro jeho výpočet byl použit vzorec (4.13). Jednorázové bronchoskopy jsou o 1 754 Kč levnější než bronchoskopy na pakované použití. Rozdíl v přínosech je o 840 Kč, kdy jednorázové bronchoskopy poskytují zdravotnickému zařízení úspory těchto nákladů.

Incremental BCR v tomto případě poukazuje na výhodnost jednorázových bronchoskopů oproti bronchoskopům na opakované použití, a to jak z pohledu nákladů, tak z pohledu přínosů. Poměr odpovídá hodnotě $\frac{840}{-1\,754}$ (-0,48). Ve všech případech, kdy je tato hodnota záporná, je sledovaná intervence oproti komparátoru výhodnější. Při umístění do modifikované plochy nákladové efektivity můžeme tuto hodnotu umístit do pravého dolního kvadrantu. Výsledek poukazuje na to, že sledovaná intervence je levnější a efektivnější než komparátor a je vhodné tuto intervenci použít. Umístění do modifikované plochy nákladové efektivity je znázorněno v grafu 5.8.



Graf 5.8: Modifikovaná plocha nákladové efektivity

5.4 Analýza senzitivity

Vybranými parametry, které jsou v jednocestné analýze senzitivity měněny jsou jak nákladové položky, tak položky přínosů. V rámci nákladů jsou měněny kapitálové náklady jednorázových i opakovaně použitelných flexibilních bronchoskopů a náklady na opravy opakovaně použitelných bronchoskopů. Tyto vstupní parametry jsou měněny v rozsahu ± 20 %. Měněnými přínosy je pravděpodobnost zamezení riziku infekce u opakovaně použitelných bronchoskopů a doba hospitalizace pacienta na lůžku. Pravděpodobnost je měněna v rozsahu 90 % a 99 %, doba hospitalizace 1 a 5 dní. Pro každý změněný parametr je následně vypočítán čistý současný přínos (*NPV*) viz tabulka 5.7.

Tabulka 5.7: Výsledky jednocestné analýzy senzitivity pro *NPV*

Vstup	Změna	Změněná hodnota [Kč]	NPV
Kapitálové náklady – jednorázové	+20 %	6 548,48	1 503,21
	-20 %	4 365,65	3 686,03
Kapitálové náklady – opakovaně použitelné	+20 %	444,54	2 668,71
	-20 %	296,36	2 520,53
Opravy – opakovaně použitelné	+20 %	7 800,00	3 894,62
	-20 %	5 200,00	1 294,62
Pravděpodobnost zamezení riziku infekce – opakovaně použitelné	99 %	-	2 054,62
	90 %	-	4 754,62
Doba hospitalizace	5	50 000,00	3 154,62
	1	10 000,00	2 034,62

V následující tabulce 5.8 je znázorněn vliv změny vybraných parametrů na *Incremental BCR*. Měněné parametry zůstaly ponechány.

Tabulka 5.8: Výsledky jednocestné analýzy senzitivity pro *Incremental BCR*

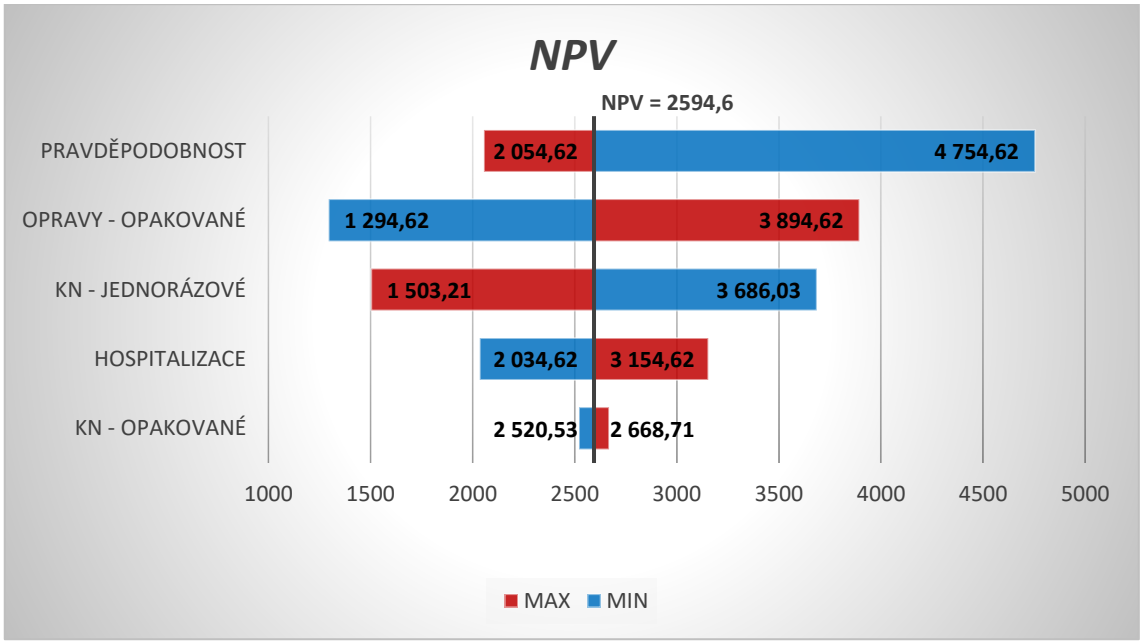
Vstup	Změna	Změněná hodnota [Kč]	Incremental BCR
Kapitálové náklady – jednorázové	+20 %	6 548,48	-1,27
	-20 %	4 365,65	-0,30
Kapitálové náklady – opakovaně použitelné	+20 %	444,54	-0,46
	-20 %	296,36	-0,50
Opravy – opakovaně použitelné	+20 %	7 800,00	-0,27
	-20 %	5 200,00	-1,85
Pravděpodobnost zamezení riziku infekce – opakovaně použitelné	99 %	-	-0,17
	90 %	-	-1,71
Doba hospitalizace	5	50 000,00	-0,80
	1	10 000,00	-0,16

Tornádový diagram popisuje, jaké faktory mají největší vliv na změnu výsledných hodnot – tedy *NPV* a *Incremental BCR*. Největší změny vyvolá změna pravděpodobnosti zamezení riziku infekce a náklady na opravy opakovaně použitelných parametrů. Pokud

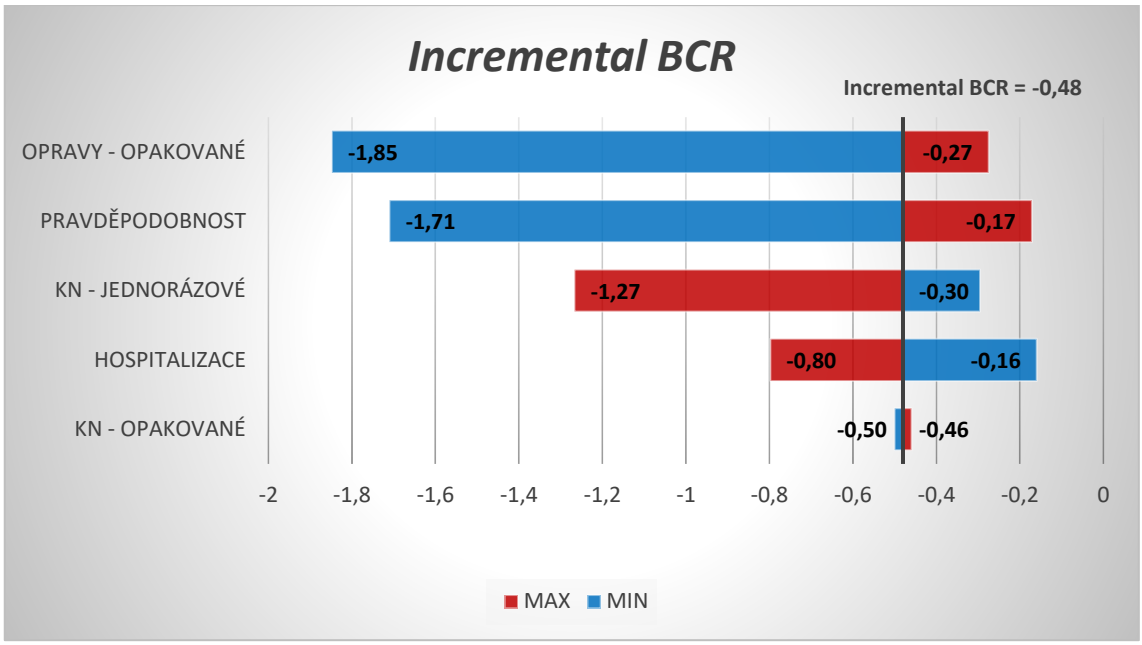
by se pravděpodobnost zamezení riziku infekce snížila na hodnotu 90 %, bude čistý současný přínos roven 4 754,6 Kč. Změna oproti původní hodnotě *NPV* je 2 160 Kč. Tudíž snížení pravděpodobnosti zamezení rizika infekce opakovaně použitelných bronchoskopů vede ke zvýšení čistého současného přínosu (*NPV*) jednorázových bronchoskopů o 2 160 Kč na jeden výkon oproti výchozí hodnotě 2 594,6 Kč. Inkrementální ukazatel by se změnil na hodnotu -1,71 oproti -0,48, což potvrzuje výhodnost jednorázových bronchoskopů.

Pokud by se zvýšily náklady na opravy opakovaně použitelných bronchoskopů o 20 %, zvýšil by se také čistý současný přínos jednorázových bronchoskopů oproti své původní hodnotě o 1 300 Kč. Snížení nákladů na opravy by čistý současný přínos jednorázových bronchoskopů snížily na hodnotu 1 294,6 Kč.

Na tornádo diagramu lze vidět, že změna jakéhokoliv ze zvolených parametrů nevyvolá změnu v *NPV* takovou, aby se hodnoty dostaly do záporných čísel, které by naznačovaly výhodnost opakovaně použitelných bronchoskopů. Stejně tak inkrementální parametr *BCR* při jakékoliv změně vstupních hodnot vychází v záporných hodnotách. Lze tedy konstatovat, že jednorázové bronchoskopy zůstávají při veškerých uvažovaných změnách jednoznačně výhodnější. Výše popisované hodnoty jsou uvedeny v následujících grafech (Graf 5.9 a Graf 5.10), kde KN – jednorázové znamená kapitálové náklady jednorázových bronchoskopů a KN – opakované znamená kapitálové náklady na opakovaně použitelné bronchoskopy.



Graf 5.9: Tornádo graf pro *NPV*



Graf 5.10: Tornádo graf pro *Incremental BCR*

6 Diskuze

Pro ekonomicko-klinické hodnocení zdravotnických technologií slouží mnoho nástrojů. Nejpoužívanějším nástrojem je CEA, která je zaměřena na posouzení účinku sledované intervence na zdraví, obvykle měřený v jednotkách QALY nebo DALY. Zmiňované jednotky jsou však oproštěny od peněžního vyjádření přínosů. Jako vhodný nástroj pro tuto diplomovou práci byla zvolena analýza nákladů a přínosů (CBA). Analýza nákladů a přínosů si z obecného hlediska klade za cíl posoudit dopady politik na celkový blahobyt spíše než pouze na zdraví. Podporuje systematické shromažďování a hodnocení důkazů potřebných k podpoře správných politických, ale také manažerských rozhodnutí. V rámci zdravotnictví pomáhá CBA podat manažerům informaci o tom, zda se sledovaná intervence zařízení finančně vyplatí (s přihlédnutím na její přínosy). Může tak být použita pro optimalizaci investic omezených zdrojů, protože využívá standardní peněžní jednotky. CBA by měla hrát jednu z hlavních rolí v rozhodovacím procesu, ale neměla by být jediným podkladem pro manažerská rozhodnutí. Pro komplexnost by tuto analýzu měly doplnit další metody hodnocení. Tím se však práce nezabývá a v budoucnu bylo by vhodné práci o další metody rozšířit [35].

Jako každá analýza i CBA porovnává sledovanou intervenci s předem stanoveným komparátorem. V případě této práce se jednalo o jednorázové a opakovaně použitelné bronchoskopy. Jednorázové i opakovaně použitelné flexibilní bronchoskopy jsou zdravotnické přístroje, které nemocnice běžně využívají. Pro tuto práci bylo vybráno jedno konkrétní zdravotnické zařízení v České republice, které využívá oba typy těchto bronchoskopů, avšak shledávají základní rozdíly v jejich použití. Z pohledu zdravotnického zařízení lze tyto typy bronchoskopů srovnávat pouze u malých zákroků, jako je například toaleta dýchacích cest, kterou provádí jak za pomoci jednorázových, tak opakovaně použitelných flexibilních bronchoskopů. Opakovaně použitelné bronchoskopy na rozdíl od jednorázových umožňují širší spektrum výkonů nejen diagnostických, ale také léčebných, které pomocí jednorázových bronchoskopů nelze provést. To, jaký typ bronchoskopů bude zdravotnickým zařízením použit, záleží na tom, jaký výkon je požadován.

Odlišnosti v použití jednorázových a opakovaně použitelných flexibilních bronchoskopů vychází z jejich technických parametrů. Vybrané zdravotnické zařízení využívá jednorázové bronchoskopy od jednoho výrobce, který je dodává ve 3 velikostech. Vnější průměr jednorázového bronchoskopu je buď 3,8 mm, 5,0 mm nebo 5,8 mm. U opakovaně použitelného bronchoskopu je průměr roven 5,1 mm. Úhel ohybu u jednorázového bronchoskopu je 180° nahoru i dolů, nebo nahoru 180° a dolů 160°. U opakovaně použitelného bronchoskopu je schopnost ohybu značně odlišná – 210° nahoru a 130° dolů. Průměr distálního konce u jednorázových bronchoskopů je 4,2 mm, 5,4 mm a 6,2 mm. Bronchoskop na opakované použití poskytuje znovu pouze jeden rozměr a to 5,3 mm. Výrazný rozdíl je v hloubce pole bronchoskopů. Jednorázové

bronchoskopy poskytují hloubku pole 6-50 mm, naproti tomu opakovaně použitelný bronchoskop má rozsah pozorování 2-100 mm. Opakovaně použitelný bronchoskop má také větší zorné pole – 120°. Naopak jednorázové bronchoskopy mají zorné pole pouze 85°. Pracovní délka obou typů bronchoskopů je srovnatelná.

Na základně rozdílnosti technických parametrů obou typů bronchoskopů lze vyvodit, že nelze každý bronchoskop použít na jakýkoliv výkon. Záleží na tom, jaký výkon je požadován a jaké parametry bronchoskopu nejvíce odpovídají požadavkům. Vybrané zdravotnické zařízení však i nadále využívá spíše bronchoskopy na opakované použití. Důvodem jsou právě jejich technické parametry, které umožňují provádět širší spektrum výkonů. Současně však má k dispozici i jednorázové bronchoskopy, které brání prodlevám způsobené zejména procesem čištění, a mohou tak optimalizovat načasování bronchoskopických výkonů.

Jednou z důležitých částí CBA je analýza nákladů, která byla v této práci provedena na základě dat získaných od vybraného zdravotnického zařízení. Stejně jako ve studii [2], byla i v této diplomové práci provedena detailní analýza nákladů. Jednalo se o náklady na pořízení kapitálu, opravy, spotřební a jednorázový materiál, servis nebo personální náklady na čištění opakovaně použitelných bronchoskopů. Náklady na jeden výkon byly následně odhadnuty podle průměrného ročního počtu bronchoskopických výkonů. Náklady na použití opakovaně použitelného bronchoskopu byly vypočteny na hodnotu 249 GBP. V přepočtu dle průměrného kurzu GBP/CZK pro rok 2017, kdy byla studie provedena, se jedná o 7 484 Kč. Tato hodnota odpovídá vypočteným nákladům v této diplomové práci, kde náklady na jeden výkon opakovaně použitelnými bronchoskopy pro rok 2021 odpovídá hodnotě 7 218 Kč. V téže studii byly vypočteny také náklady na použití jednorázového bronchoskopu v hodnotě 220 GBP. Tato hodnota odpovídá 6 613 Kč. V této práci byly náklady na použití jednorázového bronchoskopu vypočteny na 5 464 Kč. Srovnávaná studie však uvažuje odlišnou perspektivu, a to perspektivu plátce zdravotní péče ve Spojeném království. Výkon, na který se studie zaměřila, byla tracheální intubace, nikoliv toaleta dýchacích cest [2].

V další podobné studii [3], která byla provedena pro americké JIP v letech 2015 – 2016, byla také provedena analýza nákladů u opakovaně použitelných a jednorázových bronchoskopů. Náklady na použití opakovaně použitelného bronchoskopu byly odhadnuty na 424 USD pro rok 2015. Dle směnného kurzu USD/CZK pro rok 2015 odpovídá tato hodnota 10 430 Kč. Náklady na jednorázový bronchoskop byly odhadnuty na 305 USD, což odpovídá 7 503 Kč. Tyto hodnoty se liší od částek vypočtených v této práci. To může být způsobeno rozdílnými cenami jednotlivých nákladových položek nebo počtem provedených výkonů.

Následující anglická studie [22] týkající se problematiky bronchoskopů byla provedena v roce 2014 na pohotovostním oddělení na operačních sálech. Náklady na jeden výkon intubace pomocí opakovaně použitelného bronchoskopu byly odhadnuty na

329 GBP pro rok 2014. V přepočtu se jedná o 11 224 Kč. Zde dominovaly náklady na opravy a údržbu (43 %) a kapitálové náklady (42 %). V této diplomové práci tvořily největší podíl náklady na opravy (71,6 %). Náklady na pořízení v této práci tvořily pouze 4,1 %. Ve studii ale nebyly uvažovány náklady na provoz, které v diplomové práci tvoří 20,4 %. Jednorázové bronchoskopy odpovídaly částce 200 GBP při použití, což je v přepočtu 6 823 Kč. Tato hodnota zhruba odpovídá částce pro jednorázový bronchoskop v této diplomové práci.

Průměrné náklady na spotřebu kapitálu u opakovaně použitelných bronchoskopů napříč všemi nástroji odpovídá ve studii [22] částce 22 772 GBP. V přepočtu dle směnného kurzu pro rok 2014 se jedná o 777 983. V této práci pro rok 2021 se jedná o hodnotu 852 042 Kč. Roční náklady na opravy byly 19 927 GBP, což je 680 786 Kč. Položka nákladů je v této práci daleko vyšší, ročně se jedná o 14 950 000 Kč. Tento rozdíl může být způsoben odlišným počtem provedených výkonů. Náklady na sterilizaci a dezinfekci za rok byly odhadnuty na 2 153 GBP, tedy 73 555 Kč. V této práci se jedná o 180 857 Kč. Hodnota je odlišná z důvodu vyššího počtu provedených čištění.

Dalším krokem při sestavování CBA byla analýza přínosů. Zamezení riziku infekce je hlavním přínosem jednorázových bronchoskopů. Opakovaně použitelné bronchoskopy jsou z důvodu nutnosti čištění spojovány s určitým procentem rizika. Pravděpodobnost kontaminace a následné infekce pacienta se napříč zdroji liší. Například studie [3], která byla provedena pro americké JIP, spojuje opakovaně použitelné bronchoskopy s pravděpodobností vzniku infekce 0,7 %. Tato diplomová práce vychází ze studie [2], kde pracují s rizikem infekce 2,8 %. Odhad této studie je přesnější díky tomu, že nevyužívá data pouze z JIP, ale zaměřila se na různé infekce spojené s bronchoskopií obecně. Data byla získána z mezinárodních zařízení s více než 2 300 pacienty, kteří podstoupili zhruba 3 100 různých výkonů. Na JIP je také kladen vyšší důraz na sterilitu, čímž může dojít ke snížení rizika vzniku infekce. Tato práce ale není zaměřena pouze na JIP, a proto je uvažována vyšší pravděpodobnost vzniku infekce.

Nicméně je nutné zdůraznit, že neexistují přímé důkazy prokazující kontaminaci nebo infekci způsobenou opakovaně použitelnými bronchoskopy, jelikož infekce je multifaktoriální onemocnění. I přesto bronchoskopická vyšetření prostřednictvím opakovaně použitelných bronchoskopů mohou být jedním z faktorů, který vznik infekce podpoří. Nejčastější infekcí je pneumonie, která byla uvažována i v této práci [2; 3].

Značnou nevýhodou opakovaně použitelných bronchoskopů je zejména jejich časová dostupnost. Zdravotnické zařízení musí mít vždy připraven náhradní bronchoskop pro případ neočekávaných událostí, např. výpadek bronchoskopu. Také by mělo být počítáno s tím, že bronchoskop musí po použití projít procesem dezinfekce. Z tohoto důvodu by měly být připraveny další bronchoskopy na opakované použití, které může zdravotnické zařízení přímo použít. Vhodným řešením by v tomto případě mohly být jednorázové bronchoskopy, které by pokryly výpadek opakovaně použitelných bronchoskopů v době

čištění. Opakovaně použitelné bronchoskopy se také dlouhodobým a opakovaným používáním opotřebovávají, čímž může docházet k poklesu jejich výkonnosti. Proto by měl být přístroj v pravidelných intervalech kontrolován specialistou.

Problémem jednorázových bronchoskopů je zejména to, že zdravotnické zařízení jich musí mít stále k dispozici dostatečný počet. Na rozdíl od opakovaně použitelných bronchoskopů musí zdravotnické zařízení plánovat, kolik výkonů se provede a podle toho řídit své skladové zásoby tak, aby nedošlo k nedostatku bronchoskopů a následnému omezení poskytování zdravotních služeb. V případě, že by zařízení využívalo pouze jednorázové bronchoskopy a nemělo by k dispozici dostatečné množství bronchoskopů, nebylo by možné výkon provést. U opakovaně použitelných bronchoskopu, za předpokladu správného nastavení procesů (provedení výkonu, čištění, sušení a skladování), by tento problém nenastal a byl by vždy na oddělení k dispozici.

Jednorázové bronchoskopy se tedy využívají zejména na JIP, jelikož poskytují kratší dobu přípravy před výkonem než opakovaně použitelné bronchoskopy. Rychlé použití je důležité především u pacientů s akutními obtížemi dýchacích cest. V singapurské studii byla doba přípravy odhadnuta u jednorázových bronchoskopů na 10 minut, zatímco u opakovaně použitelných bronchoskopů na 66 minut [7]. Samotné zdravotnické zařízení uvádí rychlejší použití u jednorázových bronchoskopů, které jsou ihned k dispozici. Není nutné čekat, než bronchoskop projde procesem dezinfekce. Jednorázové bronchoskopy lze také velmi snadno přenášet a personál nemusí nastavovat bronchoskopickou věž. Dochází tak ke značné úspoře času [2; 8].

Jak už bylo několikrát zmíněno, nevýhodou opakovaně použitelných bronchoskopů je nutnost čištění a dezinfekce, což zvyšuje nejenom náklady, ale také nároky na vybavení a personál. Nejpozději do 1 hodiny po dokončení výkonu je nutné začít s manuálním čištěním bronchoskopu, jinak by mohlo dojít k ulpívání zbytků v samotném zařízení. To by mohlo vést ke snížení účinnosti dezinfekce, čímž by se zvyšovalo následné riziko infekce. Na čištění bronchoskopů jsou kladeny vysoké nároky, protože se jedná o endoskop, který je velmi citlivý na teplo a nemůže odolávat vysokým teplotám. Z tohoto důvody nelze provádět parní sterilizaci.

Riziko možné infekce se zvyšuje taktéž s nedostatečným a nesprávným skladováním a sušením opakovaně použitelných bronchoskopů. Po dezinfekci by měly být endoskopy vysušeny a uskladněny v sušící skříni. Doporučováno je uskladnění v přímé poloze tak, aby bronchoskopy nebyly ohnuté. Výrobce uvádí nutnost znovu endoskop dezinfikovat, pokud není použit nebo vysušen do dvou hodin po dokončení procesu mytí a dezinfekce. Pokud je bronchoskop uskladněn ve skladovací skříni déle než 30 dnů, je nutné bronchoskop znovu sterilizovat. To všechno ovlivňuje časovou dostupnost opakovaně použitelných bronchoskopů.

V samotném návodu na použití opakovaně použitelných bronchoskopů je uvedeno omezení použití u pacientů s Creutzfeldt-Jakobovou nemocí. U pacientů trpící tímto

onemocněním je možné bronchoskop použít výhradně pro tohoto pacienta nebo je nutné po použití výrobek zlikvidovat. Důvodem jsou metody čištění, dezinfekce a sterilizace bronchoskopu, které nemohou odstranit původce Creutzfeldtovy-Jakobovy nemoci. Pokud by byl bronchoskop vyčištěn, vydezinfikován a následně použit u jiného pacienta, může být zdrojem případné infekce.

Nevýhoda jednorázových bronchoskopů spočívá právě v jejich jednorázovosti. Bronchoskop musí být po každém provedeném výkonu zlikvidován. Vzhledem k tomu, že se bronchoskopy likvidují jako nebezpečný infekční odpad, náklady na likvidaci jsou vyšší než u běžného komunálního odpadu. Při velkém počtu výkonů, a tedy velkém množství odpadu, by byly náklady na likvidaci vysoké. U opakovaně použitelných bronchoskopů k jejich likvidaci po výkonu nedochází.

U veškerých jednorázových endoskopů, tedy i bronchoskopů, je nutné určit jejich environmentální dopad. Změna klimatu je v současné době považována za jednu z největších hrozeb 21. století. Je odhadováno, že globální zdravotnický průmysl je odpovědný za 4,4 % celosvětových emisí. Největším producentem skleníkových plynů ve zdravotnictví jsou Spojené státy americké, které produkují 27 % celkové stopy v oblasti zdravotnictví. Bylo odhadnuto, že odpad vyprodukovaný během veškerých endoskopických výkonů by zaplnil 980 rodinných domů. Pokud by byly výkony prováděny pouze jednorázovými endoskopy, jednalo by se o 185 rodinných domů ročně více. Značný vliv na množství vyprodukovaných emisí může mít také lokalizace výroby. Výrobek vyrobený v Evropě by měl potenciálně menší stopu CO_2 než v jiných místech výroby, protože má vyšší podíl vodní a jaderné energie. Například Malajsie, kam je umístěna výroba některých endoskopů, využívá převážně neobnovitelná fosilní paliva jako je uhlí a zemní plyn. Největší dopad na životní prostředí má výroba samotných endoskopů, ale více diskutovaná a viditelná oblast je jejich likvidace. Ambu, který je jedním z největších výrobců jednorázových bronchoskopů, uvádí, že 10 % elektřiny je generováno solárními panely. Snaží se také podpořit recyklaci vzniklého odpadu. K recyklaci je však využita velmi malá část [45].

Tématem likvidace a jejím negativním dopadem na životní prostřední se zabývala studie [27], která porovnávala ekvivalent CO_2 v rámci emise skleníkových plynů a spotřebu zdrojů u jednorázových a opakovaně použitelných bronchoskopů. U opakovaně použitelných bronchoskopů jsou zátěží vysoké standardy na postupy dezinfekce a nárůst osobních ochranných pomůcek [27].

Na konci své životnosti jsou jednorázové bronchoskopy buď skládkovány nebo spáleny. Současná legislativa neumožňuje provádět recyklaci materiálu bronchoskopů. Jednou z možností, jak ulehčit životnímu prostředí by byla možnost recyklace tohoto materiálu, recyklovat však lze pouze obalový materiál, ve kterém se bronchoskopy dodávají, dodané papíry nebo lepenky [27].

Při spalování je však možné využívat energetického zisku. Při spálení jednorázového bronchoskopu Ambu aScope 4 lze získat 6 % energie. Současně je generováno 21 % ekvivalentů CO_2. Recyklace obalových materiálů generuje 20 % energie a 1 % ekvivalentů CO_2. Pro lepší představu lze uvést příklad, kdy likvidace jednoho jednorázového bronchoskopu odpovídá likvidaci 349 g domácího odpadu a množství vyprodukovaného CO_2 při likvidaci odpovídá cestě mezi Las Angeles a New York City [27; 28].

Značné výhody jednorázových bronchoskopů se prokázaly během posledních let v souvislosti s respiračním onemocněním coronaviru SARS-CoV-2. Bronchoskopická vyšetření jsou z pohledu přenosu viru velmi riziková. Během výkonu vzniká riziko přenosu viru jak na pacienty, tak na personál. Na počátku pandemie, kdy bylo toto onemocnění považováno za velmi rizikové, bylo doporučováno, aby pacienti s potvrzeným onemocnění COVID-19 nepodstupovali bronchoskopická vyšetření. Stejně tak nebylo doporučováno u intubovaných pacientů s podezřením nebo potvrzeným onemocněním COVID-19 provádět rutinní plicní toaletu pomocí bronchoskopie. V případě, kdy bylo nutné výkon provést, byly namísto opakovaně použitelných bronchoskopů doporučovány spíše jednorázové bronchoskopy. Díky nim bylo sníženo riziko přenosu infekce. Příčinou přenosu viru je především nedostatečná dezinfekce opakovaně použitelných bronchoskopů. Virus SARS-CoV-2 má odolnější obalovou strukturu než běžně se vyskytující viry. Díky této struktuře je virus mnohem odolnější vůči dezinfekcím. U zdravotnického personálu je také nutné dodržovat všechna nastavená opatření, jako je používání osobních ochranných pomůcek během výkonu, zásady správného čištění bronchoskopu a správné manipulace se vzorky. Pokud jsou tato opatření dodržována, je riziko infekce personálu minimální. V současnosti již onemocnění COVID-19 není považováno za tak nebezpečné, jako tomu bylo na počátku pandemie. Přesto je i nyní vhodnější u pacientů s COVID-19 použít jednorázové bronchoskopy [6; 8; 25].

Problémem v České republice je vykazování jednorázových bronchoskopů zdravotním pojišťovnám. Ošetření jednorázovým bronchoskopem není možné samostatně vykázat na pojišťovnu jako zvlášť účtovaný materiál (ZUM). Zdravotnické zařízení proto zahrnuje ošetření jednorázovým bronchoskopem do ošetřovacího dne. Výkon, který se v souvislosti s použitím jednorázového bronchoskopu vykazuje, nezahrnuje cenu bronchoskopu, tudíž celková cena za výkon je nižší než náklady na výkon. Toto velmi zatěžuje hospodaření samotné kliniky. Aby bylo možné jednorázové bronchoskopy vykazovat, bylo by nutné přihlásit se na VZP, zažádat o úhradu a vytvořit nový výkon. Jedná se o velmi zdlouhavý proces, který však zdravotnické zařízení v současné době projednává s odbornou plicní společností.

V případě opakovaně použitelných flexibilních bronchoskopů je vykazování mnohem jednodušší. Ve spojitosti s flexibilními opakovaně použitelnými bronchoskopy lze vykázat několik výkonů. Jedná se buď o urgentní flexibilní bronchoskopii

s terapeutickým záměrem (25099) nebo flexibilní bronchoskopii diagnostickou nebo terapeutickou včetně premedikace (25113). Toaleta dutiny ústní a dýchacích cest je obsahem právě výkonu číslo 25113. Tento výkon může provádět lékař odbornosti 215. Jedná se o odbornost pneumologie a ftizeologie – skupina 1. Výkon je omezen místem, lze ho provádět pouze na specializovaném pracovišti, jako je endoskopické pracoviště nebo JIP, a za těchto podmínek je hrazen plně. Zvlášť se vykazuje použitá anestezie, která není zahrnuta ve výkonu 25113, avšak součástí tohoto výkonu je premedikace. Bodová hodnota celého výkonu je vypočtena na 1469 bodu. Na základě úhradové vyhlášky, kde je uvedena hodnota bodu pro tyto výkonu 1,1, lze vypočítat, že úhrada za tento výkon je 1615,9 Kč. Anestezie před bronchoskopií, která se vykazuje samostatně, je výkon číslo 25110. Tento výkon je prováděn lékařem odbornosti 205. Výkon může být provádět bez omezení a je hrazen plně. Tento výkon je ohodnocen 198 body. Hodnota bodu je v tomto případě rovna 1,11 Kč, tedy úhrada je 219,78 Kč [18; 19].

Nejčastěji zmiňovanou komplikací u opakovaně použitelných bronchoskopů je přenos infekce. Riziko přenosu této infekce je vyšší nežli u jednorázových bronchoskopů. Na základě literární rešerše a rozhorů s lékaři, je nejčastěji řešen problém pneumonie. Tato diagnóza je podle Klasifikačního systému CZ-DRG 5.0 revize 1 klasifikovaná jako J189 – Pneumonie NS. Průměrná délka hospitalizačního případu je 8 dní. Tato doba se však pohybuje od 3 do 15 dní. Vybrané zdravotnické zařízení pacienta hospitalizuje v průměru na 3 dny. Průměrné přímé náklady jsou uváděny 1 485 Kč. Samotné zdravotnické zařízení uvádí náklady na jeden den hospitalizace pacienta s pneumonií na lůžku na 10 000 Kč na den. Předpokládá se, že pacient nemá žádné jiné komplikace. V přepočtu na 3 hospitalizační dny se jedná o 30 000 Kč. Tyto náklady zdravotnického jsou výrazně vyšší než uváděné v CZ-DRG, což je způsobené zejména drahými laboratorními vyšetřeními. U diagnózy J189 se následně vykazují výkony jako je 25133 (Flexibilní bronchoskopie diagnostická nebo terapeutická včetně premedikace), 25114 (Autofluorescenční endoskopie) a 25123 (Instilace léčebných a diagnostických přípravků do dolních dýchacích cest) [46].

Nákladově efektivní jsou jednorázové bronchoskopy zejména pro JIP nebo pro zařízení s nižším počtem provedených výkonů. Vybrané zdravotnické zařízení potvrzuje použití jednorázových bronchoskopů spíše na JIP, kde počet provedených výkonů je nižší. Pokud je provedených výkonů velmi málo, nevyplatí se oddělení nebo zdravotnickému zařízení vynakládat finanční prostředky na údržbu a servis, čištění bronchoskopu atd. I přes to, že je bronchoskop vyčištěn a uskladněn ve skladovací skříni, při dlouhodobém nepoužití musí bronchoskop před výkonem znovu projít procesem čištění. Proto je tento typ bronchoskopu vhodnější pro zařízení, kde je vyšší počet výkonů [2; 5; 8]. Ideální situace by byla v případě, kdy by oba typy bronchoskopů byly kombinovány a zdravotnická zařízení by nedisponovala pouze jedním typem bronchoskopů [2]. Tento kombinovaný způsob je zaveden také ve vybraném zdravotnickém zařízení, kde primárně využívají opakovaně použitelné bronchoskopy

z důvodu jejich širšího použití, ale disponují také jednorázovými bronchoskopy, které využívají v případě nutnosti rychlého použití či u menších výkonů.

Limitací této práce může být opomenutí některých z nákladových položek, protože je velmi obtížné odhadnout celkové náklady na provoz bronchoskopů a potřebného vybavení. Je zde mnoho faktorů, jako je třeba voda, elektřina, školení personálu atd., které je velmi obtížné přesně vyčíslit. Tyto hodnoty by však příliš velké změny nepřinesly, protože by došlo ke zvýšení nákladů spíše u opakovaně použitelných bronchoskopů, což by potvrdilo výhodnost jednorázových bronchoskopů. To potvrdila také analýza senzitivity.

Dalším omezením této práce je, že pravděpodobnost vzniku infekce (a následně pravděpodobnost zamezení riziku infekce) byla převzata ze zahraniční literatury. Bylo by vhodné provést dlouhodobější studii v České republice pro sledování výskytu infekce u bronchoskopických výkonů, popřípadě u výkonů plicní toalety. Je však nutné neustále brát v úvahu, že infekce vzniká až po určité době po samotném výkonu a nelze tak spolehlivě určit, že příčinou infekce je provedení bronchoskopického výkonu. Toto by však nebylo možné v rámci této práce obsáhnout. Z důvodu volby časového horizontu v práci také není uvažováno diskontování, které by mohlo ovlivnit vstupní náklady.

Tato práce potvrdila výsledky jiných zahraničních studií – tedy že jednorázové bronchoskopy jsou méně nákladné a snižují pravděpodobnost rizika infekce. Tím se snižují také náklady na hospitalizaci pacienta v případě infekce a pro zdravotnické zařízení se zdají být přínosnější. Měla by však být provedena další studie, která by se zaměřila na smíšené použití sledovaných alternativ.

7 Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo provést ekonomicko-klinické zhodnocení jednorázových bronchoskopů u toalety dýchacích cest. V úvodu práce byla provedena důkladná literární rešerše, na základě které byly uvedeny přínosy a rizika jednorázových a opakovaně použitelných bronchoskopů, jejich nákladovost a následně jejich výhody a nevýhody. Na základě literární rešerše lze konstatovat, že jednorázové bronchoskopy jsou oproti opakovaně použitelným bronchoskopům méně nákladné a snižují riziko infekce.

Pro naplnění hlavního cíle práce byla jako vhodná metoda ekonomiko-klinického hodnocení zvolena CBA. V praktické části byla uvažována perspektiva zdravotnického zařízení. Pro získání nákladových dat bylo nutné navázat spolupráci s vybraným zdravotnickým zařízením v České republice, které poskytlo veškeré materiály a účetní výkazy potřebné pro kalkulaci. Rozhodovací strom a pravděpodobnosti pro výpočet přínosů byly převzaty z literatury [2].

Výsledky práce potvrzují, že jednorázové bronchoskopy jsou oproti opakovaně použitelným bronchoskopům méně nákladné a současně snižují riziko infekce. Čistým současným přínosem jednorázových bronchoskopů je úspora 2 594 Kč na jeden výkon plicní toalety oproti komparátoru. Hodnota inkrementálního poměru nákladů a přínosů je -0,48. Tato hodnota vypovídá o vhodnosti použití jednorázových bronchoskopů.

Výsledky práce byly podrobeny jednocestné analýze citlivosti, kde bylo zjišťováno, které parametry mají největší vliv na hodnotu *NPV* a *Incremental BCR*. Bylo prokázáno, že největší vliv na tyto ukazatele má pravděpodobnost zamezení riziku infekce u opakovaně použitelných bronchoskopů a následně náklady na opravy opakovaně použitelných bronchoskopů. Výsledky analýzy senzitivity však prokazují, že jakákoliv uvažovaná změna hodnot vstupních parametrů nezpůsobí změny ve vnímání jednorázových bronchoskopů. Tedy jednorázové bronchoskopy stále vykazují nižší nákladovost a vyšší přínosnost než opakovaně použitelné bronchoskopy.

Na základě výše zmíněných výsledků lze konstatovat, že práce splnila stanovené zadání i cíle. I přes to má práce několik limitací, které je nutné brát v úvahu. Bylo by vhodné tuto analýzu provést i pro další zdravotnická zařízení a jednotlivá oddělení. Do budoucna by bylo vhodné tuto analýzu rozšířit o další metody hodnocení, které by zvýšily konzistentnost a vypovídající hodnotu výsledku. Je nutné zohlednit také environmentální hledisko, protože jednorázové bronchoskopy mohou vyvolávat negativní dopad na životní prostředí.

Seznam použité literatury

[1] PARADIS, Tyler, Jennifer DIXON a Brandon TIEU. The role of bronchoscopy in the diagnosis of airway disease. *Journal of Thoracic Disease*. 2016, **8**(12), 3826-3837. ISSN 20721439. Dostupné z: doi:10.21037/jtd.2016.12.68

[2] MOURITSEN, J., L. EHLERS, J. KOVALEVA, I. AHMAD a K. EL-BOGHDADLY. A systematic review and cost effectiveness analysis of reusable vs. single-use flexible bronchoscopes. *Anaesthesia* [online]. 2020, **75**(4), 529-540 [cit. 2022-05-16]. ISSN 0003-2409. Dostupné z: doi:10.1111/anae.14891

[3] TERJESEN, Christoffer, Julia KOVALEVA a Lars EHLERS. Early Assessment of the Likely Cost Effectiveness of Single-Use Flexible Video Bronchoscopes. *PharmacoEconomics - Open*. 2017, **1**(2), 133-141. ISSN 2509-4262. Dostupné z: doi:10.1007/s41669-017-0012-9

[4] KOVALEVA, Julia, Frans PETERS, Henny VAN DER MEI a John DEGENER. Transmission of Infection by Flexible Gastrointestinal Endoscopy and Bronchoscopy. *Clinical Microbiology Reviews* [online]. 2013, **26**(2), 231-254 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0893-8512. Dostupné z: doi:10.1128/CMR.00085-12

[5] LIU, LiHua, Momen WAHIDI, Kamran MAHMOOD, Coral GIOVACCHINI, Scott SHOFER a George CHENG. Operator Perception of a Single-Use Flexible Bronchoscope: Comparison With Current Standard Bronchoscopes. *Respiratory Care* [online]. 2020, **65**(11), 1655-1662 [cit. 2022-04-07]. ISSN 0020-1324. Dostupné z: doi:10.4187/respcare.07574

[6] PRITCHETT, Michael, Catherine OBERG, Adam BELANGER et al. Society for Advanced Bronchoscopy Consensus Statement and Guidelines for bronchoscopy and airway management amid the COVID-19 pandemic. *Journal of Thoracic Disease* [online]. 2020, **12**(5), 1781-1798 [cit. 2022-05-13]. ISSN 20721439. Dostupné z: doi:10.21037/jtd.2020.04.32

[7] HO, Elliot, Ajay WAGH, Kyle HOGARTH a Septimiu MURGU. Single-Use and Reusable Flexible Bronchoscopes in Pulmonary and Critical Care Medicine. *Diagnostics* [online]. 2022, **12**(1) [cit. 2022-05-18]. ISSN 2075-4418. Dostupné z: doi:10.3390/diagnostics12010174

[8] BARRON, Sarah a Marcus KENNEDY. Single-Use (Disposable) Flexible Bronchoscopes: The Future of Bronchoscopy?. *Advances in Therapy* [online]. 2020, **37**(11), 4538-4548 [cit. 2022-04-08]. ISSN 0741-238X. Dostupné z: doi:10.1007/s12325-020-01495-8

[9] KLENER, Pavel. *Vnitřní lékařství*. 4., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-705-9.

[10] DOSTÁL, Pavel. *Základy umělé plicní ventilace*. 4. rozšířené vydání. Praha: Maxdorf, 2018. Jessenius. ISBN 978-80-7345-562-0.

[11] MAĎAR, Rastislav, Renata PODSTATOVÁ a Jarmila ŘEHOŘOVÁ. *Prevence nozokomiálních nákaz v klinické praxi*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1673-9.

[12] FREI, Jiří. *Akutní stavy pro nelékaře*. 1. vydání. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, Vydavatelství, 2015. ISBN 978-80-261-0498-8.

[13] NOVÁKOVÁ, Iva. *Ošetřovatelství ve vybraných oborech: dermatovenerologie, oftalmologie, ORL, stomatologie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-3422-4.

[14] ČESKÁ REPUBLIKA. Národní ošetřovatelský postup odsávání dýchacích cest. In: *Věstník MZČR*. 2020, částka 5, s. 20-25. Dostupné také z: https://www.mzcr.cz/wp-content/uploads/wepub/19099/41057/Vestnik%20MZ_5-2020.pdf

[15] KLIMEŠOVÁ, Lenka a Jiří KLIMEŠ. *Umělá plicní ventilace*. Vyd. 1. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011. ISBN 978-80-7013-538-9.

[16] ŠEVČÍK, Pavel a Martin MATĚJOVIČ, ed. *Intenzivní medicína*. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Galén, 2014. ISBN 978-80-7492-066-0.

[17] MAREL, M. a J. VOTRUBA. Bronchoscopy in the Czech Republic in the past 45 years and the state in 2020. *Bratislava Medical Journal* [online]. 2021, **123**(01), 66-71 [cit. 2022-04-06]. ISSN 1336-0345. Dostupné z: doi:10.4149/BLL_2022_011

[18] *Seznam zdravotních výkonů* [online]. MZČR, 2016 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://szv.mzcr.cz/Vykon?nazevvykonu=flexibiln%C3%AD%20bronchoskopie&odbornost=&aktivni=true#&cislovykonu=

[19] *VZP: Zdravotní výkony* [online]. 2022 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://www.vzp.cz/poskytovatele/ciselniky/zdravotni-vykony

[20] KRIEGE, Marc, Jan DALBERG, Brendan MCGRATH et al. Evaluation of intubation and intensive care use of the new Ambu® aScope™ 4 broncho and Ambu® aView™ compared to a customary flexible endoscope a multicentre prospective, non-interventional study. *Trends in Anaesthesia and Critical Care* [online]. 2020, **31**, 35-41 [cit. 2022-05-29]. ISSN 22108440. Dostupné z: doi:10.1016/j.tacc.2020.02.001

[21] SOHRT, Anne, Lars EHLERS, Flemming UDSEN, Anders MæRKEDAHL a Brendan MCGRATH. Cost Comparison of Single-Use Versus Reusable Bronchoscopes Used for Percutaneous Dilatational Tracheostomy. *PharmacoEconomics - Open* [online]. 2019, **3**(2), 189-195 [cit. 2022-05-01]. ISSN 2509-4262. Dostupné z: doi:10.1007/s41669-018-0091-2

[22] MCCAHON, R. a D. WHYNES. Cost comparison of re-usable and single-use fibrescopes in a large English teaching hospital. *Anaesthesia* [online]. 2015, **70**(6), 699-706 [cit. 2022-05-23]. ISSN 00032409. Dostupné z: doi:10.1111/anae.13011

[23] MEHTA, Atul a Lawrence MUSCARELLA. Bronchoscope-Related "Superbug" Infections. *Chest* [online]. 2020, **157**(2), 454-469 [cit. 2022-05-22]. ISSN 00123692. Dostupné z: doi:10.1016/j.chest.2019.08.003

[24] Ambu A/S. In: *Pulmonology: Environmental impact* [online]. Denkmark: Ambu A/S, 2022 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: https://www.ambu.com/endoscopy/pulmonology/environmental-impact

[25] BIONDINI, Davide, Marco DAMIN, Martina BONIFAZI et al. The Role of Bronchoscopy in the Diagnosis and Management of Patients with SARS-Cov-2 Infection. *Diagnostics* [online]. 2021, **11**(10) [cit. 2022-05-18]. ISSN 2075-4418. Dostupné z: doi:10.3390/diagnostics11101938

[26] GARRETT, JOHN. STERILE, SINGLE-USE BRONCHOSCOPE REDUCES ASSOCIATED READMISSION RATES AND INFECTION RISK: A RETROSPECTIVE CLINICAL ANALYSIS. *Chest* [online]. 2021, **160**(4), 516 [cit. 2022-05-21]. ISSN 00123692. Dostupné z: doi:10.1016/j.chest.2021.07.504

[27] LILHOLT SøRENSEN, Birgitte. Comparative Study on Environmental Impacts of Reusable and Single-Use Bronchoscopes. *American Journal of Environmental Protection* [online]. 2018, **7**(4), 55-62 [cit. 2022-05-21]. ISSN 2328-5680. Dostupné z: doi:10.11648/j.ajep.20180704.11

[28] Ambu A/S. In: *Pulmonology: Infection control in pulmonology* [online]. Denmark: Ambu A/S, 2022 [cit. 2022-05-23]. Dostupné z: https://www.ambu.com/endoscopy/pulmonology/infection-control

[29] COURAUD, S., S. CHAN, V. AVRILLON et al. Comment appliquer les recommandations de bonnes pratiques dans les pays pauvres ? L'exemple de la mise en place d'une unité d'endoscopie bronchique au Cambodge. *Revue de Pneumologie Clinique* [online]. 2013, **69**(5), 244-249 [cit. 2022-05-31]. ISSN 07618417. Dostupné z: doi:10.1016/j.pneumo.2013.04.003

[30] VEAUDOR, Martin, Sébastien COURAUD, Sophors CHAN, Chanraksmey CHOUN, Pisethmorokoth KEO, Virginie AVRILLON, Pierre-Jean SOUQUET a Chanty NY. Implementing flexible bronchoscopy in least developed countries according to international guidelines is feasible and sustainable: example from Phnom-Penh, Cambodia. *BMC Pulmonary Medicine* [online]. 2017, **17**(1) [cit. 2022-05-31]. ISSN 1471-2466. Dostupné z: doi:10.1186/s12890-016-0354-6

[31] TOURAY, SUNKARU, BABOUCARR SANYANG a JAYNE SUTHERLAND. SINGLE-USE FLEXIBLE BRONCHOSCOPY IN A RESOURCE CONSTRAINED SETTING: EXPERIENCE WITH THE AMBU ASCOPE3 IN THE GAMBIA, WEST AFRICA. *Chest* [online]. 2021, **160**(4), 1989 [cit. 2022-05-31]. ISSN 00123692. Dostupné z: doi:10.1016/j.chest.2021.07.1764

[32] ROGALEWICZ, Vladimír a Ivana JUŘIČKOVÁ. *Hodnocení zdravotnických technologií*. Kladno, 2014. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství.

[33] KLIMEŠ, Jiří, Tomáš MLČOCH, Bálint PÁSZTOR et al. *Doporučené postupy pro zdravotně-ekonomická hodnocení v ČR: Česká společnost pro farmakoekonomiku a hodnocení zdravotnických technologií (ČFES)* [online]. In: . [cit. 2022-11-17]. Dostupné z: doi:10.13140/RG.2.2.20561.97123

[34] RAZZOUK, Denise. Cost-Benefit Analysis. In: RAZZOUK, Denise, ed., Denise RAZZOUK. *Mental Health Economics* [online]. Cham: Springer International

Publishing, 2017, s. 55-70 [cit. 2022-11-17]. ISBN 978-3-319-55265-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-55266-8_4

[35] ROBINSON, Lisa, James HAMMITT, Dean JAMISON a Damian WALKER. Conducting Benefit-Cost Analysis in Low- and Middle-Income Countries: Introduction to the Special Issue. *Journal of Benefit-Cost Analysis* [online]. 2019, **10**(1), 1-14 [cit. 2023-03-13]. ISSN 2194-5888. Dostupné z: doi:10.1017/bca.2019.4

[36] SP-CAU-028-W. *Postup pro posuzování analýzy nákladové efektivity*. 5. Praha: Státní ústav pro kontrolu léčiv, 2022.

[37] RAZZOUK, Denise. Methods for Measuring and Estimating Costs. In: RAZZOUK, Denise, ed., Denise RAZZOUK. *Mental Health Economics* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2017, s. 19-33 [cit. 2022-11-17]. ISBN 978-3-319-55265-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-55266-8_2

[38] ESTEVAN, Helena, Bettina SHAEFER a Aure ADELL. Life Cycle Costing. *State of the art report* [online]. ICLEI – Local Governments for Sustainability, European Secretariat [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: https://iclei-europe.org/publications-tools/?c=search&uid=JVTB5WYD

[39] *Life-cycle costing - GPP - Environment - European Commission: Introduction* [online]. [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/environment/gpp/lcc.htm

[40] EUROPEAN COMMISSION, DG ENVIRONMENT. *User Guide to the Life Cycle Costing Tool for Green Public Procurement of Computers and Monitors*. 2019.

[41] VARELA, M. a D. BILLARD. *Life-cycle cost project: Advanced Training for Medical Doctors and Health Workers for the use of modern technology in Uzbekistan*. Tashkent, 2013.

[42] BACCHETTI, Andrea, Stefano BONETTI, Marco PERONA a Nicola SACCANI. Investment and Management Decisions in Aluminium Melting: A Total Cost of Ownership Model and Practical Applications. *Sustainability* [online]. 2018, **10**(9) [cit. 2023-03-13]. ISSN 2071-1050. Dostupné z: doi:10.3390/su10093342

[43] KRÁLÍČKOVÁ, Michaela. *Náklady životního cyklu pro opakovaně použitelná a jednorázová gynekologická zrcadla v Nemocnici Slaný*. Kladno, 2022. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství.

[44] SHERMAN, Jodi, Lewis RAIBLEY a Matthew ECKELMAN. Life Cycle Assessment and Costing Methods for Device Procurement. *Anesthesia & Analgesia* [online]. 2018, **127**(2), 434-443 [cit. 2023-03-13]. ISSN 0003-2999. Dostupné z: doi:10.1213/ANE.0000000000002683

[45] AGRAWAL, Deepak a Zhouwen TANG. Sustainability of Single-Use Endoscopes. *Techniques and Innovations in Gastrointestinal Endoscopy* [online]. 2021, **23**(4), 353-362 [cit. 2023-05-07]. ISSN 25900307. Dostupné z: doi:10.1016/j.tige.2021.06.001

[46] *Klasifikační systém CZ-DRG 5.0 revize 1: Interaktivní klasifikátor (grouper)* [online]. DRG ÚZIS, 2022 [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: https://drg.uzis.cz/klasifikace-pripadu/web/klasifikator/