



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra biomedicínské techniky

**Možnosti využití mobilní aplikace pro pacienty
ambulantní rehabilitační kliniky**

**Possibilities of mobile application for patients of
outpatient rehabilitation clinic**

Diplomová práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika
Studijní obor: Systémová integrace procesů ve zdravotnictví

Autor diplomové práce: Bc. Kristýna Plevová
Vedoucí diplomové práce: Ing. Ivana Kubátová, Ph.D.

Kladno 2019



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Plevová** Jméno: **Kristýna** Osobní číslo: **474949**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra biomedicínské techniky**
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**
Studijní obor: **Systémová integrace procesů ve zdravotnictví**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Možnosti mobilní aplikace pro pacienty ambulantní rehabilitační kliniky

Název diplomové práce anglicky:

Possibilities of mobile application for patients of outpatient rehabilitation clinic

Pokyny pro vypracování:

Cílem diplomové práce je analýza možnosti využití mobilní aplikace pro pacienty ambulantní rehabilitační kliniky. Na základě současného stavu problematiky vytvořte vhodné ukazatele pro hodnocení efektivity využití mobilní aplikace. Nastavte pacientům po artroskopii kolene cvičební plán a kontrolní mechanismy na zjištění efektivity rehabilitace. Pro porovnání proveďte toto hodnocení i u pacientů bez nového cvičebního plánu (bez využití videí). Vypočítejte možné náklady na zavedení mobilní aplikace. Vytvořte analýzu rizik a pomocí nákladové analýzy zhodnoťte využití takové aplikace. Závěrem stanovte její výhody a nevýhody.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Smejkal, V., Rais, K., Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích, Praha: Grada Publishing, 2013, ISBN 978-80-247-4644-9
- [2] Brent, R.J., Cost-benefit Analysis and Health Care Evaluations, Edward Elgar Publishing, USA, 2003, ISBN 1-84064-844-9
- [3] Zvárová, J., Lhotská, L., Příbík, V., Biomedicínská informatika: Data a znalosti v biomedicíně a zdravotnictví, Nakladatelství Karolinum, 2010, ISBN 978-80-246-1805-0

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Ivana Kubátová, Ph.D.

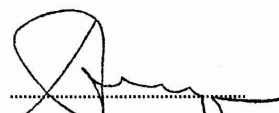
Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Ing. Marie Novotná (vedoucí odd. rehabilitace Fakultní polikliniky VFN v Praze)

Datum zadání diplomové práce: **26.02.2019**

Platnost zadání diplomové práce: **20.09.2020**


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

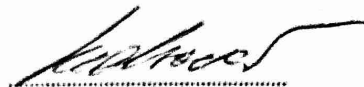

prof. MUDr. Ivan Dylevsky, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student(ka) bere na vědomí, že je povinnen(a) vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

11.4.2009

Datum převzetí zadání



Podpis studenta(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „Možnosti využití mobilní aplikace pro pacienty ambulantní rehabilitační kliniky“ 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 16.5.2019

.....
Bc. Kristýna Plevová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala Ing. Ivaně Kubátové Ph.D. za vedení a cenné připomínky v rámci zpracování mé diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala Ing. Marii Novotné za poskytnuté rady a podporu. V neposlední řadě bych ráda poděkovala celé své rodině a přátelům za psychickou podporu a trpělivost.

ABSTRAKT

Možnosti využití mobilní aplikace pro pacienty ambulantní rehabilitační kliniky

Cílem této diplomové práce bylo provést analýzu možnosti využití mobilní aplikace pro pacienty ambulantní rehabilitační kliniky. V první části práce je popsán současný stav problematiky v České republice i ve světě se zaměřením na mHealth ve fyzioterapii. Následně byla vytvořena instruktážní videa, která sloužila pro podporu domácího cvičení pacientů jako simulování mobilní aplikace. V rámci pilotního testování bylo do studie zařazeno 20 pacientů po artroskopii kolenního kloubu, kteří byli rozděleni do dvou skupin – experimentální a kontrolní. Na základě individuálního terapeutického plánu, kontrolních mechanismů a vyhodnocení dotazníků, byl vypočítán klinický efekt, který byl následně použit jako vstup do analýzy nákladové efektivity. Náklady na vývoj a zavedení mobilní aplikace byly naceněny technologickou firmou. Práce rovněž nabízí odhad nákladů na léčbu pacientů. Analýza, vycházející z dat získaných při měření s pacienty, prokázala vyšší poměr mezi efektem a náklady u varianty využívající mobilní aplikací. Pro ověření stability výsledků byla v závěru diplomové práce vypočítána citlivostní analýza CEA. Na základě výsledků tohoto pilotního výzkumu lze považovat využití mobilní aplikace v rehabilitaci za efektivní a lze předpokládat, že její využití má velký potenciál.

Klíčová slova

Rekonstrukce předního zkříženého vazy, využití videí v rehabilitaci, trénink imaginace, mobilní zdravotní aplikace, eHealth, nákladová efektivita.

ABSTRACT

Possibilities of mobile application for patients of outpatient rehabilitation clinic

The aim of this diploma thesis was to carry out an analysis of the possible use of a mobile application for patients of the outpatient's rehabilitation clinic. In the first part of the thesis the current state of the issue both in the Czech republic and in the world is described, focusing mainly on *mHealth* in physiotherapy. Instructional videos have been created which were used for the support of home exercising to imitate the mobile application. 20 patients after knee arthroscopy were included in the pilot testing; they were divided into two groups: one experimental and one control group. Based on the individual therapeutic treatment plan, control mechanisms and questionnaire analysis, the clinical effect has been worked out, which was used afterwards as an entry of the Cost-Effectiveness Analysis. The costs of the development and introduction of the mobile app have been priced by a technology firm. The cost of the patients' treatment has also been calculated. Based on the analysis, the ratio of the effect to costs was higher in case of the mobile application. To verify the sustainability of results, there has been a sensitivity analysis performed at the end of the thesis. Based on the results of this pilot research the usage of the mobile application can be considered effective and it is possible to assume that its use has great potential.

Keywords

Anterior cruciate ligament reconstruction, modelling in rehabilitation, imagery training, mobile health applications, eHealth, cost effectiveness analysis

Obsah

Seznam symbolů a zkratk.....	9
Úvod	10
Cíle práce	10
1 Současný stav problematiky	11
1.1 Současný stav problematiky v České republice.....	11
1.1.1 Rehabilitace po artroskopických náhradách předního zkříženého vazů ...	11
1.1.2 Funkce aplikací mHealth: z pohledu uživatele	12
1.1.3 Implementace mHealth do oblasti fyzioterapie.....	13
1.2 Současný stav problematiky v zahraničí.....	13
1.2.1 Rekonstrukce předního zkříženého vazů ligamentum cruciatum anterius (LCA) pomocí artroskopické přístupu	14
1.2.2 Rehabilitace po rekonstrukci předního zkříženého vazů za pomoci videa	15
1.2.3 Studie zabývající se porovnáváním dopadu otevřených kinetických řetězců (OKC) a uzavřených kinetických řetězců (CKC) na laxativu rekonstruovaného LCA	15
1.2.4 Studie srovnávající konzervativní a invazivní přístup léčby u LCA z dlouhodobého hlediska	16
1.2.5 Ovlivnění strachu a snížení bolesti po rekonstrukci předního zkříženého vazů během rehabilitace pomocí videí a imaginace	17
1.2.6 Využití evoluce mobilních (mHealth) technologií a aplikací k rehabilitaci	18
1.2.7 Jak mohou mobilní aplikace ovlivnit zdravotní péči	19
2 Metody	24
2.1 Postup současného stavu problematiky.....	24
2.2 Popis průběhu testování pacientů	25
2.3 Analýza nákladové efektivity.....	26
2.4 Analýza rizik	26
2.4.1 FMEA.....	26
2.5 Statistické metody zpracování klinických dat.....	27
2.5.1 Průměr	28
2.5.2 Směrodatná odchylka	28
2.5.3 Medián.....	28
2.5.4 Neparametrický dvouvýběrový Wilcoxonův test.....	28
3 Výsledky	29
3.1 Sběr klinických dat.....	29
3.1.1 Postup testování	30
3.1.2 Rehabilitační program po plastice LCA.....	31
3.1.3 Zobrazení klinických dat.....	31
3.2 Zpracování klinických dat	32
3.3 Statistické zpracování klinických dat	41
3.3.1 Dvouvýběrový Wilcoxonův neparametrický test.....	41
3.3.2 Znění hypotéz.....	41
3.3.3 Statistické zpracování významného efektu	43
3.4 Implementace mobilní aplikace.....	47
3.4.1 Zadání a kritéria pro vytvoření mobilní aplikace	48
3.4.3 Platforma	49
3.4.4 Tým	49
3.4.5 Nákladová data na aplikaci	49

3.4.6	Výsledky nákladů na vytvoření a provoz mobilní aplikace	50
3.5	Léčebné náklady na pacienta po plastice zkříženého vazů.....	51
3.6	Nákladová analýza – CEA	53
3.7	Implementace mechanismů pro bezpečné používání mobilní aplikace..	54
3.7.1	Analýza rizik mobilní aplikace	54
3.7.2	Vymezení pravděpodobnosti výskytu rizika	54
3.7.3	Vymezení dopadu rizik	55
3.7.4	Vymezení rizik postihujících funkčnost mobilní aplikace.....	55
3.7.5	Výsledky analýzy rizik.....	57
3.7.6	Výsledky z analýzy rizik	64
4	Diskuze	65
	Závěr	72
	Seznam použité literatury	73

Seznam symbolů a zkratek

Zkratka	Význam
ADL	Activities of Daily Living
ASK	Artroskopie
BTB	Bone tendo bone
CBA	Cost benefit analysis
CEA	Cost effectiveness analysis
CUA	Cost utility analysis
ČR	Česká republika
DK	Dolní končetina
eHealth	Electronic health
FMEA	Failure mode and effects analysis
FOG	Fast oxidative
GDPR	General Data Protection Regulation
GUI	Graphical user interface
HRQoL	Health related quality of life
HTA	Health technology assessment
IKDC	International knee documentation committee
iMHere	Interactive mobile health and rehabilitation
IT	Informační technologie
KSS	Knee signature systém
LCA	Ligamentum cruciatum anterius
MD	Manday
mHealth	Mobile health
OKC	Open kinetic chain
QALY	Quality adjusted life year
ROM	Range of Motion
SO	Slow oxidative
ST-G	M. semitendinosus a m. gracilis
TEXT-MED	Trial to Examine Text Message for Emergency Department Patients with Diabetes
ÚZIS	Ústav zdravotnické statistiky a informací v Praze
VAS	Vizuální analogová škála
VFN	Všeobecná fakultní nemocnice
VZP	Všeobecná zdravotní pojišťovna
WHO	World Health Organization

Úvod

Tato diplomová práce se zabývá zavedením, využitím a ekonomickým dopadem mobilní aplikace pro pacienty v ambulantních rehabilitačních klinikách v České republice. Pro vymezení a konkretizaci tématu byla vybrána jedna diagnóza, a to stav po artroskopii předního zkříženého vazů. Z důvodu komplexnosti tématu bylo nutné projít a začlenit i studie z různých oblastí. Pro větší kontext je v rámci níže uvedených kapitol shrnut současný stav problematiky jak ve světě, tak i v České republice.

Jedním z klíčových úkolů této diplomové práce je rozebrat danou problematiku ze zdravotnického, ekonomického a technologického pohledu. V rámci těchto oblastí je nezbytné zpracovat novodobé přístupy v rehabilitaci, vyhledat aktuální aplikace používané v daném oboru, a nakonec najít vhodné ekonomické analýzy pro samotné zhodnocení stavu a potenciálu mHealth v českém zdravotnictví.

Další součástí práce je názorná, multimediální ukázka funkčnosti aplikace, a to v podobě instruktážních videí, které učí pacienty cvičit mimo terapie. Tato praktická část může výrazně pomoci při implementaci tohoto moderního nástroje do oblasti fyzioterapie. Požadavky na funkčnost a parametry mobilní aplikace závisí na individuálních potřebách rehabilitačních klinik, které budou mít o mHealth zájem.

Cíle práce

Cílem diplomové práce je analýza možností využití mobilní aplikace pro pacienty ambulantních rehabilitačních klinik v České republice. Na základě současného stavu problematiky dále vyhledat vhodné parametry pro hodnocení efektivity využití mobilní aplikace. Dílčím cílem práce je vytvořit individuální videa jako snadnou podporu pro domácí cvičení pacientů po artroskopii kolenního kloubu, nastavení cvičebního plánu a poté vytvoření mechanismů pro zjištění efektivity rehabilitace. Pro zhodnocení této metody bylo třeba vytvořit experimentální (10 probandů) a kontrolní skupinu pacientů (10 probandů), která rehabilitovala s a bez cvičebního plánu (bez využití videí). Dalším dílčím cílem bylo vypočítání možných nákladů na vývoj a zavedení mobilní aplikace technologickou firmou a porovnání s náklady na léčbu pacientů. Na základě těchto dat byla vytvořena analýza rizik (Failure mode and effects analysis, FMEA) a také nákladová analýza díky níž byla vyhodnocena efektivita takovéto technologie. V závěru práce byly stanoveny klinické a ekonomické výhody a nevýhody mobilní aplikace.

1 Současný stav problematiky

Tato kapitola se věnuje současnému stavu zadané problematiky v České republice a staví ji do širšího kontextu dalších zemí. Specifické zdroje informací, důležité pro tuto práci, vychází z tuzemských i zahraničních online databází (Science direct, EBSCO, MEDline, Physical Review Online (PROLA), SCOPUS, SpringerLink, Web of science), z vědeckých prací a časopisů.

1.1 Současný stav problematiky v České republice

V České republice (ČR) vzniklo již několik studií souvisejících s daným tématem. Nutno dodat, že i přes tento fakt jsou nedostačující a je jich málo. Práce uvedené níže popisují současný stav v oblasti rehabilitační péče a aplikace a využití mHealth v ČR. Pro tuto práci budou využita data převážně z oblasti implementace mHealth v rehabilitační péči v České republice.

1.1.1 Rehabilitace po artroskopických náhradách předního zkříženého vazů

První ze zmíněných prací se zaměřuje na jednotlivé fáze fyzioterapie u pacientů po ruptuře ligamentum cruciatum anterius (LCA). Tato diagnóza se nejčastěji řeší invazivním způsobem, a to operací, nebo konzervativní cestou – dlouhodobou imobilizací. Avšak druhý přístup se nedoporučuje u aktivně žijících lidí z důvodu nebezpečí chronické instability, oslabení svalů a poranění dalších kloubních struktur. Pro obnovu funkce LCA se využívá štep vazů z úponové šlachy semitendinosu nebo z ligamenta (lig.) patellae. Jak studie uvádí, pro dosažení pozitivních výsledků v terapii kolenního kloubu je nutné znát základní anatomické, biomechanické a neurofyziologické faktory, které ovlivňují hojení rekonstruovaného vazů a přispívají k plné funkčnosti operovaného kolenního kloubu.

Autoři studie dále rozpracovávají a porovnávají různé fáze a přístupy v rehabilitaci u pacientů po rekonstrukci předního zkříženého vazů. Nezbytnou součástí je předoperační péče, tedy nácvik chůze pacienta o francouzských holích, ale také vhodná instruktáž o cvičení. Cílem této fáze je pacienta lépe fyzicky a psychicky připravit na plánovanou operaci. V období časně pooperační fáze (1.-2. týden) je cílem rehabilitace snížit otok, postupně zvyšovat zátěž na dolní končetině (DK), eliminovat bolest a zahájit cvičení v uzavřených kinetických řetězcích pro lepší ko-kontrakce svalů v oblasti operovaného kolenního kloubu. Po vytažení stehů je nezbytné zahájit terapii měkkých technik v oblasti jizev po artroskopii (ASK) a mobilizační techniky, které je nutné zacílit na lig. patellae a na tukový polštář pod ním. Poté v pooperační fázi (3.–6. týden) začne

pacient plně zatěžovat operovanou DK a zvyšovat náročnost cviků. Pro zvýšení propriocepce na DK, fyzioterapie využívá metody proprioceptivní neuromuskulární facilitace a senzomotorického cvičení. Při dosažení flexe 90° v kolenním kloubu, se zahajuje cvičení na rotopedu. Zpočátku byla zátěž minimální a s časem se postupně pacientovi přidává, až do hranice, která je dána prvním bolestivým příznakem.

V pozdní pooperační fázi (7.–12. týden) se terapie zaměřuje na zlepšení propriocepce a na zvýšení svalové síly v oblasti kolenních kloubů. Pro nárůst obtížnosti cvičení lze využít balanční platformy, Airex, Bosa a dalších balančních pomůcek (posturomedu, roleru, minitrampolíny atd.). V této fázi rehabilitace je možné začít s nácvikem a korekcí chůze na běžeckém pásu.

V rekonvalescenční fázi (13. týden–6. měsíc) pacient pokračuje ve všech aktivitách, které se během terapie naučil a postupně zahajuje kontaktní sportovní aktivity. Autoři doporučují při sportovních aktivitách používat funkční ortézy kolenního kloubu, a to nejméně do 1 roku od operace. Správně vedená rehabilitace snižuje možnost poškození štěpu a urychluje návrat pacienta do funkční úrovně, kterou měl před zraněním. Autoři ve studii popisují jednotlivé fáze a navrhují jasný pooperační léčebný postup. Výsledky jejich práce slouží jako inspirace pro vlastní rehabilitační plán této diplomové práce.

Steadmana a spol. v závěru tvrdí, že výsledný funkční stav kolenního kloubu se odvíjí od kvality provedené plastiky předního zkríženého vazy. Autoři dále uvádějí, že chyba operační techniky lékaře zvyšuje pravděpodobnost utržení štěpu, a to až v 70–80 % případů. Rehabilitační část tedy tvoří zhruba 30 % z celkového funkčního stavu kolenního kloubu. Při nesprávně vedené terapii nicméně vzniká vyšší riziko poškození štěpu, chronické instability, významného oslabení svalových skupin v oblasti kolenního kloubu a posttraumatické osteoartrózy. [1]

1.1.2 Funkce aplikací mHealth: z pohledu uživatele

Studie od Šmahel at al. se zaměřuje na současný stav mHealth (mobile health) v České republice. Popisuje vztah mezi uživatelem a poskytovatelem služby mHealth. Jak autoři uvádí, na trhu existují tisíce aplikací, které mohou být využity pro prevenci nemocí, udržování zdravého životního stylu, vyhledávání specialistů, psaní předpisů, dodržování zdravotních doporučení, vzdělávání se anebo kontrolu chronických onemocnění jako je například diabetes.

Dalším poznatkem je, že nejvíc se tyto služby využívají v USA, kde si 36 % občanů stáhlo a použilo nějakou aplikaci na podporu zdraví. Tuzemský vývoj se však oproti tomu vyvíjí pozvolna, a to vzhledem k menší velikosti trhu, úzké cílové skupině (která se však rozšiřuje i díky sociálním sítím a trendu zdravého životního stylu) a nízkým investicím do rozvoje tohoto odvětví. [2]

Zhruba 64 % Čechů vlastní mobilní telefon a toto procento každým rokem stoupá. Jedním z dalších důležitých kritérií pro využití mHealth je připojení k internetu.

Podle aktuálních statistik z roku 2018 mělo přes 40 % uživatelů internet v mobilu a z 79 % lidí aktivně vyhledávalo informace o zdravém životním stylu. Není překvapující, že nejčastější vyhledávané aplikace se zaměřovaly na fitness a nutriční poradenství. Vzhledem k tomuto faktu se autoři rozhodli zaměřit se právě na aplikace, které se týkají stravovacích návyků a fitness. Konkrétně se soustředili na sociodemografické a charakteristické vlastnosti uživatelů. Podle Bhargava a Tanghettiho mají aplikace v rámci mHealth deset hlavních funkcí, a to zejména: informační, doporučující, komunikační, měřící, sledovací a motivační. Tyto poznatky mohou být užitečné pro vývojáře softwaru, kteří plánují vytvořit rehabilitační aplikaci.

V rámci zpracování studie, byly zjištěny i negativní vlivy na uživatele aplikace. Autoři zmiňují, že nadměrné cvičení a touha po štíhlé postavě může souviset například i s poruchami příjmu potravy. Je důležité zanalyzovat, které funkce aplikací disponují možnými rizikovými faktory, a hlavně včas rozpoznat problémové zdravotní chování. Na základě těchto zjištění je žádoucí vytvořit kontrolní mechanismy a procesy, které by upozorňovaly lékaře i uživatele na tato rizika.

Chytré telefony a aplikace mohou kontinuálně navázat na práci rehabilitačních pracovníků. Tato levná technologie pacientům poskytne terapeutickou podporu v domácím prostředí. Díky zmíněným argumentům se dá předpokládat, že by se pomocí této technologie mohla snížit doba rekonvalescence, rehabilitace a celkové náklady vynaložené na jejich péči. [3]

1.1.3 Implementace mHealth do oblasti fyzioterapie

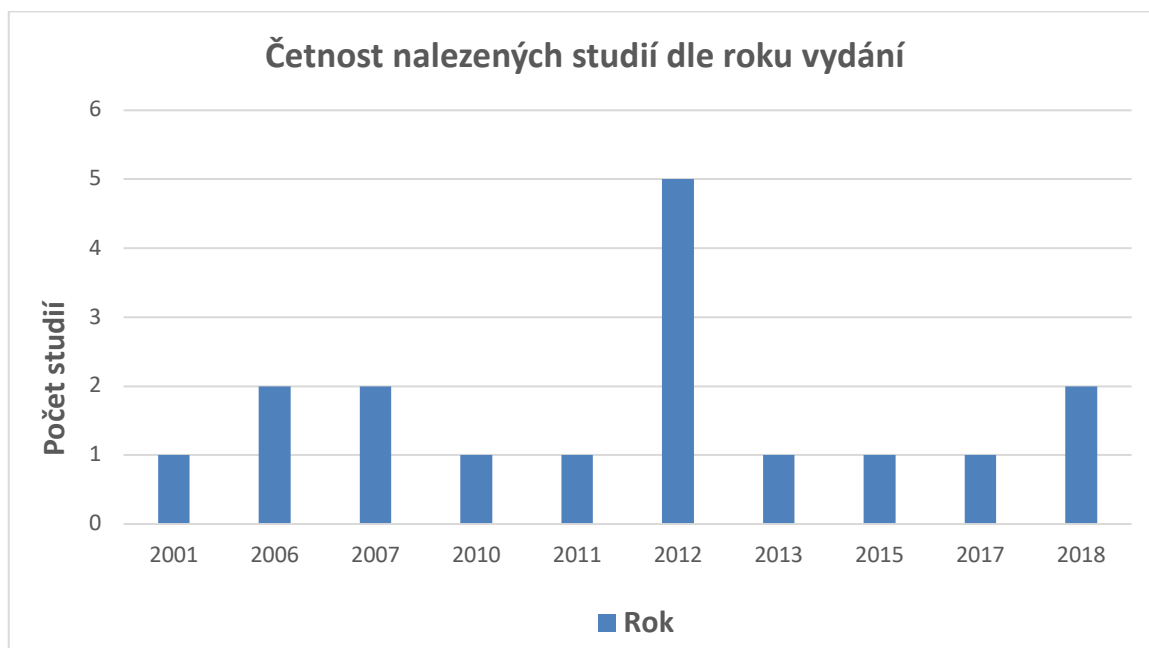
V této bakalářské práci autor analyzoval možnosti využití mHealth ve fyzioterapii. Práce si klade za cíl vyhodnotit jeho procesy a vhodně zpracovat její techniky do rehabilitační péče. Úvod obsáhl definici mHealth a eHealth (electronic health) a jejich vzájemné působení podle World Health organization (WHO). Dále byla autorem zpracována problematika v oblasti legislativy a technologie v České republice a doporučena možná východiska pomocí směrnic z Evropské unie. V závěrečné části práce byly zpracovány výsledky implementace mHealth do oblasti fyzioterapie a doporučeny vhodné inovace pro rehabilitační péči. [4]

V rámci zpracování současné problematiky v České republice byla tato bakalářská práce jedinou vysokoškolskou prací, zabývající se možnostmi využití mHealth v rámci rehabilitace.

1.2 Současný stav problematiky v zahraničí

Následující podkapitola se věnuje několika zahraničním studiím, které popisují danou problematiku. Z důvodu interdisciplinárního pojetí tématu byly vyhledány práce z oblasti mobilních aplikací, psychologie, operačního přístupu, rehabilitace a ekonomie z celého světa. Jednotlivé oblasti jsou detailněji popsány níže.

V rámci této diplomové práce budou získaná data shrnuta a zpracována v přehledu vyhledaných prací. Informace získané ze zahraničí budou využity pro vytvoření rehabilitačního protokolu, testovacího dotazníku, videoinstruktáže.



Obr. 1: Četnost nalezených studií [zdroj: vlastní]

1.2.1 Rekonstrukce předního zkříženého vazů ligamentum cruciatum anterius (LCA) pomocí artroskopické přístupu

Tato práce popisuje možnosti rehabilitačního postupu u pacientů po rekonstrukci LCA pomocí štěpu z patelárního nebo semitendinosového vazů. Snaží se zjistit za jakou dobu od provedení operace je sportovec schopný plné zátěže. Dále zmiňuje, že fyzioterapeutický přístup je velice rozmanitý, a proto neexistuje žádný konsensus rehabilitačního programu. Tato studie si klade za cíl vytvořit optimální rehabilitační protokol, který zefektivní a usnadní léčbu po plastice LCA, a to na základě systematické analýzy dostupných dat. Autoři vyhledali třicet dva rehabilitačních programů, které zahrnuli do své randomizované studie. Všechny programy využívaly jak rehabilitační metody, tak i fyzikální terapii (magnetoterapie, ultrazvuková terapie, elektroterapie, kryoterapie). Na základě vstupních testů z různých studií, které měřily subjektivní i objektivní parametry (bolest, otok, antropometrii svalovou sílu, kloubní rozsah, stabilitu, test schopnosti pohybu po operaci) poté vytvořili testovací arch, díky kterému dokázali, že navržený léčebný postup urychluje rehabilitační péči. Výsledek práce poskytuje standardizovanou metodu hodnocení stavu po plastice LCA a navrhuje tak přesný rehabilitační postup.

Pro potřeby diplomové práce, byla z této studie čerpána především inspirace pro vytvoření vlastního dotazníku hodnocení pooperačního stavu po operacích kolenního

kloubu a dále struktura celého výzkumu. Z výsledků studie je dále patrné, že se jedná o velmi aktuální problematiku, kterou je nutno řešit. [5]

1.2.2 Rehabilitace po rekonstrukci předního zkříženého vazy za pomoci videa

Tato studie bylo vydána v roce 2006 v časopise *Annals of behavioral medicine* a zkoumala vliv instruktážního videa na psychiku člověka v rehabilitaci. V této práci se primárně zaměřili na výzkum bolesti, nervozity (úzkosti) a účinnosti sebemotivace v rehabilitaci. V rehabilitační části zkoumali chůzi s holemi a bez holí, kloubní rozsah (ROM z ang. Range of Motion), pokroky a schopnosti pacientů při cvičení. Probandi byli rozděleni do dvou skupin a byli testováni před operací, poté v druhém a šestém týdnu po operaci. První skupina absolvovala před každou zkouškou videoinstruktáž, kde byla seznámena s pocity a zkušenostmi pacientů, kteří již prošli daným stádiem rehabilitace. Následně proběhlo psychologické a klinické testování a srovnání s druhou (kontrolní) skupinou, která video neviděla. Z práce vyplývá, že díky videoinstruktáži se snížilo vnímání bolesti a úzkosti; a naopak se zvýšila osobní motivace při plnění rehabilitačních úkonů. Zasažená (první) skupina zaznamenala markantní zlepšení v oblasti mobility (chůze s berlemi) v předoperační fázi v porovnání s kontrolní skupinou. Po šesti týdnech od operace se tyto výrazné rozdíly smývají a výsledky obou testovaných skupin se na grafu přibližují. Výsledný stav první skupiny tvoří jen o několik bodů více než druhá (kontrolní) skupina. Podobný průběh byl zaznamenán při testování schopnosti plnit rehabilitační úkony. Záznamy z grafu poukazují na velký počáteční rozdíl obou skupin, nicméně závěrečné testování v šestém týdnu tyto rozdíly znovu snížil na téměř totožné hodnoty. Při testování ROM autoři nezaznamenali výraznější zlepšení. Jedním z důvodů nejasného úspěchu, který popisují autoři ve své práci, je nedostatečná doba zkoumání a nízký počet probandů.

I přes negativní výsledek zkoumaného klinického efektu ROM, lze z této práce využít mnoho vhodných podnětů, které budou využity pro diplomovou práci. [6]

1.2.3 Studie zabývající se porovnáváním dopadu otevřených kinetických řetězců (OKC) a uzavřených kinetických řetězců (CKC) na laxativu rekonstruovaného LCA

Tento britský výzkum z roku 2000 se zabývá možností negativního efektu na laxativu operovaného štěpu v kolenním kloubu a zkoumá, zda může být tento stav způsobený nevhodným rehabilitačním přístupem. Cílem této práce je ověřit, zda otevřené kinetické vzorce mohou negativně zvýšit protažlivost rekonstruovaného zkříženého vazy.

V této randomizované klinické studii byli porovnáváni pacienti, kteří prodělali plastiku LCA, ale nezapočali rehabilitaci. Podmínkou vstupu do studie bylo provedení pasivní flexe v kolenním kloubu 90° a schopnost chůze bez pomůcek. K výpočtu pasivní

laxativy byl použit Knee Signature System (KSS), což je ortopedický standardizovaný přístroj měřící protažlivost vazy při zátěži. Pacientům byl změřen nejdříve zdravý kolenní kloub a poté ho porovnali s operovaným kloubem. Toto měření bylo prováděno druhý a čtvrtý týden po operaci.

Probandi byli rozděleni do dvou skupin. Terapie u první skupiny byla založena na cvicích v otevřených kinematických vzorcích. Druhá podstoupila trénink v uzavřených kinematických vzorcích. Obě skupiny trénovaly stejné svalové partie, ale každá v jiném pohybovém vzorci. Terapie byla v obou případech prováděna třikrát týdně v časové dotaci třicet minut, a to po dobu čtyř týdnů. Každé provedené měření pomocí přístroje KSS bylo podmíněno nastavením stejného časového intervalu a podobnými teplotními podmínkami u obou skupin.

Autoři předpokládali, že skupina, která podstoupí trénink v open kinetic chain (OKC), bude mít zvýšenou laxativu křížového vazy. Nicméně tato studie prokázala, že obava z původní predikce je mylná a nebezpečí zahájení tréninku v otevřených kinematických vzorcích nejsou opodstatněné.

Výsledek této studie bude zohledněn ve výběru vhodných terapeutických cviků, které budou použity pro videoinstruktáž v rámci zpracování praktické části této diplomové práce. [7]

1.2.4 Studie srovnávající konzervativní a invazivní přístup léčby u LCA z dlouhodobého hlediska

Tato studie porovnává výsledný efekt dvou způsobů léčby po poranění zkříženého vazy v kolenním kloubu u aktivních sportovců, a to s odstupem deseti a dvaceti let od operace. Cílem práce bylo porovnat klinické výsledky konzervativního (neoperativního) a invazivního (operativního) přístupu v dlouhodobém horizontu. Autoři do studie zařadili padesát pacientů – atletů – se stejnou diagnózou. První skupina byla léčena neoperativním způsobem a druhá operativně prostřednictvím artroskopického výkonu s využitím štěpu z lig. patellae. Kritérium zařazení do výše uvedených skupin bylo stanoveno na základě reakce pacientů na rehabilitační plán po třech měsících od úrazu. Pacienti, kteří pociťovali nestabilitu v kolenním kloubu, podstoupili operaci LCA. Zbývající pacienti nebyli operováni a nadále pokračovali v rehabilitaci. Obě skupiny byly podrobeny vzájemnému porovnání po deseti a dvaceti letech od operace. Způsob srovnání byl založen na radiologickém vyšetření počínající osteoartrózy v kolenním kloubu. Pacienti dále podstoupili funkční testy, porovnání stavu menisku a stability v kolenním kloubu.

Výsledky ukázaly, že z hlediska postižení osteoartritidou byla první skupina, která podstoupila operaci LCA, postižena tímto degenerativním onemocněním z 80 % z celkového počtu 25 pacientů. Naopak druhá skupina, z nichž nikdo neprodělal operaci, byla postižena jen z 68 % z celkového počtu 25 pacientů. Z hlediska stavu menisku nebyly zaznamenány žádné rozdíly mezi oběma skupinami. Výsledky subjektivního skóre International Knee Documentation Committee (IKDC) opět neprokázaly větší

rozdíly u skupiny jedna a dva. Další test byl zaměřený na stabilitu kolenního kloubu, kde studie prokázala, že pacienti po operaci zaznamenávali větší stabilitu než pacienti bez operace. Rozdíly ve funkčních testech mezi oběma skupinami nebyly prokázány.

Z těchto informací lze předpokládat, že mobilní aplikace může být použita jak u pacientů, kteří se podrobili operaci, tak i u pacientů, kteří zastávají konzervativní přístup k léčbě ruptury LCA. [8]

1.2.5 Ovlivnění strachu a snížení bolesti po rekonstrukci předního zkrříženého vazů během rehabilitace pomocí videí a imaginace

Poranění muskuloskeletárního systému se týká jak profesionálních, tak i rekreačních sportovců. Tato studie poukazuje na fakt, že nejčastěji bývá poraněn kolenní kloub, a to zhruba ve 48 případech z 1000. Při další specifikaci bylo zjištěno, že zhruba 9 % z těchto případů tvoří ruptura předního zkrříženého vazů (LCA). Utržení vazů může být zapříčiněno nepřiměřeným kontaktem s jiným hráčem, neřízenou rotací v kloubu, hyperextenzí nebo nešikovným dopadem. Typickým projevem zranění bývá okamžitá bodavá bolest doprovázená zvukovým fenoménem a hned poté následuje četný otok a snížení kloubního rozsahu.

Zkrřížený vaz zajišťuje stabilitu kolenního kloubu a brání ventrodorzálnímu posunu tibie vůči femuru. Z tohoto důvodu je pro aktivní pacienty vhodné podstoupit rekonstrukci LCA. Měřítka úspěchu rekonstrukce vazů bývá udáváno mírou schopnosti návratu k profesionálním nebo rekreačním aktivitám, které pacient dělal před operací. Bohužel i přes úspěšně provedenou operaci a následnou obnovu funkce vazů, nejsou mnozí pacienti schopni nabýt původního fyzického stavu.

Zhruba 82 % lidí se po operaci LCA vrátí ke sportovní aktivitě, avšak pouze 44 % z nich se vrací k bývalým aktivitám, navíc z toho jen 24 % dokáže podstoupit plnou sportovní zátěž [9]. Důvodem není nestabilita kolenního kloubu, ale strach z obnovy zranění a bolesti. Neschopnost navázání na předoperační sportovní úroveň bývá pro vrcholové sportovce velice stresující a mentálně frustrující. Vzhledem k míře, v jaké se na sportovním výkonu podílí psychická stránka, je nezbytné zabývat se touto problematikou již během rehabilitace. Pacient musí znovu nabýt sebedůvěry a překonat strach z možných komplikací.

Současný přístup fyzioterapie se zaměřuje především na fyzickou stránku, nicméně je žádoucí pracovat i na psychickém zotavení pacienta. Pomocí představivosti, jakožto efektivního psychologického nástroje, můžeme snížit úzkost, napětí a bolest. Po odstranění těchto bariér můžeme zvýšit svalovou sílu, ROM a podpořit celkový proces rekonvalescence. [10]

Výsledky této práce dokazují, že kombinací kvalitní fyzioterapie a představivosti můžeme pozitivně ovlivnit funkci kolenního kloubu. Informace a výsledky vycházející z této studie podporují aktuálnost tématu této diplomové práce a přispívají k jeho validitě.

1.2.6 Využití evoluce mobilních (mHealth) technologií a aplikací k rehabilitaci

Tento článek popisuje a hodnotí vývoj technologií v rámci mHealth (mobile health) a poskytuje náhled do specifických zdravotnických aplikací jako například iMHere (interactive mobile health and rehabilitation), telehealth nebo dalších aplikací zaměřených na zdraví, životní styl a hubnutí. Termín "mHealth" odkazuje na koncept používání mobilních zařízení – telefonů, tabletů a jiných smartphonů v moderní medicíně a ve veřejném zdravotnictví za účelem zlepšení zdravotního stavu.

Jak uvádí tato americká studie, více než 80 % Američanů vlastní mobilní telefon. Z toho více než 40 % vlastní nějaký typ smartphonu, přičemž z výsledků této studie, která byla vydána v roce 2007, se predikoval nárůst podílu smartphonů na 80 % do roku 2017. Studie dále uvádí, že se exponenciálně zvyšuje počet dlouhodobě nemocných pacientů v USA a z tohoto důvodu se nadále zvyšují náklady na veřejnou zdravotní péči. Autoři studie v kontextu obou jevů dále navrhují, že je u těchto pacientů žádoucí využít potenciál chytrých telefonů, což by pomohlo ony náklady snížit.

V rámci mHealth byla v Jižní Kalifornii roce 2012 provedena pilotní studie u pacientů s diabetem, kde bylo prokázáno, že pomocí textových zpráv lze ovlivnit nezdravé návyky pacientů. Této studii se zúčastnilo 23 pacientů a každému z nich byly zaslány tři textové zprávy denně po dobu tří týdnů v následujících oblastech: vzdělávání, motivace, léčebné připomínky, životní výzvy a informace o kontrolování diabetu. Výsledek jejich práce byl velice uspokojivý, 90 % účastníků studie uvedlo, že by chtěli pokračovat v programu a 100 % dotázaných probandů by tuto metodu doporučilo dalším pacientům s diabetem. Tato pilotní studie prokázala, že program TExT-MED (Trial to Examine Text Message for Emergency Department Patients with Diabetes) zvýšil sebekontrolu diabetiků, zlepšil jejich zdravotní stav a naučil je dodržovat braní léků a v neposlední řadě získal vynikající skóre spokojenosti u pacientů s diabetem. [11]

Jak bylo popsáno výše, doposud se v rámci mHealth využívaly hlavně SMS zprávy a hlasová komunikace. Výhodou těchto poněkud zastaralých metod jsou nízké vstupní náklady, avšak jejich využití je v dnešní době nedostačující.

Efektivita a dosah modernější verze, tedy "chytrých telefonů", je dnes zcela neomezená, záleží jen na kreativitě a vynalézavosti tvůrců aplikací. V roce 2013 bylo zaznamenáno více než 17 000 mobilních lékařských aplikací, přičemž velká většina byla ke stažení zdarma.

MHealth v rehabilitaci má značný potenciál, nicméně jak autoři zmiňují, není určeno k tomu, aby byla nahrazena osobní rehabilitační péče o pacienta, ale aby zlepšilo poskytované služby pacientům v jejich domovech. Využití této služby je velice široké. Pacient může například zaznamenávat a zpětně sledovat data, které jsou předmětem jeho zájmu, například spálené kalorie, vitální funkce nebo čas strávený fyzickou aktivitou. Další možností využití je vzdělávání. Pacient má přístup k vzdělávacím materiálům jako jsou cvičební videa, obrázky nebo instruktáže. V ambulantních klinikách mohou pacienti

například využít možnosti přímé komunikace s terapeutem prostřednictvím videorozhovorů ze svých domovů. Tento způsob léčby jim umožňuje lépe pochopit cvičební plán, upevnit si cviky na doma a získat větší povědomí o dané problematice. Na druhou stranu mohou terapeuti sledovat působení domácích cvičebních programů, shromažďovat data, informace, a hlavně motivovat pacienty k dalším krokům. Z toho vyplývá, že díky většímu zájmu o terapii jsou pacienti proaktivnější, což za určitých okolností může vést k snížení nákladů na zdravotní péči.

Autoři práce předpokládají, že pomocí mHealth může být zefektivněna a zkvalitněna poskytovaná péče pacientům s dlouhodobými zdravotními problémy a zároveň zvýšena spokojenost a sebeúčast na ochraně jejich zdraví. Tyto závěry poslouží k nastínění dané problematiky mHealth v USA a k porovnání aktuálního stavu a možného potenciálu pro jeho rozšíření v České republice. [12]

1.2.7 Jak mohou mobilní aplikace ovlivnit zdravotní péči

Další analyzovanou prací je studie z roku 2012 zabývající se vlivem mobilní aplikace na zdravotní péči. Autor předpokládal, že v roce 2016 budou lidé na celém světě využívat přes deset miliard mobilních zařízení. V roce 2011 WHO zaznamenalo výrazné zvýšení aktivity v oblasti mHealth. Do tohoto projektu se tehdy zapojilo 114 zemí. Jak práce zmiňuje, využití mHealth je v každé zemi různé. Mobilní funkce našly největší uplatnění v call centrech, SMS připomínkách a v dálkové léčbě. Bohužel monitorování a využívání chytrých telefonů v rehabilitaci pacientů je využíváno minimálně. [13]

Jedním z dalších aspektů pro vytvoření této DP bylo ekonomické využití mHealth. V rámci této studie autor zmiňuje práci Roberta Litana, jakožto předního ekonoma v USA, který pomocí monitorování především chronických pacientů snížil náklady na léčbu o 197 miliard amerických dolarů v průběhu 25 let. [14]

Tab. 1.1: Přehled vyhledaných studií

Název studie Autor	Rok publikace	Typ operace (TEP, ASK, Plastika vazů)	Počet pacientů/studií	Délka rehabilitace	Negativa	Využitelnost pro DP
Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction Van Grinsven, at all.	2010	artroskopie LCA	32 studií	22 týdnů	práce je úzce zaměřena na sportovce	V této práci jsou vhodné testy, které mohou být využity pro vytvoření vlastního testu.
Modeling and rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction Maddison R., Prapavessis H., Clatworthy M.	2006	všechny typ operací	dvě kontrolní skupiny	6 týdnů	zvýšení ROM nebylo potvrzeno	Studie podporuje použití videa pro zlepšení stavu po operaci
Rehabilitace po artroskopických náhradách předního zkříženého vazů (Rehabilitation after Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction) D. Smékal, R. Kalina, J. Urban	2006	operace LCA pomocí patelárního vazů a z vazů semitendinosu		až 6 měsíců	Práce je popisná, nemá jasná čísla	Práce zpracovává postup v různých fázích rehabilitace
Twenty-Year Follow-up Study Comparing Operative Versus Nonoperative Treatment of Anterior Cruciate Ligament Ruptures in High-Level Athletes van Yperen et all.	2018	konzervativní a operativní přístup	50 pacientů	zkoumáno 20 let	Nebyl zohledněn věk pacienta	Díky této studii lze říct, že mobilní aplikace bude vhodná i pro pacienty s konzervativním přístupem u ruptury LCA
BASK Instructional Lecture 3: Rehabilitation after ACL reconstruction Bollen, S.R	2001	artroskopie LCA		6 měsíců	stará studie	

A comparison of modelling and imagery in the acquisition and retention of motor skills Ram, Nilam et al.	2007	psychologický výzkum	100 žen	okamžitý výsledek po aplikaci	ve studii byly jenom ženy	Studie rozpracovává psychologický pohled metodiku učení pomocí vizualizace nebo videa
Reducing Fear of Reinjury and Pain Perception Among Athletes with First Time Anterior Cruciate Ligament Reconstructions by Implementing Imagery Training Rodriguez, Rosa M. et al.	2018	imaginární trénink po LCA			výsledné procenta se neshodují	Ve studii se snaží získat údaje o důležitosti pro a postoperativní léčbě a vlivu strachu a bolesti a výsledek léčby
Kinesiophobia and Return to Sports After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Medvecky M., Nelson S.	2015	Operace LCA	48 studií	41 měsíců		Percentil návratu pacientů-sportovců po rekonstrukci LCA do původního fyzického stavu
Perspectives on the Evolution of Mobile (mHealth) Technologies and Application to Rehabilitation Dicianno, B. E. et al.	2007	mHealth			v ČR není mnoho zdrojů a informací o tomto tématu	Koncept používání smartphonů v rehabilitaci
A Mobile Health Intervention for Inner City Patients with Poorly Controlled Diabetes: Proof-of-Concept of the TExT-MED Program Arora, Sanjay at al.	2012	TExT-MED	23 pacientů	3 týdny	technicky není studie příliš propracovaná	Pilotní studie, která prokazuje pozitivní efekt textových zpráv na léčeného pacienta. V ČR byla vytvořena obdobná studie, nicméně její technické provedení několikanásobně převyšuje již zmíněnou studii.

<p>Functions of mHealth applications: A user's perspective</p> <p>D. Smahel et al.</p>	2017	mHealth	1002 online uživatelů			<p>Tato práce popisuje mHealth ze sociodemografického pohledu. Snaží se určit vhodnost aplikace pro individuálního uživatele.</p>
<p>Elektronizace zdravotnictví ve vybraných zemích EU</p> <p>D. Kosák</p>	2013	eHealth				<p>Pojednává o elektronizaci procesů ve zdravotnictví. Dále vymezuje současný stav elektronizace zdravotnictví v Evropské unii a zmiňuje problematiku financování tohoto segmentu.</p>
<p>Book Review: mHealth: New Horizons for Health through Mobile Technologies: Based on the Findings of the Second Global Survey on eHealth (Global Observatory for eHealth Series, Volume 3)</p> <p>Ryu, Seewon</p>	2012	eHealth	několik desítek stran zabývající se problematikou eHealthu			<p>Tato práce zpracovává veškeré informace o eHealth v rámci Evropské unie a WHO</p>
<p>How mobile devices are transforming healthcare.</p> <p>D. West</p>	2012	mHealth	114 zemí			<p>Tato práce, že s rostoucí základnou chytrých telefonů, se zvýší využití mHealth ve zdravotnictví. Zmiňuje nejčastější způsoby aplikace mHealth: call centra, SMS připomínky a dálkovou léčbu.</p>

<p>The Socio-Economic Impact of Mobile Health</p> <p>The Boston consulting group Robert Litana et al.</p>	2012	mHealth	ekonomické analýzy několika zemí			Podle této studie o zavedení mHealth, může USA ušetřit až 197 miliard amerických dolarů během 25 let.
<p>World Health Organization Global Observatory for eHealth GSMA mHA Mobile Health Summit</p> <p>M. Kay</p>	2011	WHO a mHealth	zpracování studií na různou problematiku (bariéry, implementace, zabezpečení)			Práce rozpracovává danou problematiku z několika pohledů a plánuje možné rozšíření. 4 největší bariéry pro implementaci mhealth ve zdravotnictví. Vytvoření bezpečnostních strategií.
<p>mHealth: From Smartphones to Smart Systems</p> <p>R. Krohn, D. Metcalf</p>	2012	mHealth	možnosti využití mobilních aplikací a jejich budoucí zlepšení			Uvádí čtyři nejdůležitější příležitosti implementace mHealth, a to: zlepšování kvality péče, zvětšování dosahu služeb, snižování nákladu, zvyšování pohodlí.

2 Metody

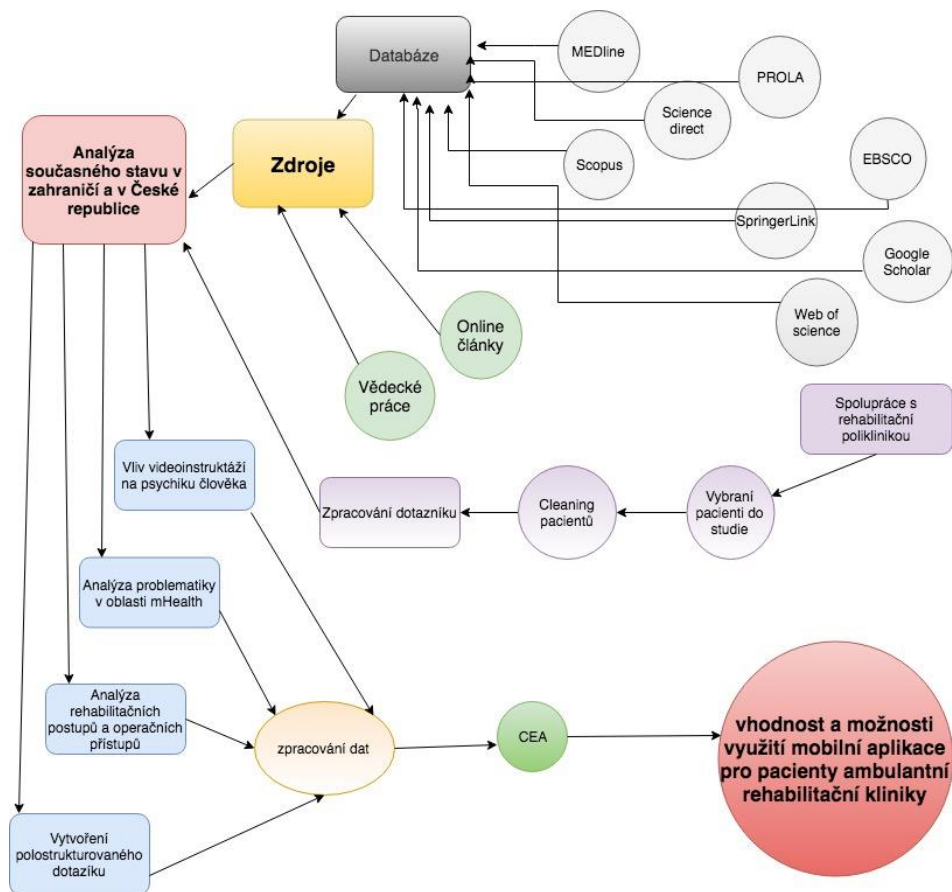
2.1 Postup současného stavu problematiky

Tato práce je rozdělena do několika částí. V teoretické části práce jsou shrnuty obecné závěry vztahující se k současné problematice možného využití mHealth v rehabilitaci v České republice a zahraničí. V rámci této kapitoly jsou nastíněny novodobé rehabilitační postupy a operativní přístupy. Dále působení videoinstruktáží na psychiku pacienta a porovnání pozitiv a negativ mHealth v České republice a zahraničí.

Další (teoretická) část je věnována sběru dat pomocí databází, online článků a vědeckých prací. Vzhledem ke komplexnosti tématu bylo nezbytné vyhledat informace z více oblastí, jako například: psychologie, rehabilitace, chirurgie a informační technologie. Společným jmenovatelem těchto oborů byl přesah do zdravotnictví. Klíčová slova pro sběr informací byla zvolena následující: anterior cruciate ligament reconstruction, modeling in rehabilitation, imagery training, mobile health intervention, mHealth applications. Na základě získaných informací z různých zdrojů byla zpracována úvodní část Současný stav problematiky v České republice. V této kapitole byly vybrány české práce zabývající se problematikou rehabilitace po LCA, vlivu na pacienta a implementací mHealth do fyzioterapie. V oblasti rehabilitaci bylo nalezeno mnoho studií, které popisovaly různé přístupy a fáze fyzioterapie, nicméně stav komentuje Martina Kemrová, senior manažerka T-Mobile pro časopis ezdrav.cz takto: „Oblast *mHealth* se v ČR vyvíjí zatím velmi povolna.“

Poté byla zpracována druhá část kapitoly Současný stav problematiky v zahraničí. V rámci této kapitoly bylo vyhledáno několik desítek prací a po postupném vyřazování bylo vybráno šest vhodných studií, které se zabývaly danou problematikou. Kritériem pro selekci byla výše zmíněná klíčová slova, aktualita dat, dostatečná validita a osobní zkušenosti v oblasti rehabilitační péče. Tyto studie se zabývaly problematikou mHealth v USA, kde je využití mobilních aplikací běžnou záležitostí. Využití není zaměřené jen na připomínání braní léků, vyzvedávání receptů a spalování kalorií, nýbrž tyto aplikace umožňují také online konzultace s terapeutem, monitoring a motivaci pacientů, sdílení informací s ostatními uživateli a vzdělávání pacientů. Všechny tyto efekty zvyšují jejich zapojení do průběhu terapie.

Zpracování postupu při vyhledávání dat je zobrazeno na obrázku 2.1.



Obr. 2.1: Postup při vyhledání dat [zdroj: vlastní]

2.2 Popis průběhu testování pacientů

Data, získaná z českých a zahraničních zdrojů byla použita při sestavování rehabilitačního plánu a k vytvoření vstupního dotazníku pro pacienty. V rámci diplomové práce bylo použito instruktážní video, a to bylo poskytnuto vybrané skupině pacientů v rámci rehabilitační péče. Pro zvýšení kvality studie byly vytvořeny vhodné kontrolní procesy, kterými byli pacienti v průběhu čtyř týdnů kontrolováni. Ověřovací mechanismus byl vytvořen na základě sdíleného dokumentu, kde pacienti postupně vyplňovali četnost cvičení (nejméně třikrát do týdne).

V rámci praktické části bylo vytvořeno instruktážní video, které bylo individuálně upraveno pro potřeby pacienta. Video bylo rozděleno na tři části – posilovací, protahovací a stabilizační. V části posilovací a stabilizační postupně narůstala náročnost cviku z důvodu zvýšení schopností pacienta. Protahovací část byla zaměřena na jednotlivé svalové segmenty z důvodu dlouhé imobilizace, vedoucí ke zkrácení svalů dolních končetin. Video byla doplněna o slovní instruktáž v průběhu cviku a psaným dokumentem. Ten obsahoval doporučení a zásady vedoucí ke zvýšení kvality provedeného cviku.

Pomocí dat, získaných z různých zdrojů byl vypracován polostrukturovaný dotazník, jakožto kvantitativní metoda pro sběr dat. Tyto údaje byly shromážděny prostřednictvím dotazníkového šetření v období od září do prosince 2018.

Otázky v polostrukturovaném dotazníku byly uzavřené a klinické testy byly očíslované na škále jedna až pět. Čím vyšší skóre pacienta, tím horší stav kolenního kloubu. V rámci dotazníku byl otestován aktuální stav pacienta a měření proběhlo první den rehabilitace.

Do vytvořené studie bylo vybráno dvacet pacientů bez omezení věku a nezávisle na pohlaví. Dále bylo náhodným výběrem zvoleno deset pacientů, kteří byli zahrnuti do skupiny jedna, která krom rehabilitační péče podstoupila i videoinstruktáž. Skupina dvě měla stejnou rehabilitační péči, nicméně bez videa. Po uplynutí čtyř týdnů budou obě skupiny znovu otestovány a jejich stav bude porovnán se vstupními daty.

2.3 Analýza nákladové efektivity

Analýza nákladové efektivity (Cost effectiveness analysis, CEA) je metodou, která porovnává různé náklady vzhledem k danému výsledku a hledá efektivnější postup, jak jej dosáhnout. Jejím specifikem je kvantifikující výstup ukazatele. Např: počet vyléčených pacientů, počet provedených operací s pozitivním výsledkem atd.. [16-18] Tato metoda je vhodná pro porovnání výsledků různých variant v rámci jednoho zaměření, které si autor sám určí. Např: Porovnání nákladů na rehabilitační péči v různých ambulantních zařízeních v České republice vzhledem ke klinickým výkonnostním testům, jako jsou time up and go, 60 m walk a další.

$$CEA = \frac{E_1}{C_1} \geq \frac{E_2}{C_2} \quad (2.1)$$

2.4 Analýza rizik

2.4.1 FMEA

Analýza FMEA vypočítává celkovou míru rizika, identifikuje dopad rizik na vstup zdravotnického prostředku na trh a jeho následné použití a dále identifikuje opatření, která daná rizika snižují.

Výpočet míry rizika probíhal následujícím způsobem:

$$RPN = S \cdot O \cdot D \quad (2.2)$$

příčemž RPN je míra rizika, S je závažnost rizika, O je pravděpodobnost selhání rizika a D je pravděpodobnost odhalení rizika. K vyhodnocení závažnosti rizika a následných pravděpodobností byly použity následující tabulky (Tab. 2.1, Tab. 2.2, Tab. 2.3): [18,19]

Vyhodnocení rizika

RPN \leq 12 – malé riziko, RPN \leq 27 – střední riziko, RPN $>$ 27 – vysoké riziko.

Tab. 2.1: Hodnocení závažnosti rizika

Hodnota rizika	Závažnost	Hodnocení
1	Zanedbatelná	Bez vlivu na funkčnost
2	Nízká	Zanedbatelný nebo malý vliv na funkčnost
3	Střední	Ovlivňování nebo narušování funkčnosti
4	Varovná	Ohrožení funkčnosti/bezpečnosti, projevy nefunkčnosti
5	Vysoká	Nefunkčnost/nebezpečnost

Tab. 2.2: Hodnocení pravděpodobnosti selhání rizika

Hodnota rizika	Pravděpodobnost selhání	Hodnocení
1	Zanedbatelné	$<1/10\ 000$
2	Nízké	$1/1\ 000$
3	Střední	$1/100$
4	Varovné	$1/10$
5	Vysoké	$>1/10$

Tab. 2.3: Hodnocení pravděpodobnosti odhalení rizika

Hodnota rizika	Závažnost	Hodnocení
1	Velká	Zjistitelná kdykoli
2	Uspokojivá	Zjistitelná v jednotlivých stupních
3	Střední	Zjistitelná jen v určité části procesu
4	Malá	Zjistitelná po ukončení procesu
5	Zanedbatelná	Nezjistitelná

2.5 Statistické metody zpracování klinických dat

Data, která budou v rámci výzkumu sesbírána, budou zpracovány pomocí následujících statistických metod.

Statistické zpracování bude provedeno pomocí metod základní popisné statistiky. Mezi tyto metody patří průměr, směrodatná odchylka a medián. [20]

2.5.1 Průměr

Aritmetický průměr je statistická veličina, která v jistém smyslu vyjadřuje typickou hodnotu popisující soubor mnoha hodnot.

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.3)$$

2.5.2 Směrodatná odchylka

Pro přesnější údaj o průměrných hodnotách, je nutno použít směrodatnou odchylku. Jedná se o veličinu, která je mírou statistické disperze. Jde o kvadratický průměr odchylek hodnot znaku od jejich aritmetického průměru.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.4)$$

2.5.3 Medián

Medián je hodnota, jež dělí řadu vzestupně seřazených výsledků na dvě stejně početné poloviny. Platí, že nejméně 50 % hodnot je menších nebo rovných a nejméně 50 % hodnot je větších nebo rovných mediánu.

2.5.4 Neparametrický dvouvýběrový Wilcoxonův test

Tento test slouží k porovnání dvou výběrů a předmětem testování je hypotéza, že oba výběry pochází ze stejného rozdělení, ale nejsou na sobě závislé. Je charakterizován testovou statistikou dle vzorce (2.5). [21]

$$Z = \frac{W - \frac{n(n+m+1)}{2}}{\sqrt{\frac{nm(n+m+1)}{12}}} \quad (2.5)$$

3 Výsledky

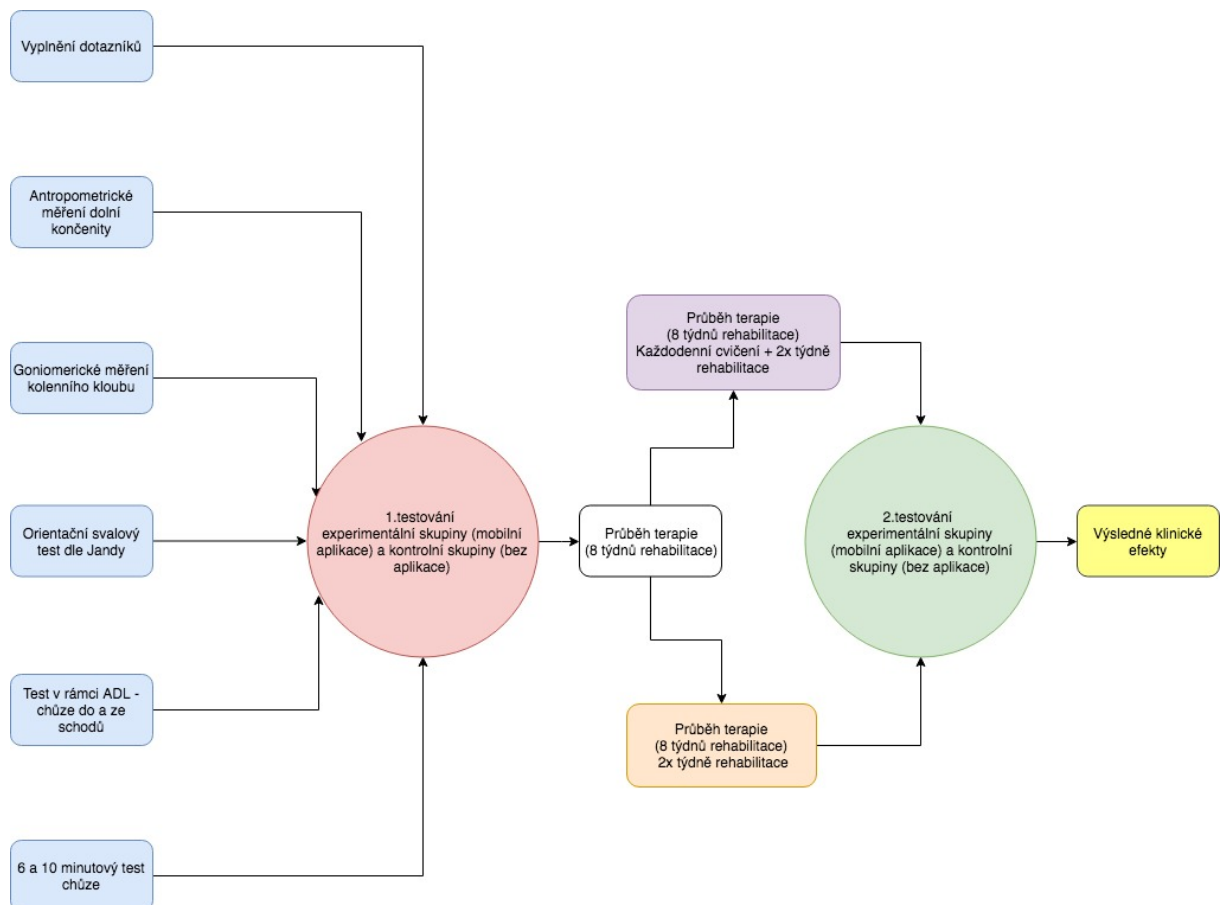
3.1 Sběr klinických dat

Testovaný soubor tvořilo 20 probandů, 8 mužů a 12 žen (věk $33,2 \pm 9,9$ let, hmotnost $78,8 \pm 13,6$ kg), kteří v minulosti podstoupili plastiku zkříženého vazů. Ruptura byla operativně ošetřena technikou BTB (bone tendo bone) nebo pomocí voperování šlachy z hamstringů ST-G (m. semitendinosus a m. gracilis.). Z terapie byli vyloučeni probandi, kteří prodělali poranění jiných vazů kolenního kloubu, vážný úraz či jinou operaci na dolních končetinách, neurogenní onemocnění nebo se jednalo o těhotenství. Všichni účastníci studie byli seznámeni s cílem výzkumu, s postupem měření a podepsali informovaný souhlas.

Průměrná doba od provedení operace a nastoupení na terapii byla 6-8 týdnů. Rehabilitace probíhala na půdě Všeobecné fakultní nemocnice v Praze (VFN) konkrétně na ambulantním pracovišti – na Fakultní poliklinice, Karlovo náměstí 32. Souhlas se sběrem dat na oddělení byl poskytnut vedoucí oddělení, s tím, že veškeré identifikační údaje o pacientech nebudou zveřejněny.

3.1.1 Postup testování

Testování bylo zahájeno krátkým dotazníkem, ve kterém měli probandi charakterizovat schopnosti operovaného kolenního kloubu. Po získání vstupních informací bylo provedeno antropometrické měření v oblasti kolenního kloubu, a to 15 cm nad patellou, dále přes patellu na nejširší části lýtky. Získané obvody dolní končetiny sloužily pro stanovení míry otoku či atrofie svalů. Hodnoty byly do výpočtu zařazeny jako rozdílové v porovnání se zdravou končetinou. Po zjištění těchto údajů byly odebrány hodnoty goniometrické, a to ROM (z angl. Range of Motion, tj. rozsah pohybu) kolenního kloubu ve flexi a extenzi. Dále byl proveden orientační svalový test na m. quadriceps femoris a hamstringy dle Jandy. V rámci tréninku ADL (z angl. Activities of Daily Living, tj. aktivity běžného života) byla do testování zařazena i doba chůze do a ze schodů. Měření bylo ukončeno šestiminutovou a desetiminutovou chůzí či během na treadmillu, kde porovnávanou hodnotou byla vykonaná vzdálenost.



Obr. 3.1: Grafické zpracování postupu práce [zdroj: vlastní]

3.1.2 Rehabilitační program po plastice LCA

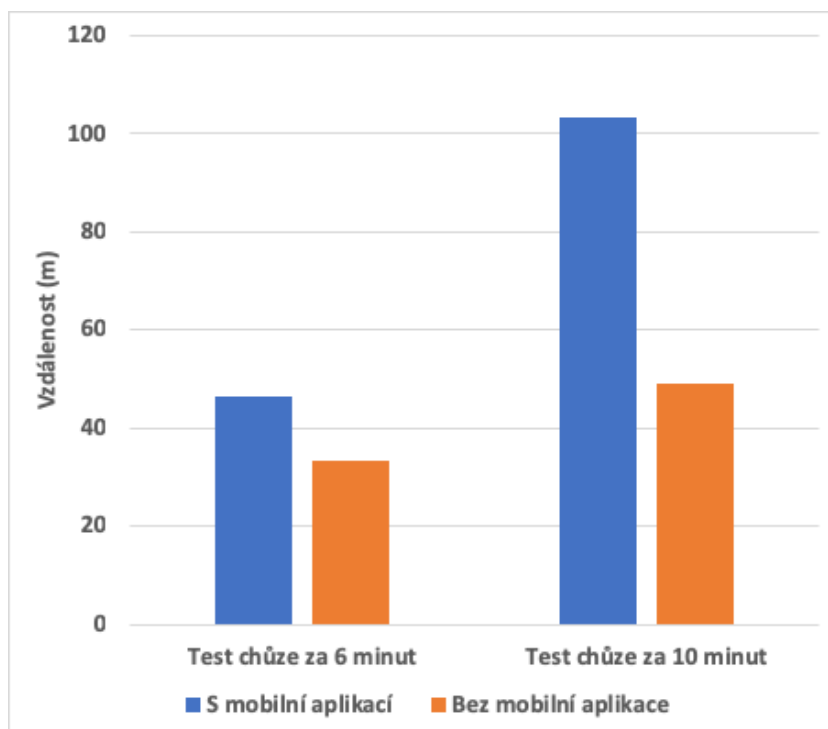
Obě dvě sledované skupiny podstoupily rehabilitaci na ambulanci VFN v Praze. Všichni probandí prošli vstupním vyšetřením rehabilitačního lékaře a na základě jeho indikace byli doporučeni na terapii. Pacienti začali rehabilitovat s rozptylem 6-8 týdnů od operace. Vstupní vyšetření se skládalo z odebrání anamnézy, vyplnění dotazníku a získání antropometrických, goniometrických a motorických dat vztahujících se k operovanému zkříženému vazů v kolenním kloubu. Terapie probíhala 2x týdně po dobu 45 minut a obsahovala fyzikální a terapeutickou složku. V rámci fyzikální terapie byla všem probandům indikována magnetoterapie a hydroterapie. Rehabilitační část obsahovala metody založené na neurofyziologickém podkladě, cvičení na přístrojích př: rotoped, úprava stereotypu chůze a analytické cvičení zaměřené na posílení svalových skupin a zvýšení kloubního rozsahu v operovaném kolenním kloubu. Z důvodu nemoci, pracovní vytíženosti a rodinných záležitostí trvala aktivní rehabilitace probandů v rozmezí 5-8 týdnů od první návštěvy terapeuta.

Poté byli pacienti edukováni na další samostatné cvičení. Experimentální skupina s mobilní aplikací každý den odesílala report pomocí sdíleného souboru na cloudovém uložišti. Tento způsob kontrolního mechanismu byl dostupný všem pacientům ve sledované skupině. V rámci tohoto souboru byla vytvořena tabulka, kde probandí vyplňovali provedené cvičební aktivity, které obsahovalo instruktážní video. Tato nahrávka byla vytvořena pro účely této diplomové práce a byla poskytnuta sledované skupině, jakožto edukační materiál. Terapie byla prováděna vždy pod vedením stejného terapeuta, autorkou práce.

3.1.3 Zobrazení klinických dat

Na základě zpracování získaných dat byly vytvořeny názorné grafy, ve kterých jsou vyjádřeny procentuální výsledky klinického testování. Oranžová barva níže v grafech zobrazuje metriky probandů kontrolní skupiny, kteří nevyužívali mobilní aplikaci, a modrá barva vyjadřuje hodnoty testovacích měření u probandů, kteří mobilní aplikaci měli k dispozici a využívali ji.

3.2 Zpracování klinických dat

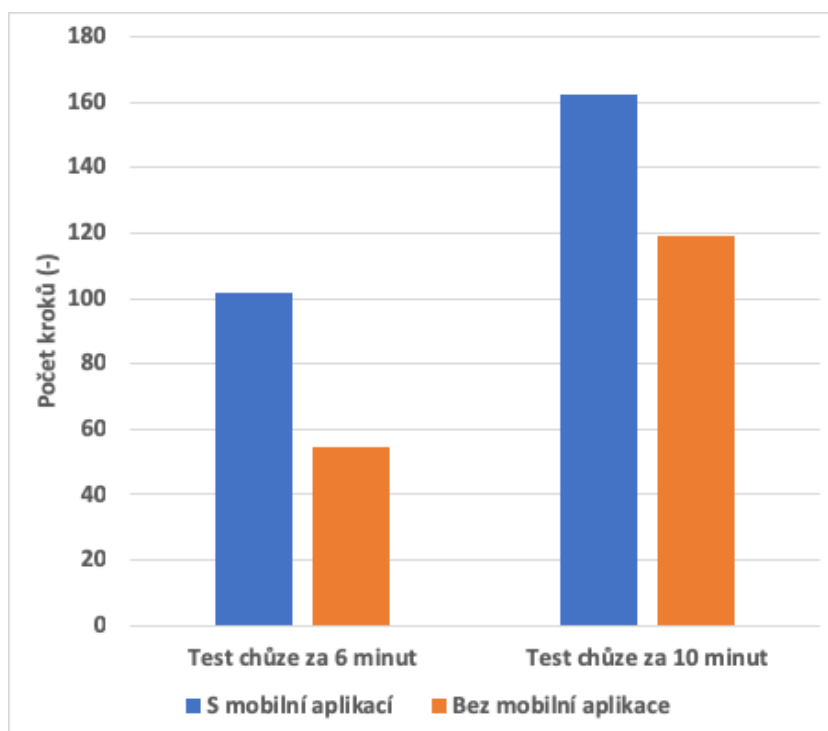


Graf 3.1: Dosažené vzdálenosti při testu chůze po dobu 6 a 10 minut, druhé měření pro experimentální a kontrolní skupinu [zdroj: vlastní]

Z pohledu klinické významnosti došlo při testování šestiminutové chůze u všech pacientů, kteří používali mobilní aplikaci (znázorněno modře), ke zlepšení v průměru o 46,5 metrů. To odpovídá 12% nárůstu oproti vstupnímu měření. V případě druhé skupiny (znázorněno oranžově) byl výsledek o 13 metrů kratší, tedy v průměru nachodili 33,5 metrů. Jednalo se tak o 10% vylepšení.

V dalším kroku se testovala chůze po dobu 10 minut. V případě experimentální skupiny bylo vyhodnoceno zlepšení v průměru o 103,2 metry, kontrolní skupina dosáhla zlepšení o 79,2 metrů oproti prvnímu měření.

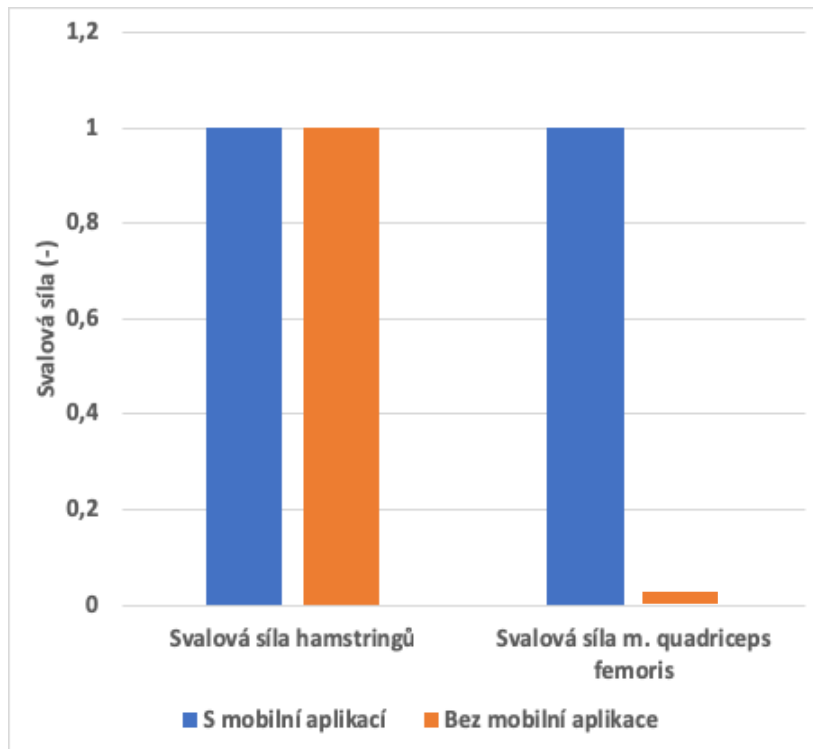
ZGraf 3.1 lze usoudit, že získaná data jsou konzistentní pro obě měření (6 a 10 minut). Trend zlepšení je u obou časových dotací na konci testu chůze srovnatelný.



Graf 3.2: Zlepšení počtu kroků během testu chůze po dobu 6 a 10 minut, druhé měření pro experimentální a kontrolní skupinu [zdroj: vlastní]

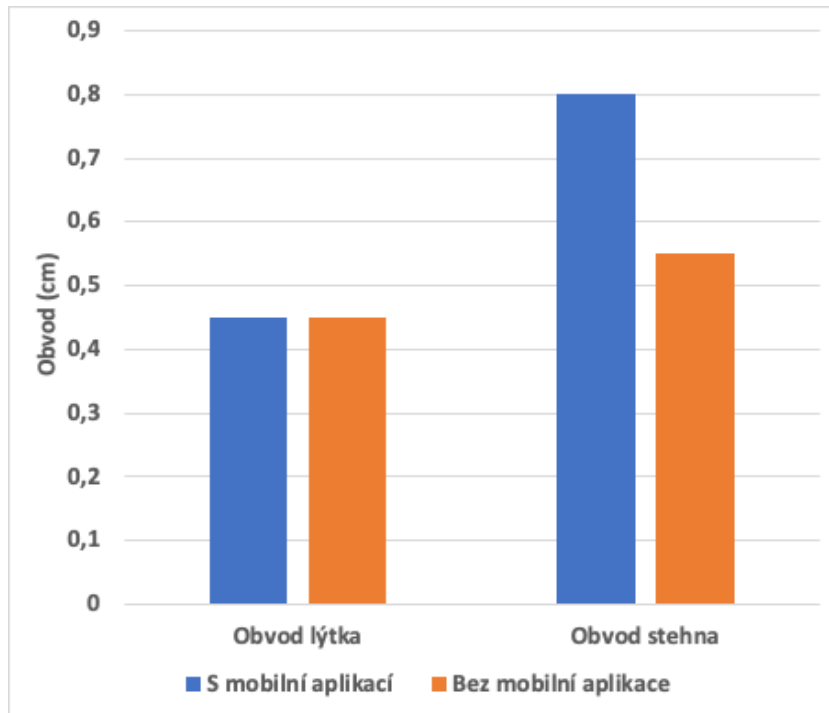
U probandů s mobilní aplikací došlo ke zlepšení i v počtu kroků vykonaných během 6 minut, a to průměrně o 101,7 kroků. V relativních hodnotách to odpovídá 16 %. V porovnání s druhou skupinou je tato průměrná hodnota téměř dvojnásobně vyšší. U pacientů bez mobilní aplikace bylo totiž za stejnou dobu zaznamenáno zlepšení pouze o 54,8 kroků. Celková změna tak činí jen 10 % oproti vstupnímu měření. Vzhledem ke zvýšení svalové síly, kloubního rozsahu a zlepšení motoriky kolenního kloubu je tento efekt předvídatelný. Počet kroků naměřených při testu desetiminutové chůze vykazuje stejný trend a analogicky odpovídá *Graf 3.2*.

U experimentální skupiny bylo na konci desetiminutového testu naměřeno v průměru o 162,3 kroků více. V porovnání s šestiminutovým testem u stejného souboru došlo ke zlepšení o 60,6 kroků. Druhá skupina zaznamenala pozitivní rozdíl 119,1 kroků oproti původnímu desetiminutovému měření. Procentuální rozdíl v rámci skupin je téměř srovnatelný. U experimentální skupiny se tato hodnota rovná 15 %, u kontrolní 14 %.



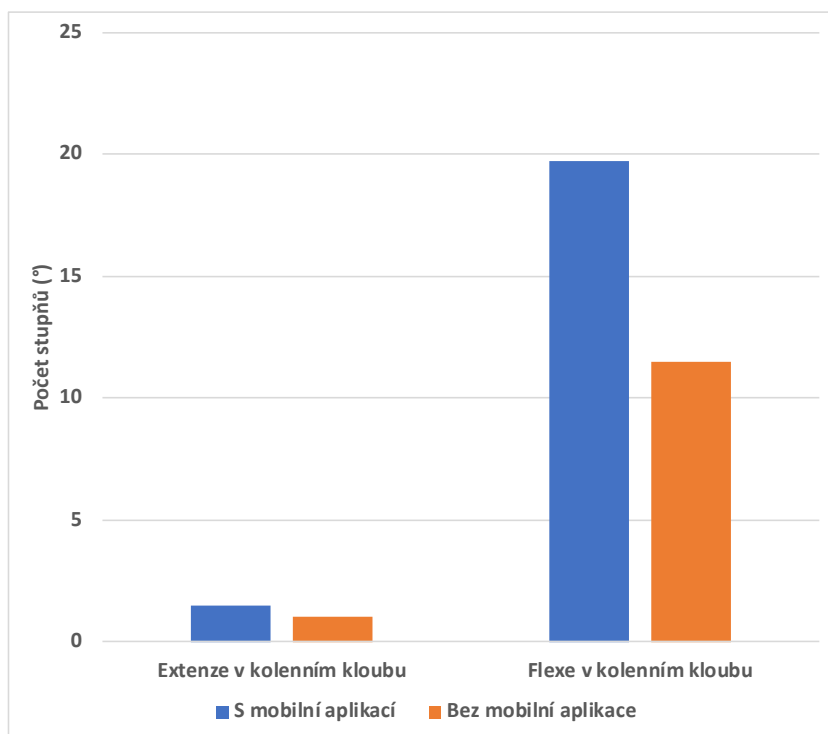
Graf 3.3: Zlepšení svalové síly po absolvování terapie u experimentální a kontrolní skupiny dle Jandova svalového testu [zdroj: vlastní]

Jak ukazuje *Graf 3.3*, u měření svalové síly m. quadricepsu femori došlo ke zlepšení jen u experimentální skupiny. Tato skupina vykázala při vyhodnocování mediánu pokrok o 1 stupeň na škále Jandova svalového testu. U kontrolní skupiny nedošlo k významnému zlepšení. Co se týče výstupního měření svalové síly, u antagonistů byl zaznamenán progres o 1 stupeň dle Jandova svalového testu. K posílení svalové skupiny hamstringů došlo u obou skupin. Nicméně je nutné dodat, že testování bylo jen orientační a daná oblast nebyla rozdělena na jednotlivé svaly.



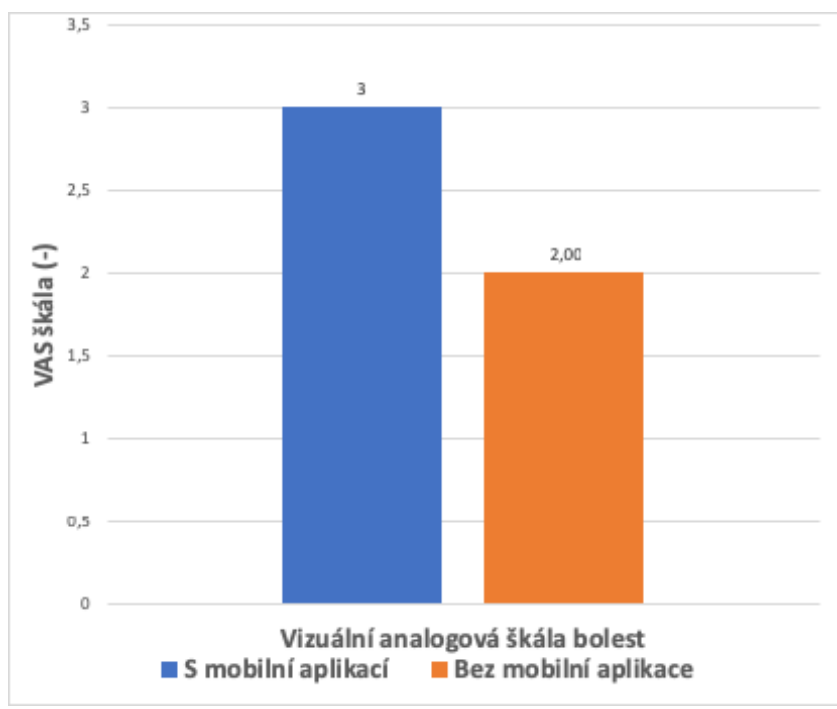
Graf 3.4: Zvýšení obvodu lýtka a stehna u experimentální a kontrolní skupiny po druhém měření [zdroj: vlastní]

Antropometrické měření prokázalo, že obvod stehna u experimentální skupiny se po výstupním testování zvýšil o 0,8 cm. Tento jev se projevil i u kontrolní skupiny, u které bylo naměřeno zlepšení o 0,55 cm. Procentuální vyjádření u experimentální skupiny se rovná 36 %, u kontrolní 27 %. V případě naměřených hodnot u obvodu lýtka je rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou nulový, obě skupiny vykazují shodný jejich nárůst.



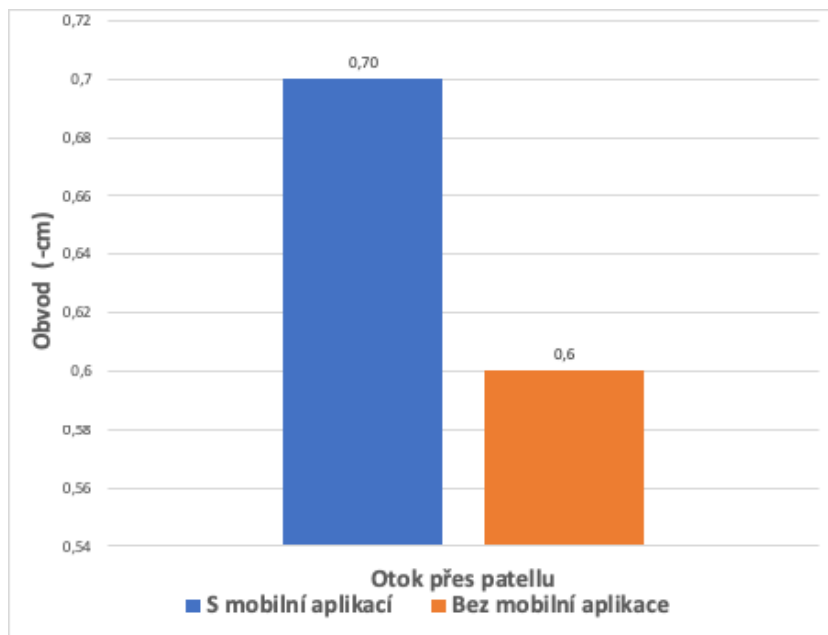
Graf 3.5: Zlepšení kloubního rozsahu do extenze a flexe pro experimentální a kontrolní skupinu v druhém měření [zdroj: vlastní]

Výsledky goniometrického měření extenze v kolenním kloubu u experimentální a kontrolní skupiny zaznamenalo jen mírné zlepšení. Vyjádřený rozdíl v rámci skupin byl by téměř zanedbatelný. V případě měření flexe v kolenním kloubu vykázali pacienti s mobilní aplikací velký progres. Rozsah v kolenním kloubu se v porovnání s kontrolní skupinou zvýšil téměř dvojnásobně. Výsledná hodnota u experimentální skupiny činila 19,7°, což odpovídá 21% zlepšení. Kontrolní skupina zaznamenala u výstupního měření zvýšení 11,50°, v procentuálním vyjádření se jedná o 10% progres.



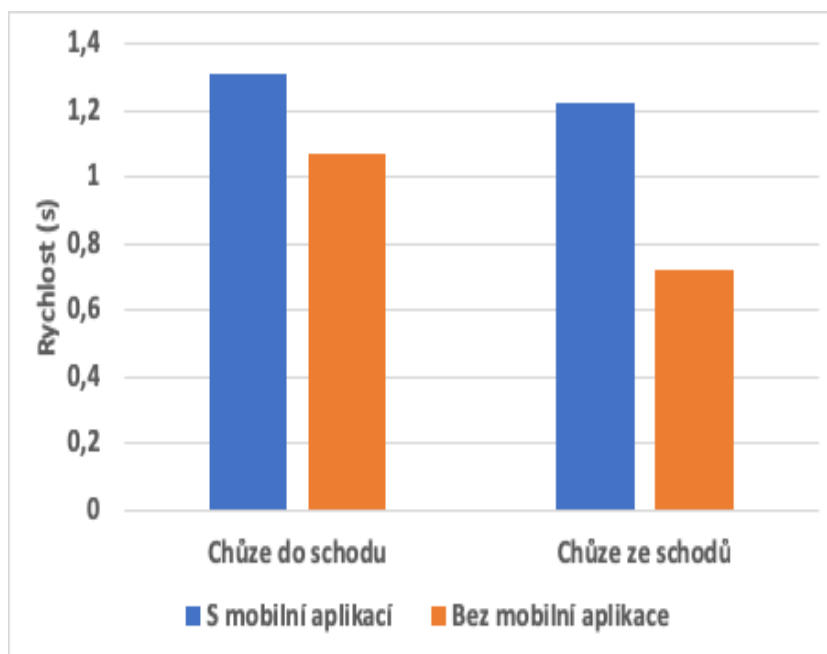
Graf 3.6: Snížení bolesti na vizuální analogové škála pro experimentální a kontrolní skupinu po druhém měření

Zvýšená intenzita terapie u experimentálního souboru mohla způsobit mírné zhoršení bolesti. Naopak kontrolní skupina zaznamenala při vyhodnocování mediánu pozitivní pokles bolesti o 1 stupeň na škále VAS (vizuální analogová škála).



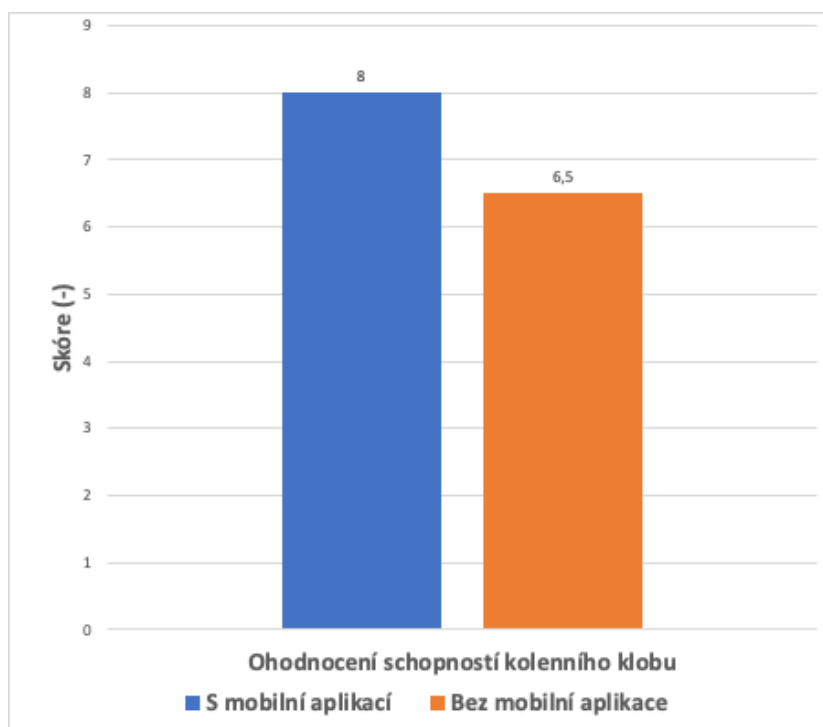
Graf 3.7: Snížení otoku přes patellu pro experimentální a kontrolní skupinu v druhém měření [zdroj: vlastní]

V této části měření, došlo u experimentální skupiny k průměrnému snížení otoku o 0,7 cm na celkovém obvodu přes patellu. Tento efekt se projevil i u kontrolní skupiny, která zaznamenala zlepšení o 0,6 cm. U experimentální skupiny se výsledek rovná 34 % a u kontrolní je to 14 %.



Graf 3.8: Zlepšení chůze do a ze schodů v rámci ADL u experimentální a kontrolní skupiny v druhém měření [zdroj: vlastní]

Experimentální skupina dosáhla příznivějších výsledků, a to o 1,31 sekund při chůzi do schodů. Chůze ze schodů se vylepšila o 1,225 sekundy. Data kontrolního souboru byla pozitivní, nicméně o něco nižší efekty. Chůze do schodů zaznamenala zlepšení o 1,071 sekundy a chůze ze schodů 0,722 sekundy, což je rozdíl o 0,239 sekundy do schodů a ze schodů je výsledek 1,225 sekund menší než u pacientů s mobilní aplikací.



Graf 3.9: Zlepšení schopností kolenního kloubu u experimentální a kontrolní skupiny v druhém měření [zdroj: vlastní]

Jak ukazuje graf u experimentální i kontrolní skupiny došlo k vylepšení schopností kolenního kloubu. Soubor s mobilní aplikací dosáhl při vyhodnocování mediánu pokrok o 8 bodů na škále vytvořené na základě Lysholm skóre. U kontrolní skupiny došlo ke zlepšení 6,5 bodu. Vyjádřeno v procentech, experimentální skupina zaznamenala 32% progres a kontrolní 21%.

V rámci této diplomové práce není možné jednoznačně vybrat nejdůležitější klinický efekt testování, proto byla daná data převedena na procentuální zhodnocení pro případnou další interpretaci. Tyto výsledky budou porovnány s náklady na technologický vývoj, správu mobilní aplikace a léčbu pacienta. Na konci bude vyhodnocena efektivita její implementace.

3.3 Statistické zpracování klinických dat

Pomocí programovacího jazyka R byla vytvořena statistická analýza. Ze shromážděných klinických dat byly pak sestaveny grafy, k jejichž vysvětlení posloužila zkrácená popisná statistika. Klinická data byla hodnocena neparametrickým Wilcoxonovým testem nebo párovým T-testem. Všechny testy byly provedeny na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Výzkum zkoumal vliv mobilní aplikace na průběh a výsledek terapie u pacientů po plastice zkříženého vazů v kolenním kloubu. Pomocí vytvořeného dotazníku a otestování pacientů byly nasbírány informace o anamnéze pacienta, goniometrických a antropometrických hodnotách, které byly naměřené v obou kolenních kloubech, s dalším zaměřením na operovaný kolenní kloub.

V rámci hodnoceného dotazníku byla získána klinická data, která byla posléze zpracována pomocí statistických výpočtů, jejichž výsledkem byly klinické efekty zvolených přístupů k terapii. Výběr některých významných efektů proběhl podle procentuálního rozdílu mezi experimentální a kontrolní skupinou. Zbylé výsledky mohou být předmětem dalšího výzkumu.

K vysvětlení dat byla použita metoda popisné statistiky. Pro statistický výpočet posloužil neparametrický test, a to z důvodu nízkého počtu probandů. Ve vybraném Wilcoxonově testu byly porovnány mediány srovnávaných hodnot v obou skupinách, přičemž jedna využívala mobilní aplikaci (modrá), a druhá ne (oranžová). Výsledky jsou zpracovány do grafů, popisy jednotlivých klinických efektů jsou připojeny pod nimi.

3.3.1 Dvouvýběrový Wilcoxonův neparametrický test

Na základě tohoto testu byl pomocí programovacího jazyka R vytvořen soubor, ve kterém byla porovnána všechna naměřená klinická data. Výsledkem bylo, že jediný statisticky významný efekt byl zaznamenán v testu počtu kroků za 6 minut. Tento výsledek je dále statisticky zpracován pomocí výpočtu hodnocených parametrů a vizuálního zobrazení.

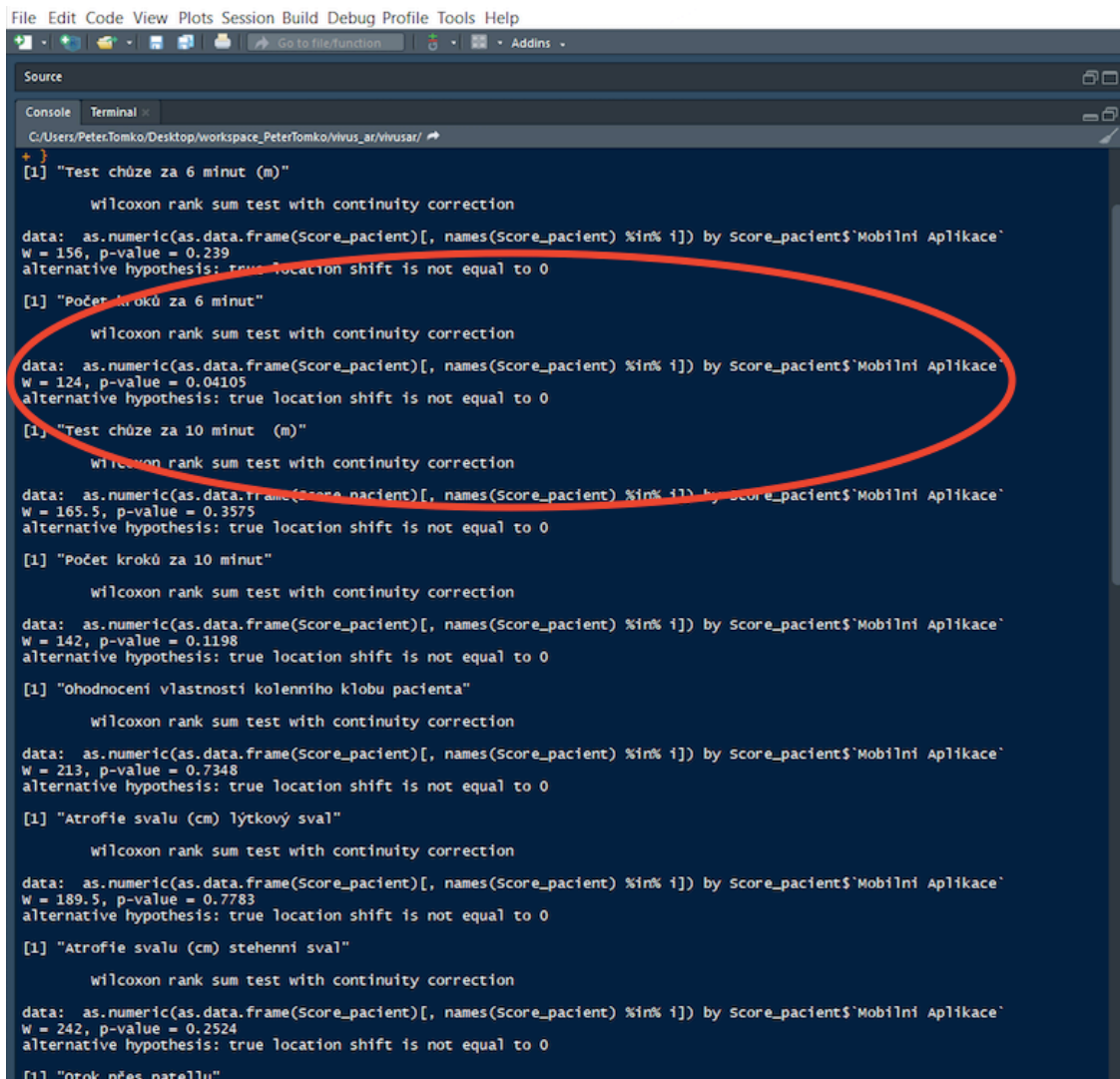
3.3.2 Znění hypotéz

H_0 1: Získané efekty při hodnocení počtu kroků během testu chůze po dobu 6 minut v druhém měření jsou v experimentální skupině stejné jako v kontrolní.

H_1 : Získané efekty souborů jsou odlišné.

Hypotézu H_0 1 lze zamítnout. Wilcoxonovým statistickým testem byl prokázán rozdíl mezi skupinami, kde experimentální skupina používala mobilní aplikaci a kontrolní rehabilitovala bez ní. Medián progresu hodnot u parametru počet kroků za 6 minut testu

chůze při výstupním měření byl u experimentální skupiny 90 a u kontrolní skupiny 65 kroků.

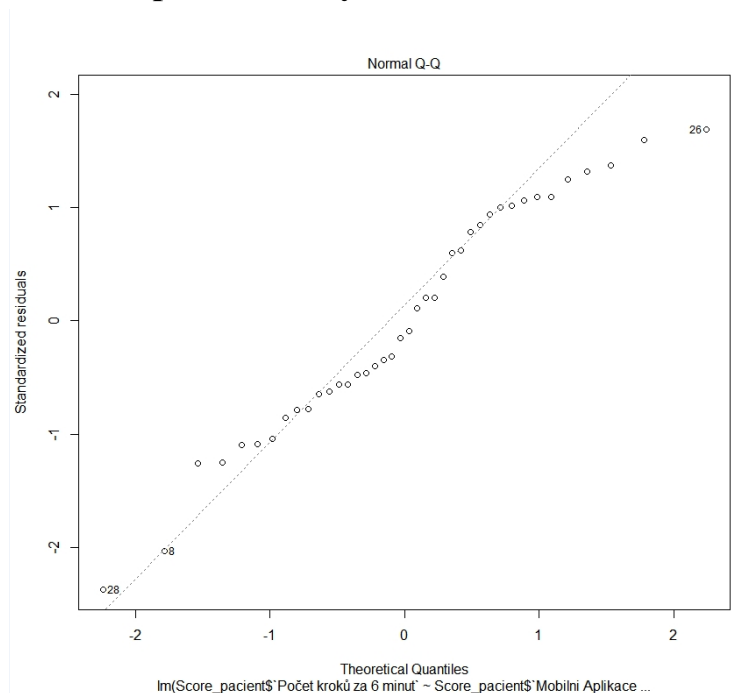


```
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
C:/Users/Peter.Tomko/Desktop/workspace_PeterTomko/virus_ar/virusar/
[1] "Test chůze za 6 minut (m)"
wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: as.numeric(as.data.frame(Score_pacient)[, names(Score_pacient) %in% i]) by Score_pacient$`Mobilní Aplikace`
W = 156, p-value = 0.239
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
[1] "Počet kroků za 6 minut"
wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: as.numeric(as.data.frame(Score_pacient)[, names(Score_pacient) %in% i]) by Score_pacient$`Mobilní Aplikace`
W = 124, p-value = 0.04105
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
[1] "Test chůze za 10 minut (m)"
wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: as.numeric(as.data.frame(Score_pacient)[, names(Score_pacient) %in% i]) by Score_pacient$`Mobilní Aplikace`
W = 165.5, p-value = 0.3575
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
[1] "Počet kroků za 10 minut"
wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: as.numeric(as.data.frame(Score_pacient)[, names(Score_pacient) %in% i]) by Score_pacient$`Mobilní Aplikace`
W = 142, p-value = 0.1198
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
[1] "Ohodnocení vlastností kolenního kloubu pacienta"
wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: as.numeric(as.data.frame(Score_pacient)[, names(Score_pacient) %in% i]) by Score_pacient$`Mobilní Aplikace`
W = 213, p-value = 0.7348
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
[1] "Atrofie svalu (cm) lýtkový sval"
wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: as.numeric(as.data.frame(Score_pacient)[, names(Score_pacient) %in% i]) by Score_pacient$`Mobilní Aplikace`
W = 189.5, p-value = 0.7783
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
[1] "Atrofie svalu (cm) stehenní sval"
wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: as.numeric(as.data.frame(Score_pacient)[, names(Score_pacient) %in% i]) by Score_pacient$`Mobilní Aplikace`
W = 242, p-value = 0.2524
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
[1] "Otok přes patellu"
```

Obr. 3.2: Statistické zpracování významného efektu v programu R [zdroj: vlastní]

Průměrné zlepšení při 2. měření bylo u první skupiny 16 % a u druhé 10 %. Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ je statisticky významný, hladina signifikance testu $p = 0,04 (<0,05)$.

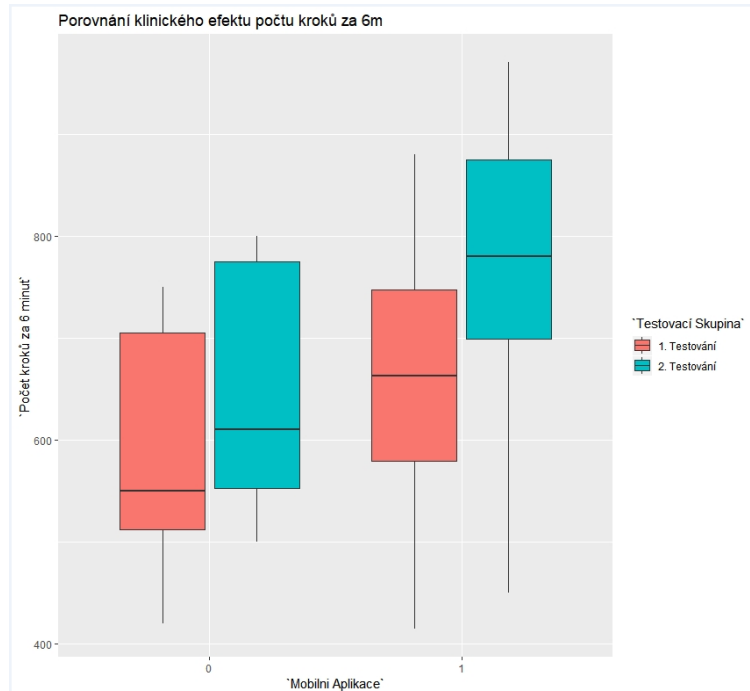
3.3.3 Statistické zpracování významného efektu



Obr. 3.3: Q-Q graf [zdroj: vlastní]

Q-Q graf (kvantil-kvantil graf) umožňuje graficky znázornit každou pozorovanou hodnotu proti normálnímu rozdělení se stejným počtem bodů. Do tohoto souboru bylo zařazeno 40 pozorování. Porovnávaná data byla vynesena pro oba soubory, pomocí naměřených hodnot, která byla získána z testu počtu kroků za 6 minut. Přímka na grafu vymezuje ideální kvantily naměřených dat v případě, že by byly uspořádány dle normálního rozdělení a mezi porovnávanými veličinami existovala ryze lineární závislost. U posuzování Q-Q grafu jsou vždy porovnávány teoretické hodnoty distribuční funkce normálního rozdělení náhodné veličiny na ose x a hodnoty empirické na ose y . Z Obr. 3.3 lze usoudit, že naměřená data jeví lineární charakteristiku.

Dále lze říci, že vynesené experimentální hodnoty jsou na grafu umístěny převážně na pravé straně od teoretického výsledku. To je důsledkem nerovnoměrného rozložení náhodné veličiny kolem její střední hodnoty, a to převážně na její levé straně.



Obr. 3.4: Rozložení hodnocených statistických dat [zdroj: vlastní]

Obr. 3.4 znázorňuje rozložení hodnocených statistických dat, tj. počtu kroků dosažených při 6 minutové chůzi pomocí krabicového grafu. Na tomto zobrazení jsou červeně vyneseny všechny hodnoty, které byly naměřené při vstupním vyšetření u obou skupin. Experimentální skupina byla označena hodnotou 1 a kontrolní soubor známkou 0. V závislosti na přiřazení probanda do skupiny s mobilní aplikací nebo bez ní, poté byly porovnány s tyrkysově vyznačenými hodnotami získanými při výstupním vyšetření.

Přestože druhé měření vykazuje u obou skupin zlepšení, u kontrolní skupiny došlo jen k minimálnímu nárůstu dosaženého počtu kroků. U probandů, kteří měli k dispozici mobilní aplikaci, je rozdíl mezi měřeními výrazný. Vzhledem k tomu, že medián hodnot získaných při druhém měření leží mimo střední kvartil, lze tento rozdíl považovat za významný.

Medián kontrolní skupiny bez používání mobilní aplikace leží ve spodní části mezikvartilového rozpětí. Oproti tomu mediány z obou měření u experimentální skupiny leží v jeho středu, což značí konzistenci dosažených výsledků u tohoto souboru.

```
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Source
Console Terminal
C:/Users/PeterTomko/Desktop/workspace_PeterTomko/vivus_ar/vivusar/
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-5.940403 194.040403
sample estimates:
mean of the differences
94.05

> t.test(Score_pacient$`Schody celkem`[Score_pacient$`Mobilni Aplikace` == 1],
+       Score_pacient$`Schody celkem`[Score_pacient$`Mobilni Aplikace` == 0],
+       paired = TRUE,
+       conf.level = 0.95)

Paired t-test

data: Score_pacient$`Schody celkem`[Score_pacient$`Mobilni Aplikace` == 1] and Score_pacient$`Schody celkem`[Score_pacient$`Mobilni Aplikace` == 0]
t = 1.9642, df = 19, p-value = 0.1884
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.9348801 4.4348801
sample estimates:
mean of the differences
1.75

> t.test(Score_pacient$`Počet kroků za 6 minut`[Score_pacient$`Mobilni Aplikace` == "1"],
+       Score_pacient$`Počet kroků za 6 minut`[Score_pacient$`Mobilni Aplikace` == "0"],
+       paired = TRUE,
+       conf.level = 0.95)

Paired t-test

data: Score_pacient$`Počet kroků za 6 minut`[Score_pacient$`Mobilni Aplikace` == "1"] and Score_pacient$`Počet kroků za 6 minut`[Score_pacient$`Mobilni Aplikace` == "0"]
t = 1.9687, df = 19, p-value = 0.06375
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-5.940403 194.040403
sample estimates:
mean of the differences
94.05

> t.test(Score_pacient$`Atrofie svalu (cm) lýtkový sval`[Score_pacient$`Mobilni Aplikace` == 1],
+       Score_pacient$`Atrofie svalu (cm) lýtkový sval`[Score_pacient$`Mobilni Aplikace` == 0],
+       paired = TRUE,
+       conf.level = 0.95)

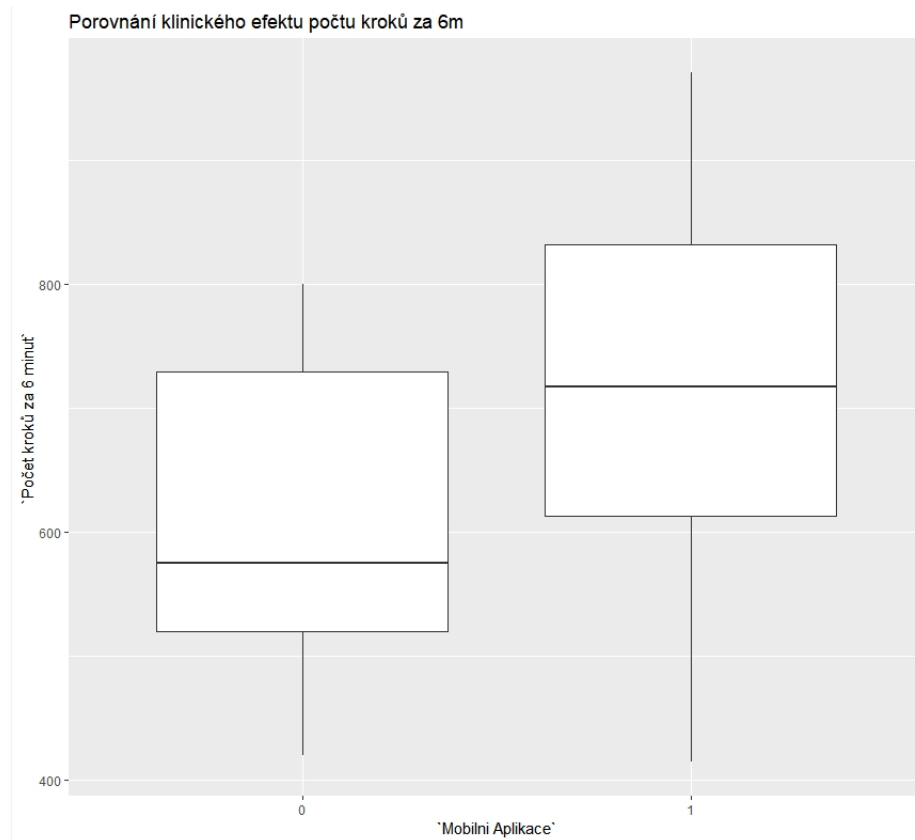
Paired t-test

data: Score_pacient$`Atrofie svalu (cm) lýtkový sval`[Score_pacient$`Mobilni Aplikace` == 1] and Score_pacient$`Atrofie svalu (cm) lýtkový sval`[Score_pacient$`Mobilni Aplikace` == 0]
t = 0.22692, df = 19, p-value = 0.8229
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.4111908 0.5111908
sample estimates:
mean of the differences
0.05
```

Obr. 3.5: Výpočet párového T-testu [zdroj: vlastní]

Párový T-test byl v této části detailního rozboru statistiky použit pro ověření, zda oba hodnocené soubory pacientů pochází ze stejného výběru. Dle výsledků vygenerovaných pomocí Programu R nemůžeme na hladině významnosti $\alpha = 10\%$ říci, že by hodnoty získané při prvním měření v rámci testu počtu kroků při 6 minutové chůzi byly odlišné pro skupinu pacientů s mobilní aplikací a bez ní. P-hodnota tohoto T-testu je 0,063.

Nepárovým Wilcoxonovým testem byl v další fázi porovnáván klinický přínos zařazení mobilní aplikace do terapeutického plánu jedné ze sledovaných skupin. Data z obou měření počtu kroků za 6 minut byla hodnocena Programem R, který na hladině významnosti $\alpha = 5\%$ stanovil statisticky významný rozdíl mezi dosaženými výsledky obou skupin. P-hodnota testu je 0,04105 a je tedy možné říci, že použití mobilní aplikace má klinický přínos v nárůstu počtu kroků při chůzi po dobu 6 minut.



Obr. 3.6: Box-plot pro počet kroků při chůzi po dobu 6 minut [zdroj: vlastní]

Krabicový graf na Obr. 3.6 shrnuje výše zmíněné části detailní statistiky pro test počtu kroků při chůzi po dobu 6 minut. Probandi, kteří jako součást terapie používají mobilní aplikaci, mají větší pravděpodobnost pro navýšení počtu dosažených kroků při testu chůze mezi vstupním a výstupním měřením oproti klasickému terapeutickému postupu. Krabicový graf dále zobrazuje, že pacienti, jež v absolutních číslech dosáhli počtu kroků vyššího než 720, patřili s velkou pravděpodobností do skupiny používající mobilní aplikaci. Lze tedy konstatovat, že došlo ke zlepšení i této metriky v absolutních číslech pro experimentální skupinu.

3.4 Implementace mobilní aplikace

Používání mobilních aplikací ve zdravotnictví (mHealth) navazuje na všeobecný trend digitalizace všech aspektů každodenního života. Technologii navíc mohou používat nejen samotní pacienti, ale také zdravotníci, kteří tak získají data relevantní pro následnou diagnostiku a terapii, případně další výzkum.

Tato diplomová práce se zabývá využitím mobilní aplikace na ambulantním rehabilitačním pracovišti jakožto nástroje ke zvýšení efektu terapie a nákladové optimalizace tohoto procesu. Jejím cílem je naučit pacienty skrze multimédia – fotografie a videa – správně cvičit. Podstatou je propojovat terapeuty a rehabilitované, kteří si touto cestou osvojí cviky nezbytné pro jejich plné zotavení. Terapeut zároveň udržuje přehled a sbírá informace o terapeutickém progresu. Její využívání by mělo snížit počet opakovaných návštěv a pomoci tak zefektivnit a odlehčit vytíženost rehabilitačních pracovišť při zachování kvality terapie.

Projektový plán a finanční odhad byly inspirovány IT (informační technologie) startupem Stfalcon, který vyvíjí zdravotní mobilní aplikace. V tomto momentu je možné alespoň částečně odhadnout časovou a finanční dotaci na vývoj základní funkcionality v kontextu cen IT služeb. Obtížnější je ale nacenění konkrétnějších funkcí, které jsou úzce zaměřené a použitelné pouze v tomto odvětví.

Vývoj mobilní aplikace a implementace IT řešení ve zdravotnictví se potýká s konzervativním prostředím, které ho může zpomalit. Při plánování je také třeba zahrnout citlivost osobních dat pacientů, procesy ve zdravotnickém zařízení a velmi specifické prostředí s individuálními potřebami pacientů, monetizace aplikace, návratnost investice a případný business plán. Tyto aspekty jsou předmětem Diskuze.

Tato kapitola je věnována zadání aplikace a jejích kritérií, podle kterých vzniká její základní podoba a jsou specifikovány základní funkcionality. Dále je popsána časová a finanční náročnost na vývoj. [22]

3.4.1 Zadání a kritéria pro vytvoření mobilní aplikace

Technická kritéria

- Komunikace
 - Možnost posílání fotografií a videí (terapeut – pacient)
 - Offline zprávy
 - Online chat

- Úložiště
 - Server (placený-cloud, google drive), archivace minimálně 5 let
 - Backend infrastruktura pro propojení s databázemi
 - Propojení toho, co vidí uživatel v aplikaci vs. to co je na pozadí
 - Ukládání dat do databáze

- Zajištění aplikace
 - Vytvoření aplikace (designer, kódování)
 - Správa sítě
 - Provoz serveru
 - Uvedení aplikace na Apple Store a Google Play
 - Využití analytických nástrojů k přizpůsobení vývoje podle získaných dat

- Bezpečnostní opatření:
 - Ochrana dat, GDPR (General Data Protection Regulation)
 - Sdílení dat a informací (terapeut-terapeut, pacient-pacient, terapeut-pacient)

Funkční kritéria

- Možnost sledování progresu u pacienta
- Možnost trackování aktivity pacienta – push notifikace (pochvala a motivace)
- Jednoduché GUI (Graphical user interface)
- Variace možností přihlášení: e-mail, sociální sítě, zdravotnická karta (vlastní přístupový kód)
- Přístup do galerie videí se cviky k dané problematice
- Propojení s kalendářem
- Možnost online objednávání (návštěva terapeuta)

3.4.3 Platforma

Jedním z klíčových rozhodnutí je správný výběr operačních systémů, se kterými bude software komunikovat. Vzhledem k podílu zastoupení operačních systémů na trhu je žádoucí vývoj aplikace jak pro iOS, tak i pro Android.

V roce 2018 činil podle agentury Gartner podíl Androidu na trhu chytrých mobilů 88 %, iOS od firmy Apple má tržní podíl 12 %. [23]

3.4.4 Tým

V závislosti na výše uvedené požadavky byl expertem na danou problematiku sestaven vývojářský tým a byly vyčísleny náklady na pozice nezbytné pro vývoj aplikace. Pro účely této diplomové práce byly vypočítány náklady pro oba dva uvažované operační systémy.

- UX/UI designer (4000 Kč/MD – pracovní den jedné osoby z ang. Manday)
- Tester (3000 Kč/MD)
- Vývojář iOS (7000 Kč/MD)
- Vývojář Android (6000 Kč/MD)

3.4.5 Nákladová data na aplikaci

Tab. 3.1: Přehled nákladů na vytvoření a údržbu aplikace

Vytvoření aplikace		MD/8hodin	Počet hodin	Cena celkem
	Designer	3 000,00 Kč	80	30 000,00 Kč
	Vývojář iOS	7 000,00 Kč	500	437 500,00 Kč
	Vývojář Android	6 000,00 Kč	450	337 500,00 Kč
	Tester	3 000,00 Kč	80	30 000,00 Kč
Cena za vytvoření aplikace pro iOS	497 500,00 Kč			
Cena za vytvoření aplikace pro Android	397 500,00 Kč			
Údržba aplikace		Měsíc	Rok	Cena celkem
	Podpora aplikace	1 000,00 Kč	12 000,00 Kč	12 000,00 Kč
	Databáze (PostgreSQL)	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
	Cena za ukládání dat	299,00 Kč	3 588,00 Kč	3 588,00 Kč
	Cena za zobrazení aplikace na App store	232,19 Kč	2 786,26 Kč	2 279,67 Kč
	Cena za zobrazení aplikace na GooglePlay	42,13 Kč	505,59 Kč	506,59 Kč
Cena za údržbu na App store za měsíc	1 531,19 Kč			
za rok	18 374,26 Kč			
Cena za údržbu na GooglePlay za měsíc	1 341,13 Kč			
za rok	16 093,59 Kč			

3.4.6 Výsledky nákladů na vytvoření a provoz mobilní aplikace

Tab. 3.2: Výsledný souhrn uvažovaných nákladů

Náklady na vytvoření mobilní aplikace	
• iOS	497 500,00 Kč
• Android	397 500,00 Kč
Náklady na provoz mobilní aplikace	
Na rok	
• iOS	18 374,00 Kč
• Android	16 094,00 Kč
Na měsíc	
• iOS	1 531,00 Kč
• Android	1 341 Kč

3.5 Léčebné náklady na pacienta po plastice zkříženého vazů

Data týkající se nákladů na rehabilitační péči byla získána na Klinice rehabilitačního lékařství VFN za souhlasu vedoucí detašovaného pracoviště na Fakultní poliklinice. Na základě FT poukazu byl pacient objednan na vyšetření k rehabilitačním lékařům, který u všech nemocných indikoval individuální a fyzikální terapii. Do vyčíslení nákladů byl zahrnut léčebný postup, který obsahoval desetkrát individuální terapii trvající 60 minut, desetkrát magnetoterapii a hydroterapii s časovou dotací 30 minut. Úhradová vyhláška pro rok 2018 pro sazbu u odbornosti 902 (Fyzioterapeut) je 0,81 Kč.[24]

Individuální fyzioterapie je tvořena jednotlivými výkony, které jsou blíže specifikovány v *Tab. 3.3*. Jejich možná kombinace je stanovena na základě předem dohodnutých pravidel, která byla nasmlouvána s jednotlivými zdravotními pojišťovnami. Pro vyčíslení nákladů v této diplomové práci byly použity běžné kombinace výkonů u pacientů po plastice LCA.

Jak vyplývá z tabulky, náklady na první návštěvu zahrnující vstupní vyšetření fyzioterapeutem a individuální terapii činí 335 Kč, respektive 842 Kč. Do fyzikální terapie spadá magnetoterapie a hydroterapie, kdy náklady činí 379 Kč, respektive 224 Kč a časová dotace u obou terapií je 30 minut. V případě kombinace vstupního vyšetření, fyzikální a individuální terapie tato částka dosáhla 1780 Kč. Každá další návštěva zahrnovala individuální terapii, magnetoterapii a hydroterapii, tedy náklady na 2 hodinovou léčbu činily 1445 Kč. Součástí poslední návštěvy byl výstupní kineziologický rozbor, jehož cena je 90 Kč, tzn. náklady na poslední terapii byly 1535 Kč. Na základě úhradové vyhlášky (Vyhláška č. 201/2018 Sb. *Vyhláška o stanovení hodnot bodu, výše úhrad hrazených služeb a regulačních omezení pro rok 2019*)[25] činí náklady na léčbu jednoho pacienta po operaci LCA 14 876 Kč.

Dále je zde pohyblivá složka – instruktáž pacienta, kterou bylo možné vykázat jen jednou za týden a nesmí být v kombinaci s individuální kinezioterapií. V rámci této DP nebyla tato částka započítána vzhledem k daným pravidlům.

Tab. 3.3: Komplexní přehled nákladů na léčbu

Název terapie	Kód	Vykazovaná hodnota	Hodnota bodu odbornost 902	Počet	Cena celkem
Vířivá vana	21315	234	0,81 Kč	2	379,08 Kč
Magnetoterapie	21113	138	0,81 Kč	2	223,56 Kč
Individuální kinezioterapie ii. (léčebná tělesná výchova individuální – kondiční a analytické metody)	21225	84	0,81 Kč	1	68,04 Kč
Individuální kinezioterapie i. (léčebná tělesná výchova na neurofyziologickém podkladě)	21221	524	0,81 Kč	1	424,44 Kč
Individuální ltv – nácvik lokomoce a mobility	21717	84	0,81 Kč	1	68,04 Kč
Léčebná tělesná výchova individuální pod dohledem na přístrojích	21219	89	0,81 Kč	1	72,09 Kč
Mobilizace páteře a periferních kloubů	21415	175	0,81 Kč	1	141,75 Kč
Techniky měkkých tkání	21413	84	0,81 Kč	1	68,04 Kč
Léčebná tělesná výchova – instruktáž a zácvik pacienta a jeho rodinných příslušníků	21215	167	0,81 Kč	1	135,27 Kč
Komplexní kineziologické vyšetření	21001	414	0,81 Kč	1	335,34 Kč
Kineziologické vyšetření	21002	167	0,81 Kč	1	135,27 Kč
Kontrolní kineziologické vyšetření	21003	111	0,81 Kč	1	89,91 Kč

Tab. 3.4: Výsledné náklady na léčbu

Kombinace terapií	Kombinace kódů	Celková částka
Individuální fyzioterapie	(21225+21221+21717+21219+21415+21413)	842,40 Kč
Fyzikální terapie (vířivka + magnet)	(21315 (2x)+21113 (2x))	602,64 Kč
Vstupní a výstupní bodové ohodnocení:		
Vstupní vyšetření	21001	335,34 Kč
Výstupní vyšetření	21003	89,91 Kč
Cena za vstupní terapii s fyzikální terapií:	(21225+21221+21717+21219+21415+214113+21001+21315(2x)+ 21113 (2x))	1 780,38 Kč
Cena celkem za každou terapii:		1 445,04 Kč
Cena celkem za výstupní terapii:		1 534,95 Kč
Variabilní složka bodů:	21215	135,27 Kč
Celková cena za jednu terapii	Fyzikální, individuální terapie, vstupní a výstupní vyšetření	1 870,29 Kč
Celková cena za 10 návštěv u terapeuta		14 875,65 Kč

3.6 Nákladová analýza – CEA

V rámci hodnocení využitelnosti mobilní aplikace ve fyzioterapii v ambulantních klinikách bylo potřeba provést analýzu nákladové efektivity. Vzhledem k tomu, že se jedná o terapii, která trvá 5-8 týdnů, byly započteny náklady na péči o pacienta za období dvou měsíců, stejně tak na provoz aplikace.

Klinické efekty byly spočítány jako průměrné procentuální zlepšení ze všech testovacích prvků. Původně se v rámci řešení uvažovalo o oškálování jednotlivých prvků, nicméně všechny hodnocené prvky jsou na stejné úrovni a nelze rozhodnout, který z nich má větší váhu. Toto rozhodnutí vyplývá z konzultace se skupinou odborníků, se kterými byla tato problematika řešena. Jednalo se o primárku rehabilitační kliniky, rehabilitační lékařku, vedoucí fyzioterapie na oddělení rehabilitace ve Fakultní poliklinice VFN v Praze, vedoucí fyzioterapie na klinice rehabilitačního lékařství 1. LF UK a VFN. Nákladová efektivita byla vypočítána na základě výše zmíněného vzorce, viz kap.2.1.1.

Tab. 3.5: Analýza nákladové efektivity

Klinický efekt – průměrné zlepšení	
S aplikací	28%
Bez aplikace	17%
Náklady po dobu 2 měsíců	
Náklady s mobilní aplikací	17 938,03 Kč
Náklady bez mobilní aplikace	14 875,65 Kč
CEA	
S mobilní aplikací	15,65
Bez mobilní aplikace	11,29

Z výše uvedené tabulky můžeme vidět, že celkový efekt je vyšší u varianty s mobilní aplikací. Je to dáno především lepším klinickým efektem při využití této technologie.

3.7 Implementace mechanismů pro bezpečné používání mobilní aplikace

3.7.1 Analýza rizik mobilní aplikace

Účelem této analýzy rizik je zhodnotit přiměřenost a rozsah zabezpečení mobilních aplikací používaných ve zdravotnických zařízeních. Jejím hlavním cílem je pokrytí možných bezpečnostních rizik, která mohou nastat během provozu této moderní technologie. Analýza rizik by měla sloužit i jako podklad pro vytvoření celkové IT infrastruktury a výběr vhodné bezpečnostní strategie. Pro analýzu rizik bude použita stupnice 1-5. K vytvoření analýzy rizik byla sestavena expertní skupina skládající se z vývojářů aplikace, fyzioterapeutů a pacientů jakožto uživatelů aplikace a bezpečnostního experta. Ti společně určili možná rizika a jejich dopady, které byly následně ohodnoceny dle míry pravděpodobnosti výskytu (O), závažnosti (S) a možnosti jejich odhalení (D) dle metody Failure Mode Effects Analysis (FMEA). Byla také stanovena nápravná opatření a celkové riziko přehodnoceno na základě jejich implementace.

3.7.2 Vymezení pravděpodobnosti výskytu rizika

Při stanovení jednotlivých rizik byly brány v úvahu možnosti původce hrozeb, povahu zranitelnosti, existenci a účinnost kontrolních mechanismů. U těchto faktorů pak byl stanoven potenciál jejich výskytu na stupnici 1-5.

Z provedené analýzy vyplývá, že největším rizikem je ztráta osobních dat, dále porušení GDPR (General Data Protection Regulation – Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2016/679 ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (obecné nařízení o ochraně osobních údajů) a poškození zdraví pacienta.

Střední riziko bylo přiřazeno složitému uživatelskému rozhraní, možnosti nekontrolovaného fyzického přetížení rehabilitovaného pacienta a také například nedostatečné zabezpečení osobních dat.

Mezi rizika s nízkou pravděpodobností výskytu patřil například krátkodobý výpadek lokálních systémů nebo selhání operačního systému mobilního telefonu.

3.7.3 Vymezení dopadu rizik

Dalším důležitým krokem při vyhodnocování míry rizika je stanovení jeho dopadu na další fungování a správu technologie a třetí stranu. Negativní dopad na bezpečnostní událost lze popsat z hlediska způsobených finančních ztrát, kvality zdravotní péče nebo hodnocením na základě vytyčených kritérií v rámci strategie zabezpečení technologie.

Vysoký rozsah dopadu může vést ke značným ztrátám na majetku, finančních a personálních zdrojích. Dále může významně narušit chod zdravotnické organizace, její pověst nebo zájmy. Patří sem například: ztráta dat, nedostatečné, až nemožné připojení se na internet, zpomalení softwaru, zneužití osobních dat, neúspěšná léčba, v nejhorším případě poškození zdraví pacienta.

Střední rozsah může rovněž vést ke ztrátám na majetku a zdrojích, může dojít ke kolapsu mobilní aplikace, poškození pacienta, a to jak po fyzické, tak i psychické stránce. Dále mohou nastat případy právních postihů zdravotnického zařízení, zhoršení vztahu mezi terapeutem a pacientem, a předčasné ukončení terapie.

I nízký dopad může vést ke ztrátě věrohodnosti zdravotnického personálu a zařízení. Jako příklad můžeme uvést ztrátu uložených dat v mobilním telefonu, nevyužití potenciálu mobilní aplikace nebo její nefunkčnost.

3.7.4 Vymezení rizik postihujících funkčnost mobilní aplikace

Pro vymezení rizik v oblasti informačních technologií je třeba na začátku identifikovat potenciální hrozby. V případě propuknutí daného nebezpečí je nutné stanovit rozsah dopadu a vytvořit nebo upravit bezpečnostní kontrolní mechanismy, sloužící ke snížení nebo úplné eliminaci rizika.

V případě výskytu vysokého rizika je nutné co nejdříve provést nápravná opatření. Např. Rizika používání zastaralého softwaru jsou eliminována zavedením pravidelného upozornění na aktualizace a školení pacientů. Jednou z dalších identifikovaných hrozeb

bylo například porušení GDPR. Řešením bylo zpřísnění kontroly pro zajištění ochrany osobních dat, nastavení pravidelných auditů a proškolení personálu apod.

Pro střední riziko jsou vyžadována taková nápravná opatření, která je nutné implementovat v adekvátní lhůtě. Příkladem je selhání lidského faktoru na straně personálu, kdy bylo jako opatření zavedeno pravidelné proškolení zaměstnanců, supervize s nadřízeným či dlouhodobé vzdělávání. Další rizikem jsou komunikační bariéry mezi terapeutem a pacientem. V reakci na to se zvýšila frekvence individuální zpětné vazby od terapeuta, zkvalitnění osobního přístupu či transparentní rehabilitační plán.

V případě nízkého rizika je třeba se rozhodnout, zdali budou implementována nápravná opatření, nebo se daná hrozba přijme jako minoritní záležitost. Taková rizika jsou například malé zkušenosti uživatele s používáním mobilních aplikací, starý mobilní telefon nepodporující danou technologii, případně odcizení pacientova mobilního telefonu.

3.7.5 Výsledky analýzy rizik

Činnost	Možné dopady	S	O	D	RPN	Přijatelnost rizika	Opatření	S	O	D	RPN	Přijatelnost rizika
Oblast: Využití mob. aplikace v rehabilitaci								Po zavedení NO				
Složité uživatelské rozhraní	• Nevyužití potenciálu mobilní aplikace	3	3	4	36	vysoké riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Proškolení uživatele s užíváním aplikace • Analýza vytiženosti pracoviště na základě statistických dat • Zavedení monitorování spokojenosti personálu • Motivační modely – benefity, příplatky 	3	2	2	12	malé riziko
Nepochopení zadané terapie z pohledu pacienta	• Zhoršení zdravotního stavu	4	3	3	36	vysoké riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Zavedení kontroly pomocí komunikace terapeuta s pacientem • Časté opakování cviků pod dohledem terapeuta při pravidelných kontrolách • Zaslání domácího cvičení terapeutovi 	4	2	3	24	střední riziko
Ztráta osobních dat	• Právní postihy ZZ	4	5	1	20	střední riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Proškolení personálu • Systém celoživotního vzdělávání a školení • Poučení pacienta • Pravidelné testování • Právní postihy • Penetration testing • Revize SOP pro údržbu a vedení dokumentace • Zavedení bezpečnostních opatření při manipulaci s osobními daty • Zavedení interních sankcí za porušení GDPR 	4	3	1	12	malé riziko

GDPR – zneužití posílaných fotek	• Zneužití osobní údajů	4	5	5	100	vysoké riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Proškolení personálu • Poučení pacienta o ochraně osobních dat • Pravidelné kontroly • Penetration testing • Revize SOP pro údržbu a vedení dokumentace • Zavedení bezpečnostních opatření při manipulaci s osobními daty • Zavedení interních sankcí za porušení GDPR 	4	3	2	24	střední riziko
GDPR – zneužití osobní informace	• Zneužití osobních informací	4	4	3	48	vysoké riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Analýza nežádoucích příhod • Přísná kontrola zajištění ochrany osobních dat • Pravidelné audity • Proškolení personálu • Poučení pacienta o nakládání s osobními informacemi • Právní postihy 	4	3	2	24	střední riziko
Ztráta přihlašovacích údajů uživatele	• Ztráta dat	1	4	1	4	malé riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Možnost obnovy hesla • Využití přihlašování pomocí otisku prstu 	1	2	1	2	malé riziko
Nedostatečná investice při zakoupení chytrého telefonu	• Nefunkčnost mobilní aplikace	1	2	2	4	malé riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Využití výhodných balíčků od operátorů • Analýza trhu s mobilními telefony 	1	1	1	1	malé riziko

Nedodržování cvičebního plánu	<ul style="list-style-type: none"> Poškození pacienta Neúspěch léčby 	2	4	4	32	vysoké riziko	<ul style="list-style-type: none"> Edukace pacienta o nutnosti dodržování cvičebního plánu Zlepšení UX, UI terapeuta i pacienta Pravidelná zpětná vazba Pravidelné hodnocení zlepšení a postupu rehabilitace 	2	2	3	12	malé riziko
Ztráta motivace pacienta	<ul style="list-style-type: none"> Neúspěch léčby 	2	5	4	40	vysoké riziko	<ul style="list-style-type: none"> Zlepšení UX, UI mobilní aplikace Pravidelná zpětná vazba Pravidelné hodnocení zlepšení a postupu rehabilitace Udělování pochval pomocí „odznáček“ v aplikaci Sdílení dosažených výsledků s ostatními uživateli Evidence posledního cvičení, upomínky 	2	3	3	18	střední riziko
Přetížení určité rehabilitované oblasti pacienta	<ul style="list-style-type: none"> Poškození pacienta Neúspěch léčby 	2	3	4	24	střední riziko	<ul style="list-style-type: none"> Zlepšení UX, UI mobilní aplikace Edukace pacienta o možnosti rizika Pravidelná zpětná vazba Pravidelné hodnocení zlepšení a postupu rehabilitace 	2	1	3	6	malé riziko
Upnutí se pacienta na terapeuta	<ul style="list-style-type: none"> Ukončení spolupráce 	3	2	3	18	střední riziko	<ul style="list-style-type: none"> Pravidelná supervize terapeuta i pacienta Profesionální odstup terapeuta Udržení pracovní a osobní roviny mezi terapeute a pacientem 	3	1	1	3	malé riziko
Komunikační bariéry mezi terapeutem a pacientem	<ul style="list-style-type: none"> Špatný vztah mezi terapeutem a pacientem Pacient nepochopí zadané cviky 	3	2	3	18	střední riziko	<ul style="list-style-type: none"> Individuální nastavení zpětné vazby Transparentní rehabilitační plán Osobní přístup 	3	1	2	6	malé riziko

Odcizení telefonu	<ul style="list-style-type: none"> Ztráta dat Ztráta financí 	1	2	2	4	malé riziko	<ul style="list-style-type: none"> Pojištění zařízení Používání cloudového úložiště Zálohování dat 	1	1	2	2	malé riziko
Ztráta digitální identity uživatele	<ul style="list-style-type: none"> Profil zneužívá jiný uživatel Zneužití identity uživatele 	3	2	3	18	střední riziko	<ul style="list-style-type: none"> Dvoufázové ověření přihlašování Nastavení dostatečně silného osobního hesla Nesdílet a neukládat přístupová data v jednom souboru 	3	1	2	6	malé riziko
Obtížná instalace aplikace do telefonu	<ul style="list-style-type: none"> Nenainstalování mobilní aplikace 	3	4	2	24	střední riziko	<ul style="list-style-type: none"> Příprava jednoduché a dostupné videotutoriálu Zapojení terapeutů a jejich proškolení Helpdesk, který je k dispozici alespoň online Sbírání chybových hlášení z nezdařených instalací Zpracování nápravných opatření Zařazení fáze Beta testování 	3	1	1	3	malé riziko
Malé zkušenosti uživatele s používáním mobilních aplikací	<ul style="list-style-type: none"> Nevyužití potenciálu mobilní aplikace 	1	4	3	12	malé riziko	<ul style="list-style-type: none"> Jednoduché UX, UI Dostupný helpdesk Jednoduchá a přehledná "wikipedia" nebo FAQ Manuál bude součástí aplikace 	1	1	2	2	malé riziko
Nedostatečná ochrana osobních dat: spyware a malware – získání dat bez vědomí uživatele	<ul style="list-style-type: none"> Ztráta dat, jako jsou osobní údaje Přeposílání virů 	4	3	4	48	vysoké riziko	<ul style="list-style-type: none"> Přísná kontrola zajištění ochrany osobních H20 Pravidelné audity Právní postihy Aplikace nemá oprávněný přístup k poloze zařízení 	4	2	3	24	střední riziko

Monitorování a vyhledávání polohy uživatele pomocí GPS	<ul style="list-style-type: none"> • Stalking • Omezování svobody uživatele 	4	2	4	32	vysoké riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Přísná kontrola zajištění ochrany osobních dat • Pravidelné audity • Právní postihy • Aplikace nemá oprávněný přístup k poloze zařízení 	4	1	3	12	malé riziko
Nedostatečně zabezpečené uložště dat	<ul style="list-style-type: none"> • Zneužití osobních informací 	4	4	4	64	vysoké riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Přísná kontrola zajištění ochrany osobních dat • Pravidelné audity • Právní postihy • Penetration testing 	4	2	3	24	střední riziko
Neoprávněný přístup k datům uloženým na mobilních zařízeních, úmyslné, nebo neúmyslné	<ul style="list-style-type: none"> • Zneužití uživatelského profilu 	3	3	3	27	střední riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Dvoufázové ověření přihlášení • Pravidelné testování • Penetration testing 	3	2	2	12	malé riziko
Selhání operačního systému mobilního telefonu	<ul style="list-style-type: none"> • Nefunkčnost mobilní aplikace 	3	2	1	6	malé riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Aktualizace softwaru • Dodržování uživatelských zásad správného používání • Pravidelné aktualizace aplikace v souvislosti s vývojem OS 	3	1	1	3	malé riziko
Phishing – neoprávněný sběr osobních dat	<ul style="list-style-type: none"> • Zneužití osobních informací 	4	3	3	36	vysoké riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Dostatečně silné zabezpečení • Edukace, školení o virech 	4	2	3	24	střední riziko
Slabé heslo – přístupové heslo může být prolomeno útokem, třeba i vzdáleně	<ul style="list-style-type: none"> • Změnění, zablokování hesel na uživatelském účtu 	2	5	3	30	vysoké riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Dvoufázové ověření přihlášení • Pravidelné testování • Ověření otiskem prstu • Penetration testing • Automatická kontrola síly hesla 	2	3	3	18	střední riziko

Personál neví, jak ovládat a používat mobilní aplikaci	• Selhání helpdesku a pomoci pro uživatele	2	3	3	18	střední riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Pravidelné školení • Dostupný helpdesk • Videotutoriály • Jednoduché uživatelské rozhraní 	2	2	3	12	malé riziko
Zhroucení systému – zničení mobilního zařízení v důsledku nízké kvality hardwaru	• Ztráta uložených dat v mobilním telefonu	2	2	1	4	malé riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Koupě nového zařízení • Možnost webového přístupu 	2	1	1	2	malé riziko
Neprovádění záplat – neaktuální software	• Zpomalení softwaru	2	4	4	32	vysoké riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Pravidelná upozornění na aktualizace • Školení 	2	3	3	18	střední riziko
Staré zařízení – aplikaci nelze stáhnout do starého mobilního zařízení	• Aplikaci nelze stáhnout do starého mobilního zařízení	1	4	2	8	malé riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Koupě novějšího zařízení • Možnost webové aplikace • Rozšíření použitelných verzí softwaru OS o nejběžněji prodávané na trhu 	1	2	1	2	malé riziko
Selhání LAN – komunikačního zařízení, WiFi – přístupového bodu nebo VPN brány	• Nedostatečné až nemožné připojení	3	3	5	45	vysoké riziko	• Zajištění záložního připojení typu LTE v mobilu	3	1	4	12	malé riziko
Přetížená kapacita vnitřní sítě	• Zpomalení softwaru	3	3	5	45	vysoké riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Aktualizace softwaru i hardwaru • Záložní vyrovnávací paměť nebo alternativní zdroj 	3	1	4	12	malé riziko
Ochrana interní komunikace – neoprávněný přístup k datům přenášeným interní sítí	• Ztráta dat	4	3	4	48	vysoké riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Pravidelné testování • Zajištění certifikace • Kvalitně šifrovaný protokol 	4	2	3	24	střední riziko

Ochrana externí komunikace – poškození dat během přenosu po externí síti	• Ztráta dat	4	4	4	64	vysoké riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Pravidelné testování • Zajištění certifikace • Kvalitně šifrovaný protokol 	4	2	3	24	střední riziko
Přetížení služeb – nedostatečný výkon serveru má vliv na odezvu služeb	<ul style="list-style-type: none"> • Zpomalení softwaru • Nedostupnost helpdesku 	3	3	5	45	vysoké riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Aktualizace softwaru i hardwaru • Záložní vyrovnávací paměť nebo alternativní zdroj • Navýšení kapacity serveru 	3	1	4	12	malé riziko
Krátkodobý výpadek – nedostupnost služeb v případě krátkodobého výpadku lokálních systémů	• Ztráta funkce mobilní aplikace	2	2	5	20	střední riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Krizová komunikace • Hotový krizový plán • Predictive maintenance • Dostupný helpdesk • Transparentní krizová komunikace • Možnost poskytnutí videí offline na přenosných mediích ze ZZ • Automatická chybová hlášení o chodu aplikace pro poskytovatele služby • Podpora offline režimu • Zajištění setup serveru 	2	1	4	8	malé riziko
Lidský faktor – selhání správce sítě	• Kolaps funkcí mobilní aplikace	3	3	2	18	střední riziko	<ul style="list-style-type: none"> • Dlouhodobé vzdělání • Proškolení • Pravidelná supervize • Výběr kvalifikovaného správce sítě, zavedené firmy • Pravidelné hodnocení poskytovaných služeb • Smluvně zavedené podmínky poskytování služby 	3	2	1	6	malé riziko

3.7.6 Výsledky z analýzy rizik

Celkem bylo identifikováno 33 rizik. Bez stanovení opatření byli některé oblasti vysoce rizikové, nicméně po zavedení opatření jsou všechna rizika malá či střední. Mezi střední rizika i po zavedení opatření lze řadit: nepochopení zadané terapie z pohledu pacienta, GDPR – zneužití posílaných fotek, GDPR – zneužití osobní informace, ztráta motivace pacienta, nedostatečná ochrana osobních dat: spyware a malware – získání dat bez vědomí uživatele, nedostatečně zabezpečené úložiště dat, Phishing – neoprávněný sběr osobních dat, slabé heslo – přístupové heslo může být prolomeno útokem, třeba i vzdáleně, neprovádění záplat – neaktuální software, ochrana interní komunikace – neoprávněný přístup k datům přenášeným interní sítí a ochrana externí komunikace – poškození dat během přenosu po externí síti. Tato rizika jsou však taktéž minimalizována stanovenými opatřeními. Mezi nejčastější opatření lze řadit školení, pravidelné testování, kvalitně šifrovaný protokol, zavedení certifikace a další technická zabezpečení chodu aplikace.

4 Diskuze

V rámci diplomové práce byla podrobně analyzována problematika mHealth z pohledu využití aplikací pro ambulantní rehabilitační polikliniku v České republice. Zjistila jsem, že v tuzemsku je tento moderní způsob komunikace s pacientem stále nedoceněný a málo používaný. Při snaze zmapovat dosavadní využití mobilních aplikací v České republice jsem narazila na práci Smahel et al.[26], ve které autoři rozpracovali sociodemografické a individuální charakteristiky uživatelů. Díky těmto parametrům je možné určit nejvyužívanější aplikace. Nejčastěji jsou zaměřené na redukci váhy, socializaci uživatelů, plánování a sledování jejich cílů. Během zpracování této DP nebyla v České republice nalezena žádná aplikace vytvořená zdravotnickými institucemi.

Poznatky z výše uvedené studie mohou pomoci při vývoji aplikací mHealth, které by z ideálního pohledu měly být přizpůsobené uživatelským profilům. Dalším zjištěním je, že nadměrné cvičení a touha po štihlé postavě může souviset s problémy s poruchami příjmu potravy. [14,15] Je důležité pochopit, které funkce aplikací mHealth souvisí s možnými rizikovými faktory, ale i včasné zaznamenání problematického zdravotního chování, aby mohly být vytvořeny kontrolní mechanismy a procesy, které by upozorňovaly na tato rizika. [26]

Klinické efekty

Na základě výsledků šesti – a desetimínutového testu byl zaznamenán neustálý progres pacientů. Avšak specifikace vytrvalostního tréninku tvrdí, že po období terapie (5-8 týdnů) je menší pravděpodobnost toho, že pacienti dosáhnou lepší fyzické kondice. Efekty takového tréninku se projevují až s delším časovým odstupem, který se datuje od 8. týdne do 3 měsíců po zahájení rehabilitace, a to v závislosti na požadované úrovni adaptace a typu sportu. [27] Ale například aerobní trénink přispívá k rychlejší regeneraci po sportovním výkonu nebo po traumatické změně. [28] Tento aspekt je vhodný zohlednit a zakomponovat v terapii například skrze pomocí mobilních aplikací. Jedním z dalších ukazatelů byl počet kroků za již zmiňovaný časový úsek. Jak už bylo řečeno, výsledky vytrvalostního tréninku se dostávají pozvolna, nejdříve však po 8 týdnech, v závislosti na typu sportu.[27]

Výsledky testování svalové síly po 2. měření vykazovaly pozitivní efekt. U pacientů využívajících mobilní aplikací vzrostla svalová síla na měřeném m.guadriceps femoris o 1 stupeň na škále Jandova svalového testu. V případě antagonistů – hamstringů, bylo u obou testovaných skupin dosaženo pozitivního nárůstu o jeden bod. Smékal a spol. například zmiňují, že k návratu svalové síly extenzorů u plastik z hamstringů dochází postupně. Menší svalová síla se projevuje až do 6. měsíce a k úplné obnově extenční síly dochází do jednoho roku od operace. [1]

Jednou z komplikací, která se může objevit při nárůstu svalové síly, je poúrazový otok v kolenním kloubu. Objemný otok zabraňuje provedení plné extenzi, což způsobuje inhibici m. quadriceps femoris, následně dochází k jeho atrofii. [28] Tato sekundární komplikace oddaluje celkový rehabilitační progres. V krajním případě velkého oslabení čtyřhlavého svalu stehenního může dojít k instabilitě v kolenního kloubu a ke změně konfigurace osového zatížení. [37]

Avšak po prostudování několika zdrojů, zabývajících se regeneračními schopnosti tohoto svalu, byla nalezena studie, která zpracovává nárůst izometrické svalové síly na operované dolní končetině pacientů po totální endoprotéze kolenního kloubu. Autor uvádí, že v případě nízkého otoku v dané oblasti, dochází po týdenním rehabilitačním programu k nárůstu svalové síly průměrně o 44 N (18,9 Nm), tedy o 56,8 % ($p < 0,05$) oproti výchozím hodnotám. [29] Je nutné zmínit, že se nejednalo o pacienty po traumatických úrazech jako je ruptura LCA, nýbrž o pacienty čekající na plánovaný operační výkon. Metaanalýza z roku 2018, která se věnuje mechanismům zvyšujícím svalovou sílu v rámci rehabilitace uvádí, že zvýšením četnosti tréninkové jednotky, se průměrně zvýší i svalová síla.[35]

Vzhledem ke stavbě m.quadricepsu femori, jakožto nejmohutnějšího svalu v lidském těle a nejvýznamnějšího extenzoru kolenního kloubu, bychom mohli očekávat, že návrat k původnímu objemu bude rychlejší než u zbytku postižených svalů. [30] Avšak získaná data nezaznamenala výraznější procentuální zlepšení. U experimentální skupiny se objem v oblasti stehenního svalu zvětšil o 70 mm a u kontrolní skupiny o 55 mm. Tyto hodnoty mohou být poněkud zavádějící kvůli posttraumatickému otoku ve zkoumané oblasti, který může zkreslit získané výsledky.

Při hlubším zkoumání fyziologické stavby tohoto svalu je možné ho rozdělit podle mikroskopických, histochemických a fyziologických vlastností. Svalová vlákna jsou rozdělena na čtyři typy. Pomalá červená vlákna (typ I, SO – slow oxidative), která převládají v m. vastus lateralis a uplatňují se především při vytrvalostních zátěžích nižší intenzity. Jeho barva je tvořena větším obsahem myoglobinu, mitochondrií a krevních kapilár. Druhý typ vláken, který je označován jako (typ IIa, FOG – fast oxidative glycolytic), obsahuje vysokou glykolytickou kapacitu, má rychlou kontrakci a je středně rychle unavitelný. Tato vlákna se vyskytují v m. vastus medialis. V případě dlouhodobého znehybnění tohoto svalu dochází k jeho velmi rychlé atrofii. Posledním typem jsou tzv. vlákna bílá a přechodná (typ III). Jedná se o nediferencovaný typ, která mají potenciál vytvářet výše předešlé druhy vláken. [30] I přes fyziologické znevýhodnění tohoto svalu dosáhla experimentální skupina zlepšení o 36 % a kontrolní o 27 %.

V případě této diplomové práce nebyli probandi rozděleni dle pohlaví či věku. Je ale vhodné uvést, že u mužů převládají svalová vlákna typu II (tedy silnější), s vyšší kapacitou anaerobních enzymů, větší silou a rychlostí kontrakce a s vyšší mírou unavitelnosti. Dále byl prokázán fakt, že po 40. roku života dochází k atrofii všech typů svalových vláken u obou pohlaví. [30] Závěrem lze říci, že pacientky po 40. roku věku

jsou mírně znevýhodněné, co se týče obnovení svalové síly, což mohlo mít vliv na konečný výsledek testování zaměřujícího se na tento efekt.

Průměrné zlepšení u lýtkového svalu dopadlo u obou skupin totožně, což mohlo být způsobeno krátkou dobou sledování pacienta nebo fyziologickým složením svalu. V porovnání se stehenním svalem bylo zaznamenáno mírné zlepšení, které mohlo být ovlivněno právě jeho fyziologií anebo jeho funkcí hlavního flexoru kolenního kloubu. Typy vláken v lýtkovém svalu jsou zastoupeny obdobně, nicméně jejich procentuální množství je odlišné v porovnání se stehenním svalem. Červená vlákna (typu I, SO) jsou obsažena v m. soleus, pro přesnější představu jsou tvořena z 87,7 % tonickými vlákny. Pro ně je charakteristické, že jsou ekonomičtější a vhodnější pro stavbu svalů zajišťujících spíše statické a polohové funkce a pomalý pohyb. Druhým svalem je m. gastrocnemius. Je složený z 32,6 % tonickými a 67,4 % fázickými vlákny. Vzhledem k těmto okolnostem lze předpokládat, že výpadek m. triceps surae nebude mít takový vliv na výslednou atrofii. [30], [31]

Terapie u obou souborů probíhala v rámci fyzioterapie dvakrát týdně. Přesto extenze u první skupiny zaznamenala v prvních 4-8 týdnech větší progres než druhá skupina. Ten mohl být způsobený zavedením mobilní aplikace u experimentální skupiny a následně zvýšenou intenzitou protahování na každodenní trénink. Doktor Smékal, zabývající se rehabilitací po LCA, zmiňuje, že pro zlepšení extenze jsou nejdůležitější první 4 až 12 týdnů od zahájení rehabilitace. Druhým milníkem je 6. měsíc od operace, přičemž autor uvádí, že pokud nebylo dosaženo plné extenze, daná patologie nejde později odstranit. Vzhledem k tomuto faktu je vhodné co nejefektivněji využít dnešní dostupnou technologii pro snížení nežádoucích jevů. [32] [1]

Co se týče flexe v kolenním kloubu, experimentální skupina zaznamenala průměrné zlepšení o 20°, u kontrolní skupiny se hodnota pohybovala zhruba okolo 12°. Výsledný efekt této DP může být způsobený vyšší intenzitou tréninku, kterou pacientovi poskytovala mobilní aplikace. Ve své práci MUDr. Smékal zmiňuje, že u pacientů po plastice byl zjištěn deficit extenze, který u patelárního vazů tvořil 5 % a u pacientů po plastice z hamstringů 13 %. [1]

Procento bolestivosti na škále VAS bylo vyšší u experimentální skupiny, což může být zapříčiněno zátěží a intenzitou tréninku. Touto problematikou se zabývá například práce chirurga MUDr. Martina Opočenského, Ph.D. který jmenuje faktory ovlivňující opětovné reoperace po rekonstrukci ACL. [36] Podle Opočenského je bolest jedním z hlavních indikátorů přetížení a následného nebezpečí recidivy ruptury LCA. Proto je nutné správně nastavit ochranné mechanismy a důsledně kontrolovat bolest při terapii.

Vzhledem ke zvýšené zátěži u experimentální skupiny, způsobené cvičením s mobilní aplikací, je pravděpodobné, že se mohou vyskytnout komplikace jako je například pórúrazový či reziduální otok. V rámci toho testování byl rozdíl obvodu přes patellu mezi skupinami minimální. Hlavní důraz je kladen na snižování

posttraumatického otoku, který inhibuje čtyřhlavý stehenní sval a tím následně způsobuje jeho atrofii. [38]

Stav kolenního kloubu byla otestován pomocí dotazníku, který se skládal z Lysholm skóre a subjektivního skóre IKDC, které byly upraveny pro potřeby polikliniky. Výsledky tohoto testování upřednostňují experimentální skupinu vzhledem k vyššímu počtu bodů než u kontrolní. Z důvodu provázanosti všech zkoumaných klinických efektů není tento pozitivní výsledek kontrolní skupiny nikterak překvapující. Tento test poskytuje všechny informace o stavu kolenního kloubu jako například schopnost udělat dřep, kleknout si a vyskočit a dopadnout na jedné noze. Pomocí Lysholm skóre byli pacienti průběžně sledováni a na konci bylo zaznamenáno jejich zlepšení. V práci zabývající se postupem rehabilitace po rekonstrukci LCA, s ohledem na zhodnocení schopností kolenního kloubu po rekonstrukci zkříženého vazů, se považuje tato kombinace za jednu nejlepších, neboť popisuje mechanické blokování, nestabilitu, bolest nebo otok. [33][34]

Pro rozšíření využitelnosti testu do něj byly zakomponovány prvky z ADL (activities of daily living), mezi které patří chůze do schodů a ze schodů. V rámci tohoto testování pacienti vyšli schody za určitou jednotku času, která byla poté porovnána při druhém testování.

Závěrem je důležité říci, že se tato práce zabývá pilotním testováním mobilní aplikace. To znamená, že počet testovaných probandů je nižší, než by měl standardně při prokazování efektivity nové technologie být. Tento způsob byl zvolen z důvodu, že bylo třeba zjistit, zdali má smysl se touto problematikou více zabývat a vytvářet komplexnější hodnocení. Z tohoto důvodu může být klinický efekt zkreslený.

Jak je ale možné interpretovat z grafů, na základě získaných parametrů lze konstatovat, že mezi vybranými klinickými údaji pro využití a nevyužití mobilní aplikace existuje významná závislost. Tu lze demonstrovat na kombinaci na sebe navzájem působících negativních klinických efektů. Po operaci je tedy nutné eliminovat otok, redukovat bolest, udržet nebo obnovit plný rozsah pohybu v kloubu a obnovit normální stereotyp chůze. V případě, že se nám podaří odstranit nebo zbrzdít tyto devastující mechanismy, můžeme zpomalit, ba zabránit vzniku osteoartrózám a chronickým nestabilitám.

Analýza nákladové efektivity

V rámci hodnocení nákladové efektivity bylo zkoumáno, jak velký efekt je na 1 Kč. Jak již bylo zmíněno ve výsledcích, rehabilitace u pacientů využívající mobilní aplikaci byla účinnější. Závěry mohou být ovlivněny jednak velikostí zkoumané skupiny, jednak výší nákladů. V rámci nákladů byla nicméně vzata v potaz cena na pacienta dle úhradové vyhlášky z roku 2018. Tato částka by se mohla měnit. Avšak vzhledem k tomu, že je rehabilitace dlouhodobě spíše podfinancovaná, můžeme předpokládat, že by poměr klinického efektu v porovnání s náklady rehabilitace s, nebo bez mobilní aplikace, byl ještě vyšší.

Nákladovou efektivitu by dále mohla ovlivnit cena za pořízení aplikace. V úvahu připadají dva operační systémy – iOS a Android. Systém iOS používá v České republice pouze 20 % majitelů chytrého telefonu. Samotný vývoj by ale stál o 100 000 Kč více. Tedy byl brán v potaz, aby byla využita hraniční částka. Náklady na pořízení aplikace byly pro orientaci poptány pouze u jedné společnosti. Z toho důvodu byla provedena citlivostní analýza, ve které byly brány v potaz náklady o 50 % vyšší a nižší (v případě, že by se do budoucna aplikace nechala vytvářet v jiné společnosti), viz *Tab. 4.1*.

Tab. 4.1: Citlivostní analýza CEA

Klinický efekt – průměrné zlepšení	
S aplikací	28%
Bez aplikace	17%
Náklady po dobu 2 měsíců	
Náklady s mobilní aplikací + 50 %	19,469.22 Kč
Náklady bez mobilní aplikace	14,875.65 Kč
CEA	
S mobilní aplikací	14.42
Bez mobilní aplikace	11.29
Klinický efekt – průměrné zlepšení	
S aplikací	28%
Bez aplikace	17%
Náklady po dobu 2 měsíců	
Náklady s mobilní aplikací - 50 %	16,406.84 Kč
Náklady bez mobilní aplikace	14,875.65 Kč
CEA	
S mobilní aplikací	17.11
Bez mobilní aplikace	11.29

I když byla zvýšena či snížena cena za vývoj aplikace o 50% i přesto byl klinický efekt na 1 Kč vyšší u rehabilitace s mobilní aplikací než bez ní, a to v obou případech.

Návratnost aplikace

S ohledem na to, že výsledky nákladové efektivity vyšly ve prospěch mobilní aplikace, je níže diskutována problematika návratnosti investice.

Ta byla vypočítána vzhledem k získaným datům následovně:

$$\text{Návratnost} = \frac{C_P \cdot P \cdot 2}{\frac{C_{MA}}{P} + C_P \cdot P} \quad (4.1)$$

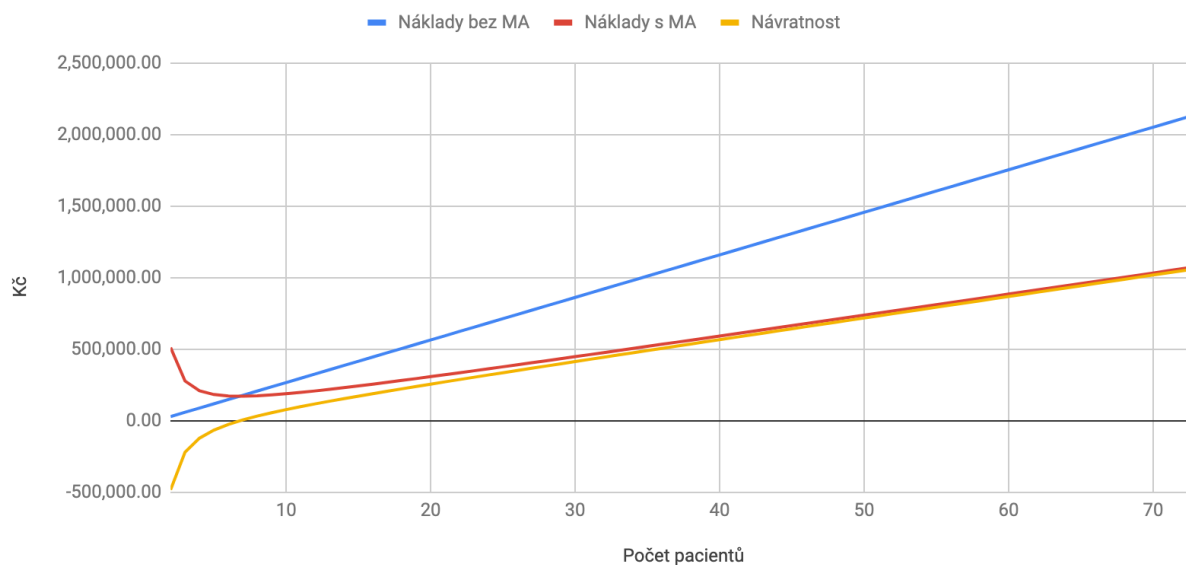
C_P ...Náklady na pacienta na jeden cyklus rehabilitace

P ... počet uvažovaných pacientů

C_{MA} ...Náklady na pořízení aplikace

Při výpočtu návratnosti ceny na pořízení aplikace se pracovalo se skutečností, že na oddělení dochází u této diagnózy standardně v 80% k opakování rehabilitační péče z důvodu neuspokojivého stavu pacienta. U pacientů, kteří v pilotní studii měli k dispozici mobilní aplikaci, nebyla zaznamenána nutnost opětovné rehabilitační péče. Pro výpočet návratnosti pořízení aplikace tedy byly na jedné straně uvažovány dvojnásobné náklady na péči na pacienta, z důvodu nedostatečného zdravotního stavu po první sérii rehabilitace. Na druhé straně pak byly naopak rozpočítány náklady na provoz aplikace na jednotlivé pacienty. Za jeden měsíc může být ušetřeno až 322 388 Kč (při počtu 20 pacientů). Vzhledem k tomu, že náklady na vytvoření aplikace činí 497 500 Kč, z výpočtu vyplynulo, že její návratnost by za takových podmínek trvala necelé dva měsíce. Citlivostní analýza návratnosti investice se zabývá otázkou, při kolika pacientech by se již vyplatilo investovat do vytvoření takové mobilní aplikace.

Citlivostní analýza CEA



Graf 4.1: Citlivostní analýza CEA

Z výše uvedeného grafu bylo zjištěno, že návratnost investice do takové aplikace je už při využití u 6 pacientů.

Dále je zde nutno zmínit fakt, že investici do mobilní aplikace je možno financovat několika možnými způsoby:

- A. Je možné zažádat o grant na vytvoření této aplikace. Třeba technologická agentura ČR vypisuje granty na podporu aplikovaného výzkumu např. v rámci programu Epsilon.
- B. Financování z veřejného zdravotního pojištění formou žádosti v rámci veřejné soutěže o účelovou podporu MZ
- C. Nalezení soukromého investora.

Závěr

Tato diplomová práce se zabývala možností využití mobilní aplikace pro pacienty ambulantních rehabilitačních klinik v České republice. Pro její účely byl zpracován současný stav problematiky a dále byly vyhledány vhodné parametry pro zhodnocení efektivity využití takové mobilní aplikace. Na základě získaných informací byl sestaven individuální rehabilitační plán a vytvořen polostrukturovaný vstupní dotazník. V rámci diplomové práce byla vytvořena instruktážní videa, jako snadná podpora pro domácí cvičení pacientů po artroskopii kolenního kloubu. Následně byl nastaven individuální terapeutický plán a byly vytvořeny kontrolní mechanismy pro zjištění efektivity rehabilitace. Pro zhodnocení této metody byla vytvořena experimentální (10 probandů) a kontrolní skupina pacientů (10 probandů), která rehabilitovala s a bez cvičebního plánu (tj. bez využití videí). Náklady na vývoj a zavedení mobilní aplikace byly naceněny technologickou firmou. Rovněž byly vypočteny náklady na léčbu pacientů. Na základě těchto dat byla vytvořena analýza rizik pomocí FMEA. Celkově bylo touto metodou identifikováno 33 rizik. Po zavedení jednotlivých opatření byla vyhodnocena všechna rizika jako malá či střední.

V závěru práce byla vypracována analýza nákladové efektivity. Celkový klinický efekt na Kč vyšel vyšší u varianty operující s mobilní aplikací, což je dáno především lepším klinickým účinkem při jejím využití. Pro ověření stability výsledků byla vypočítána citlivostní analýza, kde bylo kalkulováno s vyššími i nižšími náklady na pořízení výše zmíněné technologie. Výsledkem této analýzy bylo, že i po zvýšení či snížení nákladů o 50% je využití mobilní aplikace efektivnější. Výsledky byly diskutovány a byla zmíněna problematika návratnosti takové investice, včetně uvedení některých možností financování.

Všechny stanovené cíle diplomové práce byly splněny.

Seznam použité literatury

- [1] SMÉKAL, D., KALINA, R., URBAN, J. Rehabilitace po artroskopických náhradách předního zkříženého vazů. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Čechoslov.*, 73, 2006, p. 421-428.
- [2] mHealth a mobilní operátoři v České republice in *ezdrav.cz*. Dostupné z: www.ezdrav.cz/mhealth-a-mobilni-operatori-v-ceske-republice.
- [3] SMAHEL, D., ELAVSKY, S., MACHACKOVA, H. Functions of mHealth applications: A user's perspective. *Health Informatics Journal*. 2017, ISSN 1460-4582.
- [4] NGUYEN, T. Využití mHealth technologií pro automatizovaný sběr a přenos dat u pacientů s diabetem. in *medium.com*. 2015. Dostupné z: <https://medium.com/@jirilanger/vyuziti-mhealth-technologiei-pro-automatizovany-sber-a-prenos-dat-u-pacientu-s-diabetem-93ff0f6b2ca4>
- [5] VAN GRINSVEN, S., VAN CINGEL, R. E., HOLLA, C.G., VAN LOON, C. J. Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2010, **18**(8), 1128–1144. ISSN 09422056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-009-1027-2
- [6] MADDISON, R., HPRAPAVESSIS, H., CLATWORTHY, M. Modeling and rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Annals of Behavioral Medicine* [online]. 2006, **31**(1), 89–98. ISSN 0883-6612. Dostupné z: doi:10.1207/s15324796abm3101_13
- [7] MORRISSEY, M. C., HUDSON, Z. L., DRECHSLER, W. I., COUTTS, F. J., KNIGHT, P.R., KING, J.B. Effects of open versus closed kinetic chain training on knee laxity in the early period after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2000, **8**(6), 343–348. ISSN 0942-2056. Dostupné z: doi:10.1007/s001670000161
- [8] VAN YPEREN, D. T., REIJMAN, M., VAN ES, S. E. M., BIERMA-ZEINSTRAN, M. A., MEUFFELS, D. E. Twenty-Year Follow-up Study Comparing Operative Versus Nonoperative Treatment of Anterior Cruciate Ligament Ruptures in High-Level Athletes. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 2018, **46**(5), 1129–1136. ISSN 0363-5465. Dostupné z: doi:10.1177/0363546517751683
- [9] MEDVECKY, M. J., NELSON, S. Kinesiophobia and Return to Sports After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Connecticut medicine* [online]. 2015, **79**(3), 155–7. ISSN 0010-6178. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26244221>
- [10] RODRIGUEZ, R. M., MARROQUIN, A., COSBY, N. Reducing Fear of Reinjury and Pain Perception Among Athletes with First Time Anterior Cruciate Ligament Reconstructions by Implementing Imagery Training. *Journal of Sport Rehabilitation* [online]. 2018, 1–15. ISSN 1056-6716. Dostupné z: doi:10.1123/jsr.2017-0056
- [11] ARORA, S., PETERS, A. L., AGY, Ch., MENCHINE, M. A Mobile Health Intervention for Inner City Patients with Poorly Controlled Diabetes: Proof-of-Concept of the TExT-MED Program. *Diabetes Technology & Therapeutics* [online]. 2012, **14**(6), 492–496. ISSN 1520-9156. Dostupné z: doi:10.1089/dia.2011.0252

- [12] DICIANNO, B. E., PARMANTO, B., FAIRMAN, A. D., CRYTZER, T. M., YU, D. X., PRAMANA, G., COUGHENOUR, D., PETRAZZI, A. A. Perspectives on the Evolution of Mobile (mHealth) Technologies and Application to Rehabilitation. *Physical Therapy* [online]. 2015, **95**(3), 397–405. ISSN 0031-9023. Dostupné z: doi:10.2522/ptj.20130534
- [13] WEST, D. How Mobile Devices are Transforming Healthcare. *Issues in Technology Innovation*. 2012, 18. Dostupné z: http://www.insidepolitics.org/brookingsreports/mobile_health_52212.pdf
- [14] ROBERT, L.. *The Socio-Economic Impact of Mobile Health* [online]. 2012 [vid. 2018-12-07]. Dostupné z: <https://www.telenor.com/wp-content/uploads/2012/05/BCG-Telenor-Mobile-Health-Report-May-20121.pdf>
- [15] HAGBERG, K., BRÅNEMARK, R., GUNTERBERG, B., RYDEVIK, B. Osseointegrated trans-femoral amputation prostheses: Prospective results of general and condition-specific quality of life in 18 patients at 2-year follow-up. *Prosthetics and Orthotics International* [online]. 2008, **32**(1), 29–41. ISSN 0309-3646. Dostupné z: doi:10.1080/03093640701553922
- [16] KNEPPO, P., ROGALEWICZ, V., IVLEV, I., JURICKOVA, I., DONIN, G. *Hodnocení zdravotnických přístrojů*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05430-7.
- [17] MINARČÍKOVÁ, I. *Ekonomie zdravotnictví a metody ekonomické analýzy zdravotní péče* [online]. [vid. 2018-09-03]. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/16407/?lang=en>
- [18] HNILICA, J., FOTR, J. *Aplikovaná analýza rizika ve finančním managementu a investičním rozhodování*. Praha: Grada Publishing. 2009. ISBN: 978-80-247-2560-4.
- [19] SMEJKAL, V., RAIS, K. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. Praha: Grada Publishing. 2006. ISBN: 80-247-1667-4.
- [20] ZVÁROVÁ, J. *Základy statistiky pro biomedicínské obory*. B.m.: Karolinum, 1998. ISBN 8071847860.
- [21] *Matematická statistika. Neparametrické testy* [online]. 2012. Dostupné z: https://www.karlin.mff.cuni.cz/~hudecova/education/download/chem_predn/wilcox_testy.pdf
- [22] How Much Does It Cost to Make a Medical App In 2019, in: *medium.com* [online]. Dostupné z: <https://medium.com/swlh/how-much-does-it-cost-to-make-a-medical-app-in-2019-37496513c301>
- [23] COMPUTERWORLD. *Celosvětové prodeje chytrých telefonů koncovým uživatelům podle OS* | *Computerworld.cz* [online]. 2018. Dostupné z: <https://computerworld.cz/hardware/huawei-uz-proda-vic-telefonu-nez-apple-jednickou-je-samsung-54869>
- [24] *Ministerstvo zdravotnictví České republiky* [online]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/Legislativa/Default.aspx>
- [25] *Vyhláška o stanovení hodnot bodu, výše úhrad hrazených služeb a regulačních omezení pro rok 2019, Sbírka zákonů České republiky*
- [26] SMAHEL, D., ELAVSKY, S., MACHACKOVA, H.. Functions of mHealth applications: A user's perspective. *Health Informatics Journal* [online]. 2017, ISSN 1460-4582. Dostupné z: doi:10.1177/1460458217740725
- [27] NEUMANN, G., PFÜTZNER, A., HOTTENROTT, K. *Trénink pod kontrolou: metody, kontrola a vyhodnocení vytrvalostního tréninku* [online]. B.m.: Grada, 2005. ISBN 8024709473. Dostupné z: <https://is.muni.cz/publication/673459>
- [28] KOLÁŘ, P. *Rehabilitace v klinické praxi*. 1. vydání. Praha: Galén, 2009.

- ISBN 978-80- 7262-657-1.
- [29] ZEMAN, M., PRINCOVÁ, P. Vliv fyzioterapie na bolestivost kolenního kloubu po artroskopii Influence of physiotherapy on knee joint pain after arthroscopy [online]. 2016, **18**. ISSN 1804-7122. Dostupné z: doi:10.1016/j.kontakt.2017.01.006
- [30] DYLEVSKÝ, I. Funkční anatomie. Praha: Grada Publishing, 2009. ISBN 978-80-247- 3240-4.
- [31] DUNGL, P. Ortopedie. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4357-8.
- [32] NOLL, S., GARRISON, J. C., BOTHWELL, J., CONWAY, J. E.. Knee Extension Range of Motion at 4 Weeks Is Related to Knee Extension Loss at 12 Weeks After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* [online]. 2015, **3**(5), ISSN 2325-9671. Dostupné z: doi:10.1177/2325967115583632
- [33] BIELER, T., SOBOL, N. A., ANDERSEN, L. L., KIEL, P., LØFHOLM, P., AAGAARD, P., MAGNUSSON, S. P., KROGSGAARD, M R., BEYER, N. The effects of high-intensity versus low-intensity resistance training on leg extensor power and recovery of knee function after ACL-reconstruction. *BioMed research international* [online]. 2014, **2014**, ISSN 2314-6141. Dostupné z: doi:10.1155/2014/278512
- [34] KRUSE, L. M., GRAY, B. WRIGHT, R. W. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* [online]. 2012, **94**(19), 1737–48.. ISSN 1535-1386. Dostupné z: doi:10.2106/JBJS.K.01246
- [35] RALSTON, G. W., KILGORE, L., WYATT, F. B., BUCHAN, D., BAKER, J. S. Weekly Training Frequency Effects on Strength Gain: A Meta-Analysis. *Sports medicine - open* [online]. 2018, **4**(1), 36. ISSN 2199-1170. Dostupné z: doi:10.1186/s40798-018-0149-9
- [36] OPOČENSKÝ, M. Komu hrozí opakované ruptury předního zkříženého vazů? In: *MedopSport.cz* [online]. 2014. Dostupné z: <http://www.medopsport.cz/news/komu-hrozi-opakovane-ruptury-predniho-krizoveho-vazu/>
- [37] MÍFKOVÁ, L., KALÁBOVÁ, M. Účinek 12týdenního ambulantního rehabilitačního programu u mužů do 60 let po akutním infarktu myokardu. *Masarykova univerzita Lékařská fakulta* [online]. nedatováno. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/lp5ee/diplomova_prace.pdf
- [38] BOESE, C. K., GALLO, T. J., PLANTIKOW, C. J. Range of motion and patient satisfaction with traditional and high-flexion rotating-platform knees. *The Iowa orthopaedic journal* [online]. 2011, **31**, 73–7. ISSN 1555-1377. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22096424>

Příloha: Dotazník – vyšetření kolenního kloubu

Jméno:

Datum:

Vyšetření kolenního kloubu

Antropometrie:

LDK

PDK

- 15 cm nad patellou:
- přes patellu:
- nejširší část lýtky:

ROM:

LDK

PDK

- flexe:
- extenze:

Chůze/běh:

Bez opory/s oporou

- 6 min.:
- 10 min.:

Svalový test:

LDK

PDK

- m. Quadriceps femoris:
- hamstring:

Test na schodech (13 schodů)

- nahoru:
- dolů:
- celkem:

Jak ovlivňuje kolenní kloub vaši schopnost zvládnout...?

		Bez obtíží	S minimálními obtížemi	S mírnou obtížností	S extrémní obtížností	Není schopen
a.	Vyjít nahoru schody					
b.	Sejít dolů schody					
c.	Klečet na přední části kol. kloubu					
d.	dřep					
e.	Sedět s ohnutými koleny					
f.	Zvednout se ze židle					
g.	Rozeběhnout se					
h.	Vyskočit a dopadnout na jedné noze					

Jméno:

Datum:

Jak často během terapie vás bolel kolenní kloub (týdně)?

nikdy 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 stále

Jak velká bolest to byla?

Bez bolesti 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 nejhorší bolest

Jak moc byl kolenní kloub oteklý?

- bez otoku
- minimálně oteklý
- mírně oteklý
- hodně oteklý
- extrémně oteklý

Jak moc je kolenní kloub stabilní?

- stabilní
- minimálně nestabilní
- mírně nestabilní
- hodně nestabilní
- extrémně nestabilní