



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Využití imerzivní virtuální reality pro terapii pacientů s bolestmi ramenního kloubu

The Use of Immersive Virtual Reality for the Therapy in Patients with Shoulder Joint Pain

Diplomová práce

Studijní program: Aplikovaná fyzioterapie

Autor diplomové práce: Bc. Daniel Havel

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Bc. Jitka Bonková Sýkorová

Kladno 2024

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Havel** Jméno: **Daniel** Osobní číslo: **491314**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Aplikovaná fyzioterapie**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Využití imerzivní virtuální reality pro terapii pacientů s bolestmi ramenního kloubu

Název diplomové práce anglicky:

The Use of Immersive Virtual Reality for the Therapy in Patients with Shoulder Joint Pain

Pokyny pro vypracování:

Předmětem diplomové práce bude porovnání současných fyzioterapeutických metod u bolestí ramenního kloubu s kombinovanou formou fyzioterapeutických metod včetně imerzivní virtuální reality. Teoretická část bude zaměřena na anatomii a biomechaniku ramenního kloubu a její nejčastější patologie, popis principu fungování virtuální reality a možnosti jejího využití ve fyzioterapii. V metodologické části práce bude uveden cíl práce, vyšetřovací metody a popis vzorků pacientů zahrnutých do komparativní studie. Také bude popsán postup získávání dat při práci s virtuální realitou. Speciální část bude obsahovat zpracování kazuistik obou skupin probandů. První skupina bude cvičit pouze s využitím fyzioterapeutických metod, druhá skupina bude vedena formou kombinované terapie včetně imerzivní virtuální reality. Výsledky budou interpretovány formou tabulek, obrázků a slovního popisu. V závěru práce bude ověřena míra účinnosti využití virtuální reality u pacientů s bolestmi ramenního kloubu.

Seznam doporučené literatury:

- [1] PASTUCHA, Dalibor, Tělovýchovné lékařství: vybrané kapitoly, GRADA Publishing, 2014, ISBN 978-80-247-4837-5
- [2] KOLÁŘ, Pavel, Rehabilitace v klinické praxi., ed. 2, Praha: Galén, 2020, 714 s., ISBN 978-80-7492-500-9
- [3] ČIHÁK, Radomír, Anatomie, ed. Třetí, upravené a doplněné vydání, Praha: Grada, 2016, 832 s., ISBN 978-80-247-5636-3

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

Mgr. Bc. Jitka Bonková Sýkorová

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **15.02.2024**

Platnost zadání diplomové práce: **19.09.2025**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.
vedoucí katedry

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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „Využití imerzivní virtuální reality pro terapii pacientů s bolestmi ramenního kloubu“ vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů. Prohlašuji, že tato práce je přesnou kopií odevzdané elektronické verze.

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

V Kladně dne 15.05.2024

.....
Bc. Daniel Havel

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat především své vedoucí diplomové práce Mgr. Bc. Jitce Bonkové Sýkorové za odborné vedení, trpělivost, cenné rady a veškerý drahocenný čas, který mi v průběhu věnovala. Velký dík také patří firmě VR Medical za jejich vstřícnost a ochotu pomoci, kdykoliv to bylo třeba. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za jejich obrovskou podporu, bez které bych se při svém bakalářském a magisterském studiu neobešel.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá využitím imerzivní virtuální reality pro terapii pacientů s bolestmi ramenního kloubu. Jejím hlavním cílem je komparativní metodou zhodnotit účinnost kombinované terapie včetně virtuální reality oproti konvenčnímu přístupu.

V teoretické části je objasněna anatomie a biomechanika ramenního kloubu. V rámci rešerše jsou představeny základní technické poznatky o virtuální realitě, její terapeutické účinky a možnosti aplikace v praxi.

V metodické části jsou popsány vyšetřovací metody a terapeutické přístupy využití u experimentální a kontrolní skupiny. Také jsou podrobně popsány technické parametry headsetu Oculus Quest 2 a stručně je shrnut software vytvořený firmou VR Medical.

Ve výsledcích jsou hodnoceny a porovnávány, mezi experimentální a kontrolní skupinou, čtyři sledované parametry. Získané výsledky a vyhotovené hypotézy naznačují, že kombinovaná forma terapie včetně virtuální reality je účinnější metodou pro okamžité snížení bolesti v ramenním kloubu, v rámci dlouhodobé bolesti je stejně účinná jako konvenční terapie. Pro zvýšení rozsahu pohybu v ramenním kloubu do flexe se jeví kombinovaná forma terapie včetně virtuální reality jako účinnější, do horizontální abdukce stejně účinná jako konvenční terapie. Naměřená data jsou prezentována ve formě tabulkové a grafové.

V diskuzi jsou shrnuty podstatné výsledky z diplomové práce. Výsledky jsou porovnávány se studii ze zahraničí a dle současných, relevantních poznatků je naznačeno zaměření dalšího možného výzkumu problematiky této diplomové práce. Na konci diskuze jsou rozebrány limitace a benefity diplomové práce.

Klíčová slova

Virtuální realita, VR, bolest ramenního kloubu, terapie s využitím virtuální reality, imerze

ABSTRACT

This master's thesis deals with the utilization of immersive virtual reality for the therapy of patients with shoulder joint pain. Its main objective is to evaluate the effectiveness of combined therapy including virtual reality compared to conventional approaches using a comparative method.

The theoretical part elucidates the anatomy and biomechanics of the shoulder joint. Basic technical knowledge about virtual reality, its therapeutic effects, and practical applications are presented within the research.

The methodological section describes the examination methods and therapeutic approaches utilized in the experimental and control groups. Detailed technical parameters of the Oculus Quest 2 headset are also outlined, along with a brief summary of the software developed by VR Medical.

In the results, four observed parameters are evaluated and compared between the experimental and control groups. The obtained results and formulated hypotheses suggest that the combined therapy approach including virtual reality is a more effective method for immediate reduction of shoulder pain. Within the context of long-term pain, it is equally effective as conventional therapy. For increasing the range of motion in the shoulder joint towards flexion, combined therapy approach including virtual reality appears to be more effective, while for horizontal abduction, it is equally effective as conventional therapy. The measured data are presented in tabular and graphical form.

The discussion summarizes the essential findings of the thesis, comparing them with studies from abroad. Based on current relevant knowledge, potential directions for further research in this area are suggested. The discussion concludes by addressing the limitations and benefits of the thesis.

Keywords

Virtual reality, VR, shoulder joint pain, therapy using virtual reality, immersion

Obsah

1	Úvod.....	12
2	Cíle práce.....	13
2.1	Hypotézy.....	14
3	Přehled současného stavu.....	16
3.1	Ramenní kloub	16
3.1.1	Articulatio Humeri	17
3.1.2	Kloubní pouzdro.....	17
3.1.3	Akcesorní kloubní spojení ramenního kloubu	18
3.1.4	Svaly ramenního kloubu.....	19
3.2	Kinetika a kinematika ramenního kloubu.....	21
3.3	Biomechanika ramenního kloubu	23
3.3.1	Statická stabilizace	24
3.3.2	Dynamická stabilizace.....	25
3.4	Patologie ramenního kloubu	26
3.4.1	Zlomeniny	26
3.4.2	Poruchy rotátorové manžety.....	26
3.4.3	Postižení glenohumerálního kloubu.....	27
3.4.4	Porucha akromioklavikulárního kloubu	27
3.4.5	Mechanická bolest krku	28
3.5	Definice virtuální reality	28
3.5.1	Zpětnovazebný princip virtuální reality	29
3.5.2	Stereoskopická projekce.....	30
3.5.3	Aplikace stereoskopické projekce.....	31

3.6	Využití virtuální reality ve fyzioterapii	32
3.6.1	Diagnostické využití virtuální reality ve fyzioterapii.....	33
3.6.2	Terapeutické využití virtuální reality ve fyzioterapii.....	33
3.7	Aplikace Virtuální reality v rehabilitaci osob s poškozením ramenního kloubu	34
3.7.1	Ovlivnění vnímání bolesti	34
3.7.2	Psychologický efekt	35
3.7.3	Ovlivnění rozsahu pohybu.....	35
4	Metodika.....	36
4.1	Podmínky selekce probandů.....	36
4.2	Využitý přístroj	37
4.2.1	Hardware	37
4.2.2	Software.....	38
4.3	Shoulder Pain and Disability Index	39
4.4	Vstupní vyšetření a terapie	39
4.4.1	Konvenční terapie	40
4.4.2	Experimentální skupina.....	40
4.4.3	Kontrolní skupina	41
5	Výsledky.....	42
5.1	Demografické tabulky	43
5.2	Experimentální skupina.....	44
5.2.1	Ovlivnění dlouhodobé bolesti.....	44
5.2.3	Ovlivnění krátkodobé bolesti.....	46
5.2.4	Ovlivnění rozsahů pohybu v ramenním kloubu.....	48

5.3	Kontrolní skupina	50
5.3.1	Ovlivnění dlouhodobé bolesti.....	50
5.3.2	Ovlivnění krátkodobé bolesti.....	52
5.3.3	Ovlivnění rozsahů pohybu v ramenním kloubu.....	54
5.4	Porovnání výsledků.....	56
5.4.1	Experimentální skupina intenzita bolesti.....	56
5.4.2	Kontrolní skupina intenzita bolesti.....	57
5.4.3	Porovnání experimentální a kontrolní skupiny pro intenzitu bolesti	58
5.4.4	Porovnání změn v rozsazích pohybu v ramenním kloubu u experimentální a kontrolní skupiny.....	59
6	Ověření hypotéz	61
6.1	Hypotéza 1.....	61
6.2	Hypotéza 2	63
6.3	Hypotéza 3	65
6.4	Hypotéza 4	67
7	Diskuze	69
8	Závěr	78
9	Seznam použitých zkratk.....	79
10	Seznam použité literatury	80
11	Seznam použitých obrázků	87
12	Seznam použitých tabulek.....	88
13	Seznam použitých grafů	90
14	Seznam Příloh.....	91

1 ÚVOD

Virtuální realita (dále VR) se v posledních letech stává stále více atraktivní metodou pro rehabilitaci pacientů s různými diagnózami. Tato technologie umožňuje klientům se ponořit do interaktivního prostředí s různou mírou imerze. VR může pacientům zlepšit jejich motorické a kognitivní schopnosti. Pro horní končetinu je klíčová schopnost jemné motoriky a komunikace, které lze ve VR také zdokonalit a procvičit.

Ramenní kloub je podstatnou komponentou lidského těla, spojuje paži s tělem. Vzhledem k jeho anatomické struktuře nám umožňuje volný pohyb ve všech směrech. Proto také dochází k častým poraněním a onemocněním tohoto kloubu, vedoucím k bolesti a omezením v rozsahu pohybu.

Diplomová práce se věnuje tomu, jaký vliv bude mít kombinovaná forma terapie s využitím VR oproti konvenční fyzioterapii, u pacientů s bolestmi ramenního kloubu.

2 CÍLE PRÁCE

Diplomová práce si klade za cíl zpracování komparativní studie, na základě nasbíraných dat budou ověřeny vytyčené hypotézy. Ty se týkají míry účinnosti virtuální reality na dlouhodobé a okamžité snížení bolesti a zvýšení rozsahu pohybu do flexe a horizontální abdukce u pacientů s bolestmi ramenního kloubu. Výsledky diplomové práce budou v diskuzi porovnávány s výzkumy zahraničních studií.

2.1 Hypotézy

Hypotéza 1

H1₀: Kombinovaná forma fyzioterapie včetně virtuální reality nemá statisticky významný vliv na okamžité snížení bolesti u ramenního kloubu.

H1_A: Kombinovaná forma fyzioterapie včetně virtuální reality má statisticky významný vliv na okamžité snížení bolesti u ramenního kloubu

Hypotéza 2

H2₀: Kombinovaná forma fyzioterapie včetně virtuální reality nemá statisticky významný vliv na dlouhodobé snížení bolesti u ramenního kloubu.

H2_A: Kombinovaná forma fyzioterapie včetně virtuální reality má statisticky významný vliv na dlouhodobé snížení bolesti u ramenního kloubu.

Hypotéza 3

H3₀: Kombinovaná forma fyzioterapie včetně virtuální reality nemá statisticky významný vliv na zvýšení rozsahu pohybu do flexe v ramenním kloubu.

H3_A: Kombinovaná forma fyzioterapie včetně virtuální reality má statisticky významný vliv na zvýšení rozsahu pohybu do flexe v ramenním kloubu.

Hypotéza 4

H4₀: Kombinovaná forma fyzioterapie včetně virtuální reality nemá statisticky významný vliv na zvýšení rozsahu pohybu do horizontální abdukce v ramenním kloubu.

H4_A: Kombinovaná forma fyzioterapie včetně virtuální reality má statisticky významný vliv na zvýšení rozsahu pohybu do horizontální abdukce v ramenním kloubu.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

3.1 Ramenní kloub

Horní končetina je velmi důležitým komunikačním nástrojem lidského těla, se kterým můžeme navodit spojení s okolím i ostatními částmi vlastního těla. Horní končetina je složena z řetězce různě pohyblivých článků. Kořenovým kloubem, který je zodpovědný za rozsáhlé pohyby celé horní končetiny, je ramenní kloub. Společně s distálními částmi horní končetiny se podílí při manipulačních činnostech s předměty a je důležitým článkem pro posturálně-lokomoční aktivitu již od útlého dětství [1, s. 151; 2, s. 22-25].

Ramenní kloub je i přes drobné zakřivení hlavice označován za kulový kloub, který vytváří funkční spojení mezi pažní kostí a pletencem horní končetiny [3, s. 107]. Kloubní plochy ramenního kloubu tvoří plochá jamka lopatky (lat. *cavitas gleinoidalis*) a hlavice kosti pažní (lat. *caput humeri*), která zapadá do kloubní jamky lopatky pouze z jedné třetiny, tím je kloubu umožněná zvýšená pohyblivost [4, s. 247].



Obrázek 1 - Anatomický model ramenního kloubu [20]

3.1.1 Articulatio Humeri

Cavitas Gleinoidalis – Je uložena na laterálním úhlu lopatky, tvarově odpovídá mělkému, vejčitému povrchu se zúžením do kraniálního směru. Jamka je oproti celé lopatce odkloněná dorzálním směrem o 9°. Kraniálně i kaudálně od jamky se nachází drsnatiny, sloužící jako začátek svalů. Nad jamkou se nalézají tuberculum supragleinoidale, kde začíná dlouhá hlava m. biceps brachii. Pod jamkou je situován tuberculum infragleinoidale, ve kterém začíná dlouhá hlava m. triceps brachii. Samotná plocha jamky je oddělena od těla lopatky zúženinou, která se označuje jako krček lopatky (lat. collum scapulae) [4, s. 243].

Caput Humeri – Osa hlavice svírá s osou těla kosti úhel o velikosti 130°. Hlavice se od zbytku kosti pažní dělí collum anatomicum. Na collum anatomicum je navázán úpon kloubního pouzdra. Dále navazují na přední straně pažní kosti dva hrboly, tuberculum majus a tuberculum minus. Distálním směrem se hrboly tvarují do vyvýšených hřebenů, které se označují crista tuberculi majoris a crista tuberculi minoris. Tyto struktury mají společnou vlastnost, slouží jako místo k úponu svalů. Mezi tuberculum majus et minus je prohloubenina pro šlachy dlouhé hlavy m. biceps brachii, pojmenovaná jako sulcus intertubercularis. Collum chirurgicum se nachází pod oběma vrcholy, je užší než zbytek humeru, a proto zde dochází v četných případech k frakturám [4, s. 247].

3.1.2 Kloubní pouzdro

Kloubní pouzdro ramenního kloubu začíná na lopatce podél labrum gleinoidale a jeho úpon spočívá na collum chirurgicum humeru. Svým uspořádáním je kloubní pouzdro velice volné a slabé, proto musí být zpevněno a zesíleno pomocí vazů a svalů. Zevní stranu drží šlachy m. teres minor, m. supraspinatus a m. infraspinatus. Přední strana je upevňována

lig. Coracohumerale, v podpaží šlachou m. subscapularis. Pro určité krytí seshora je ramenní kloub chráněn lig. coracoacromiale, acromionem a processus coracoideus. Svaly zapojující se pro zesílení kloubního pouzdra označujeme, pro jejich vztah a funkční vazbu k ramenního kloubu, jako rotátorovou manžetu. Kloubní pouzdro tvoří podél dlouhé šlachy m. biceps brachii vagina synovialis intertubercularis, tím pádem je šlacha sunuta proti kosti. Aby byl pohyb kloubu plynulejší a bez velikého tření, je mezi kloubním pouzdrem a processus coracoideus umístěna burza subcoracoidea a burza subacromialis [5, s. 352].

3.1.3 Akcesorní kloubní spojení ramenního kloubu

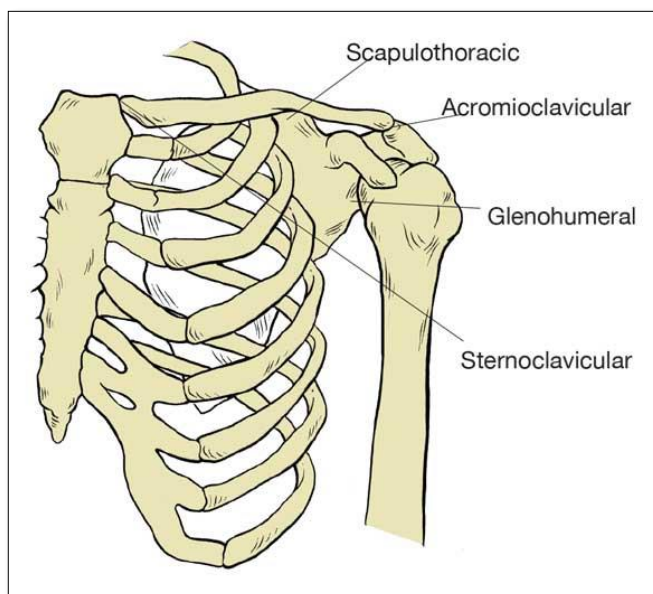
Articulatio sternoclavicularis – je to složený kloub, který spojuje facies articularis sternalis clavicularis s incisura clavicularis na manubrium sterni. Mezi dvěma kostmi se nachází diskus articularis, složený z vazivové chrupavky, slouží pro vyrovnání nerovnoměrného rozložení kloubních ploch. Kloubní plocha clavicyly je větší než jamka na manubriu, kraniálně nad ní vystupuje. Kloubní pouzdro musí být zesílené vazy. Ligamentum sternoclaviculare anterius et posterius přiléhají ke kloubnímu pouzdru, ligamentum interclaviculare propojuje obě clavicyly a ligamentum costoclaviculare zpevňuje clavicylu s prvním žebrem. Vlivem kloubního disku jsou pohyby ve sternoklavikulárním kloubu možné do všech směrů, ale díky vysokému zpevnění kloubu vazivovým aparátem jsou pohyby velice omezené. Proto také při silných nárazech do horní končetiny častěji dochází k fraktuře clavicyly než k poruše sternoklavikulárního kloubu [4, s. 262].

Articulatio acromioclavicularis – Je to tuhý kloub, který vytváří spojení mezi laterální částí clavicyly a acromiem. Kloubní plochy se nacházejí na přilehlých částech acromionu a clavicyly jsou oválného tvaru, kloubní pouzdro je pevné a krátké, seshora zpevněné ligamentem acromioclaviculare. Díky tomu, že je

tento kloub velice dobře zpevněný, slouží jako sekundární článek pro pohyby sternoklavikulárního kloubu [4, s. 263].

Junctura thoracoscapularis (nepravý kloub)

V literatuře je ve strukturálním a funkčním hledisku s pletencem horní končetiny také zmíněna junctura thoracoscapularis. Od ostatních spojení se odlišuje tím, že propojení lopatky a hrudní stěny je zrealizováno vmezeřeným vazivem, které pouze vyplňuje prázdný prostor mezi svaly [1, s. 155].



Obrázek 2 - kloubní spoje pletence horní končetiny [21]

3.1.4 Svaly ramenního kloubu

Do této skupiny řadíme primárně svaly skapulohumerální pro jejich funkční vztah pro ramenní kloub, jmenovitě: m. deltoideus, m. supraspinatus, m. infraspinatus, m. teres minor, m. major, m. subscapularis. Sekundárně se podílí na funkci spinohumerálních a thorakohumerálních svalů [4, s. 428].

M. deltoideus – Své jméno získal svým specifickým tvarem, který připomíná písmeno delta z řecké abecedy. Začátky svalů dělíme do tří částí: zevní dvě

třetiny spina scapulae (pars spinalis), acromion (pars acromialis) a zevní konec claviculy (pars clavicularis). Společný úpon svalu se nachází na tuberositas deltoidea humeri. Je inervován z n. axillaris. Pars spinalis se účastní na extenzi, pars acromialis na abdukci a pars clavicularis na flexi ramenního kloubu. Klidový tonus deltového svalu fixuje hlavici ramenního kloubu v jamce, tím brání možnosti spontánní luxace ramenního kloubu [4, s. 428; 6, s. 89-96].

M. supraspinatus – Začátek svalu se nachází na fossa supraspinata scapulae a povrchové fascii svalu, upíná se na tuberculum majus humeri, konkrétně na jeho horní facetu. Je inervován n. suprascapularis. Účastní se zevní rotace a asistuje při abdukci v ramenním kloubu. Patří mezi svaly rotátorové manžety [4, s. 429; 6, s. 95-96].

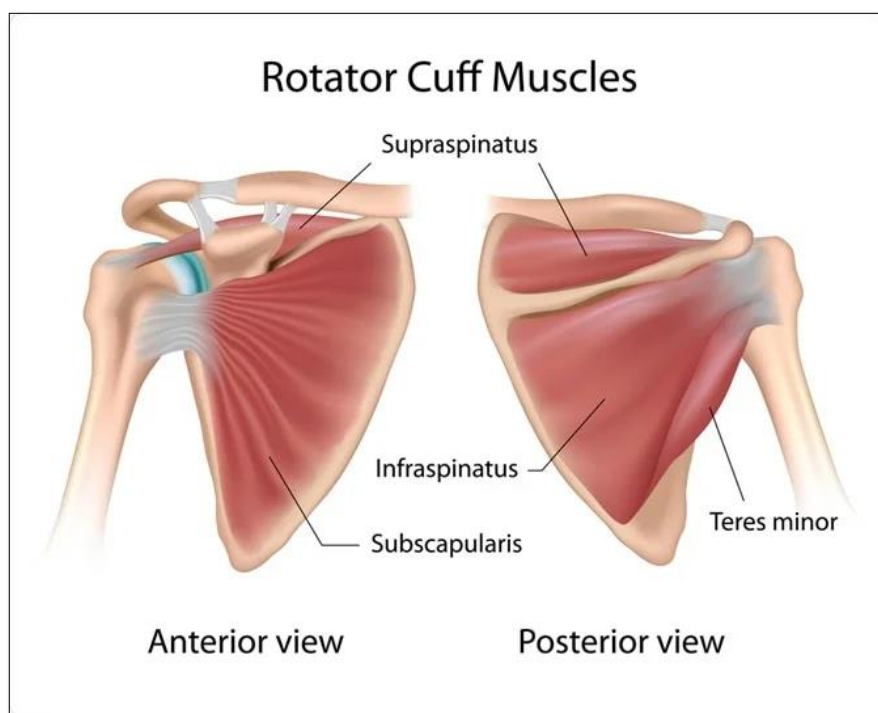
M. infraspinatus – Začátek svalu náleží na fossa infraspinata scapulae a povrchové fascii svalu, úpon se nachází na střední facetě tuberculum majus humeri. Šlacha m. infraspinatus se podílí na zpevnění pouzdra ramenního kloubu zezadu, pro plynulé pohyby je prostor mezi šlachou a kloubním pouzdrem vyplněn burzou subtendinea musculi infraspinati. Inervace vychází z n. suprascapularis. Hlavní funkcí tohoto svalu je provedení zevní rotace v ramenním kloubu. Je součástí svalů rotátorové manžety [4, s. 429-430; 6, s. 106].

M. teres minor – Oproti m. supraspinatus et infraspinatus je mnohem menší a je pod těmito svaly umístěný. Také dorzálně lemuje průběh dlouhé šlachy m. triceps brachii. Začátek svalu se nachází na prostředku axilárního okraje dorzální plochy scapuly, upíná se na dolní facetu tuberculum majus humeri. Je inervován n. axillaris. Hlavní funkcí svalu je provedení zevní rotace v ramenním kloubu. Patří mezi svaly rotátorové manžety [4, s. 431; 6, s. 106].

M. teres major – Začátek svalu se nachází na dorzální ploše kaudálního úhlu scapuly a na spodní čtvrtině axilárního okraje scapuly, úpon náleží na přední

straně crista tuberculi minoris humeri. Sval je inervován n. subscapularis. Provádí addukci a vnitřní rotaci v ramenním kloubu [4, s. 431; 6, s. 108-109].

M. subscapularis – Začátek svalu se nachází na vnitřní straně scapuly, upíná se k tuberculum minus humeri. Úponová šlacha a kloubní pouzdro bývá doplněno o burzu subtendinea musculi subscapularis. Inervace vychází z n. subscapularis. Funkčně se podílí na vnitřní rotaci v ramenním kloubu. Je součástí svalů rotátorové manžety [4, s. 431; 6, s. 108-109].



Obrázek 3 - Svaly rotátorové manžety [22]

3.2 Kinetika a kinematika ramenního kloubu

Pohyby v ramenním kloubu jsou umožněny pohybem mezi caput humeri a cavitas gleinoidalis, konkrétně jde o pohyb hlavice v jamce. Ramenní kloub se řadí mezi kulovitý volný kloub se třemi stupni volnosti. V ose sagitální provádí flexi a extenzi, v ose frontální addukci a abdukci a v ose transverzální vnitřní a zevní rotaci [3, s. 110; 7].

Flexe – je prováděna m. deltoideus (pars clavicularis), m. coracobrachialis a krátkou hlavou m. biceps brachii. Pomocné svaly, které se podílejí na pohybu, jsou m. pectoralis major a m. deltoideus (pars acromialis). Svaly neutralizačními jsou m. infraspinatus a m. teres minor. Za stabilizaci je zodpovědný m. trapezius a m. subclavius [3, s. 110; 6, s. 89].

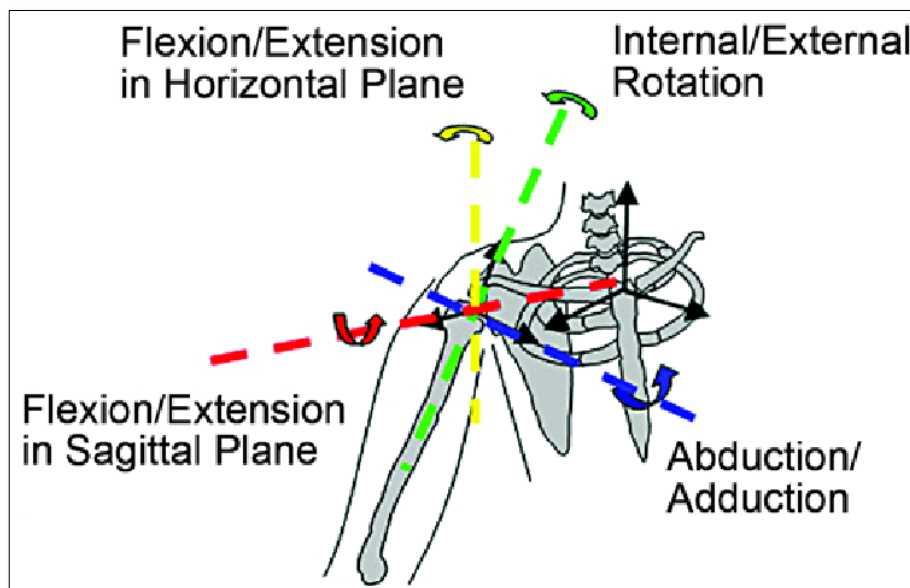
Extenze – hlavními svaly jsou m. latissimus dorsi, m. teres major a m. deltoideus (pars scapularis). Sekundární svaly, které pomáhají při extenzi jsou m. teres minor, m. subscapularis, m. pectoralis major a dlouhá hlava m. triceps brachii. Neutralizační funkci mají m. deltoideus (pars scapularis), m. infraspinatus a m. teres minor. Stabilizační funkci plní m. triceps brachii, m. coracobrachialis, mm. rhomboidei, mm. intercostales, mm. abdominis a m. erector trunci [3, s. 111; 6, s. 92].

Addukce – Je prováděna primárně m. pectoralis major, m. latissimus dorsi a m. teres major. Sekundárními svaly jsou m. teres minor, m. subscapularis a dlouhá hlava m. triceps brachii. Pro addukci jsou neutralizačními svaly zevní a vnitřní rotátory ramenního kloubu a také kontralaterální adduktoři. Stabilizační funkci nesou m. serratus anterior a m. trapezius [3, s. 111; 6, s. 102].

Abdukce – Hlavními svaly jsou m. supraspinatus, m. serratus anterior a m. deltoideus (pars acromialis). Sekundárně se zapojuje také m. infraspinatus, m. pectoralis major, m. deltoideus (pars clavicularis et scapularis) a také dlouhá hlava m. biceps brachii. Neutralizační funkci plní m. infraspinatus a m. teres minor. Hlavní stabilizační sval je m. trapezius [3, s. 111; 6, s. 96].

Zevní rotace – Primární svaly jsou m. infraspinatus a m. teres minor. Sekundárně se zapojuje m. deltoideus (pars scapularis). U zevní rotace se nenacházejí neutralizační svaly. Stabilizační funkci plní m. trapezius (střední vlákna) a mm. rhomboidei [3, s. 111; 6, s. 106].

Vnitřní rotace – Hlavními svaly jsou m. teres major, m. subscapularis a m. latissimus dorsi. Sekundárně se aktivují m. pectoralis major, m. deltoideus (pars clavicularis), m. biceps brachii a m. coracobrachialis. Neutralizační složkou jsou m. deltoideus (pars clavicularis), m. coracobrachialis, m. pectoralis major, m. latissimus dorsi a m. teres major. Stabilizaci provádí m. pectoralis major a m. serratus anterior [3, s. 111; 6, s. 109].



Obrázek 4 - Složky pohybu ramenního kloubu ve třech rovinách [23]

3.3 Biomechanika ramenního kloubu

V rámci biomechanického zpracování je ramenní kloub velice komplexní a komplikovaná struktura. Ramenní kloub je složen z glenohumerálního, akromioklavikulárního a sternoklavikulárního kloubu. Z hlediska biomechaniky je popisován také kloub scapulothorakální, který není pravým kloubem, pouze funkčním pro potřeby ramenního kloubu. Nejmobilnějším z nich je kloub glenohumerální s 6 stupni volnosti. Již vysoká mobilita může být utvrzena translací velké hlavičky humeru o malou jamku ramenního kloubu, což vede k častým predispozicím, instabilitám, luxacím a impingementům. Aktivní mobilitu zajišťuje 18 synergistických svalů [7].

Pro normální funkci ramenního kloubu je zapotřebí, aby všechny anatomické struktury fungovaly v řetězci. Centrální nervový systém vyšle signál svalovo-šlachové jednotce. Kontrakcí převedou svaly svoje napětí na šlachu, která pracuje jako rameno páky pro kloub. Aby tento systém byl stabilní a účinný, potřebuje ustálenou podporu, kterou zaručují statické a dynamické struktury [7].

3.3.1 Statická stabilizace

Glenohumerální kloub je zajištěn kapsulolabrálními strukturami a také kostní strukturou glenoidu. Glenohumerální vazy jsou ztluštěním kloubního pouzdra a představují primární statické stabilizátory. Aby mohl být umožněn vysoký stupeň pohyblivosti ramene, stávají se vazy těsnějšími a pevnějšími pouze v koncových oblastech pohybu. Horní glenohumerální vaz je těsný při addukci, střední glenohumerální vaz při 45° abdukci a dolní glenohumerální vaz je nejvíce těsný při 90° abdukci a zevní rotaci v ramenním kloubu. Dolní glenohumerální vaz je považován za nejsilnější a nejdůležitější stabilizátor ramenního kloubu z hlediska statické stabilizace. Na té se podílí také extraartikulární vazy. Transverzální humerální vaz udržuje dlouhou hlavu m. biceps brachii v sulcus intertubercularis. Coraco-humerální vaz díky svému transverzálnímu uspořádání zavěšuje hlavici humeru, pokud paže visí, při abdukci v ramenním kloubu se tento vaz uvolní a ztrácí svojí funkci. Coraco-acromiální vaz pomáhá stabilizovat hlavici humeru, aby nedocházelo k předozadním translačním pohybům [7; 8].

Kloubní pouzdro glenohumerálního kloubu je rozlišováno na dva typy, podle místa začátku. První typ, objevující se u 80% populace, začíná v labrum gleinoidale. Synoviální burzy jsou malé a přední pouzdro je pevné. Druhý typ, vyskytující se u 20% populace, je odlišný v tom, že začátek glenohumerálního pouzdra se nachází více mediálněji ke glenoideálnímu krčku. Vyznačuje se

většími synoviálními burzami a kloubní pouzdro je biomechanicky více náchylné ke vzniku patologií [8].

Z biomechanického aspektu jsou vazy ramenního kloubu odlišné od jiných struktur lidského těla. U jiných kloubů vazy zvyšují napětí při pohybu, u ramenního kloubu se vazy zapojují pouze ve krajních rozsazích a zůstávají relaxované v klidu nebo při vykonávání neextrémních rozsahů pohybu. Díky výhodnému anatomickému rozložení vazů ramenního kloubu nedochází k napínání při běžných pozicích, ale jakmile se překročí určitý práh rozsahu pohybu v ramenním kloubu, napětí vazů se během okamžiku rychle zvýší. Vazy vynaloží kompresní sílu na caput humeri vůči fossa gleinoidalis, tím ještě více stabilizují ramenní kloub. Biomechanicky nelze určit přesný úhel, při kterém se aktivují vazy ramenního kloubu, z důvodu individuální laxicity u populace. Lidé se zvýšenou laxitou, tím pádem zvýšeným rozsahem pohybu především do rotace a translace, nemají prokázanou nižší stabilitu ramenního kloubu, protože svaly ramenního pletence stále hrají dominantní roli [8].

3.3.2 Dynamická stabilizace

Dynamická stabilizace glenohumerálního kloubu je založená na aktivitě svalových struktur ve středním rozsahu pohybu ramene. Rotátorová manžeta je klíčovým článkem pro stabilitu na principu konkávně-kompresivního konceptu, v opozici k deltovému, velkému a malému prsnímu svalu, které mají tendenci glenohumerální kloub destabilizovat superiorně a anteriorně. Nejdůležitějším svalem, který zabraňuje hlavičce humeru translaci do superiorního a anteriorního směru, je m. infraspinatus. V rámci kadaverózních a elektromyografických studií je potvrzena účast rotátorové manžety především v anteriorní (zevní rotátory) a posteriorní (vnitřní rotátory) stabilizaci

glenohumerálního kloubu. Nejméně účinným svalem při anteriorní stabilizaci glenohumerálního kloubu je m. subscapularis, když se nachází v krajním rozsahu v opozici s dlouhou hlavou m. biceps brachii. Pokud je ve středním rozsahu, je naopak klíčovým svalem pro stabilizaci při provádění flexe v ramenním kloubu. Rotátorová manžeta, m. deltoideus a dlouhá hlava m. biceps brachii pracují společně, aby udržovali glenohumerální kloub ve stabilní pozici a nedocházelo k anterioposteriorním a superioinferiorním instabilitám [8; 9].

3.4 Patologie ramenního kloubu

Porušená hybnost, bolest, slabost a záněty ramenního kloubu mohou být zdrojem disability, které negativně ovlivňují schopnost člověka provádět ADL, znemožňují pracovat a provádět řadu sportovních aktivit. 16 % až 26 % populace udává bolesti v ramenním kloubu, které je omezují. Je to třetí nejběžnější muskuloskeletální obtíž, se kterou chodí lidé na konzultaci a vyšetření k doktorovi [10; 11].

3.4.1 Zlomeniny

Typy zlomenin se liší podle věku pacienta. U dětí a dospívajících dochází velmi často ke zlomeninám claviculy, kdy následkem pádu se kinetická energie přenesse proximálně a způsobí frakturu claviculy. U starší populace se setkáváme se zlomeninami proximálního humeru, kdy jsou již kosti vlivem osteoporózy oslabeny. Velice vzácně může dojít ke zlomeninám scapuly, kdy musí být vynaložené obrovské množství energie, aby k tomuto došlo (vysoká prevalence u vysokoenergetických traumat řidičů motorových vozů) [12].

3.4.2 Poruchy rotátorové manžety

Nejčastější příčinou bolestí ramenního kloubu je tendinopatie rotátorové manžety ve věkovém rozmezí od 35 do 75 let. Spouštěčem potíží může být

dlouhodobé zvedání těžkých předmětů a provádění repetitivních pohybů, především nad úroveň ramenního kloubu. Přesto bývá prevalence častá u nedominantní horní končetiny a u lidí, kteří nepracují manuálně. Evidence udávají také genetické predispozice ke vzniku tendinopatie rotátorové manžety. Pacienti trpí na bolesti při aktivním a odporovém pohybu, pasivní rozsah bývá plný [11].

Ruptura rotátorové manžety je indikována u mladé populace při traumatech a u starší populace na bázi kostních ostruh na povrchu acromionu a také při degenerativních změnách rotátorové manžety. Částečné ruptury mohou být těžko rozeznatelné od tendinopatie, vzhledem k podobným klinickým výsledkům [11].

3.4.3 Postižení glenohumerálního kloubu

Adhezivní kapsulitida (syndrom zmrzlého ramene) a pravá glenohumerální artritida mají častou historii opakovaných neadhezivních kapsulitid, které jsou charakterizovány hlubokou bolestí glenohumerálního kloubu a omezením do zevní rotace. Adhezivní kapsulitida je častá u pacientů s diabetem a může projevit po dlouhé imobilizaci. Klinicky je přítomná globální bolest glenohumerálního kloubu s omezením do všech rozsahů, aktivních i pasivních [11].

3.4.4 Porucha akromioklavikulárního kloubu

Akromioklavikulární potíže bývají často sekundárním příznakem k traumatům a osteoartritidě. U mladé populace dochází po zranění k dislokaci akromioklavikulárního kloubu. Objeví se bolest, zvýšená citlivost a někdy otok v lokalizaci kloubu. Také je omezen pohyb do pasivní horizontální addukce ramenního kloubu. Akromioklavikulární osteoartritida může být příčinou vzniku subakromiálního impingementu [11].

3.4.5 Mechanická bolest krku

V rámci diferenciální diagnostiky je častým spouštěčem bolestí a omezením rozsahu pohybu ramenního kloubu také mechanická bolest krku. Projevuje se bolestí a ztuhlostí spodní části krku a supraskapulární oblasti. Bolest se přenáší do krajiny ramenního kloubu a proximální části paže. Pohyby krční páteře a ramenního kloubu vyvolávají generalizované potíže horních zad, krku a ramenního kloubu [11].

3.5 Definice virtuální reality

VR je typem technologie, která uživatelům umožňuje realistické zobrazení a interakci s počítačově simulovaným prostředím. Jedná se o formu trojdimenzionální (dále 3D) počítačové grafiky, při níž jsou simulované 3D objekty promítány na monitor nebo jiné zobrazovací zařízení na základě vyrenderované scény. Nové technologie umožňují upravovat vlastnosti renderovaného objektu (barvu, jas, texturu, povrch, průhlednost) a manipulovat se samotným simulovaným prostředím a upravovat jeho vzhled, osvětlení a další parametry. V případě potřeby se vybírají scény s jednoduchou grafikou nebo scény, které se snaží co nejdříve napodobit skutečné prostředí. Počítačová simulace je vytvořena z řady zpracovaných obrázků. VR pak zobrazuje počítačovou simulaci a modeluje pohyby uživatele v simulovaném prostředí a v některých případech i pohyby jiných objektů [13, s. 107; 27].

Důležitým parametrem VR je imerze, v podstatě míra ponoření do simulovaného prostředí. Vysoký stupeň imerze dává uživateli subjektivní pocit, že se skutečně nachází ve VR [13, s. 107; 27].

VR lze ovládat pomocí joysticku nebo klávesnice, případně pomocí kamer, které snímají pohyby horních a dolních končetin. Uživatel se může v simulaci pohybovat a měnit její vlastnosti [13, s. 107-108; 27].

Kromě vizualizace jsou nedílnou součástí VR také zvukové prvky. Také lze implementovat prvky hmatové, čichové a chuťové, stejně jako změny polohy uživatele v reálném světě, které umocňují imerzivní charakter VR [13, s. 108; 27].



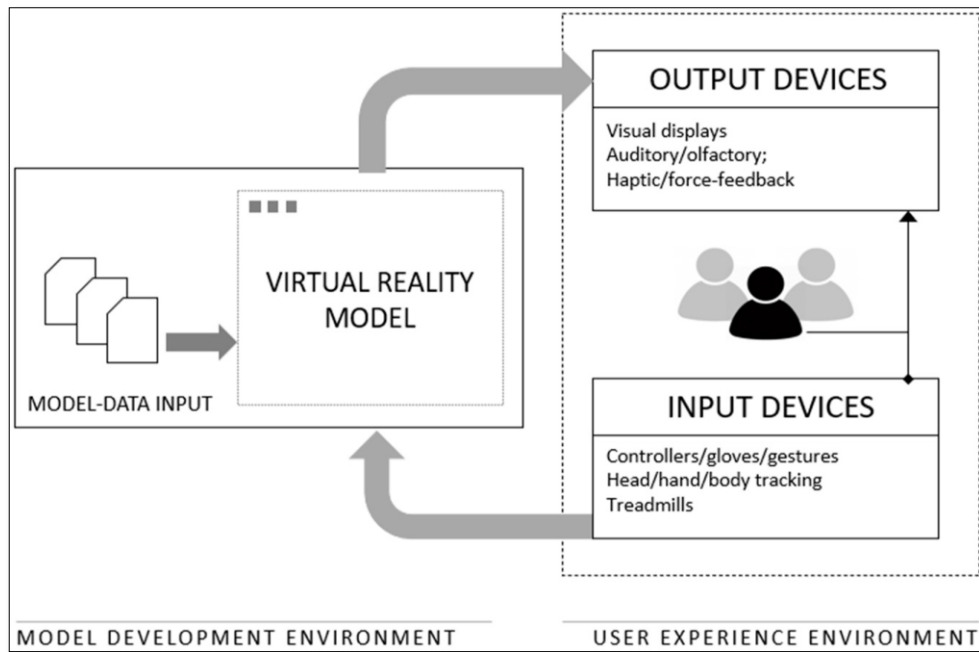
Obrázek 5 - Virtuální brýle Meta Quest 2 s ovládacími joysticky [24]

3.5.1 Zpětnovazebný princip virtuální reality

Pokud může uživatel ovlivňovat realitu simulovanou počítačem, nazývá se toto prostředí interaktivním. K interakci lze použít klávesnice, myši, speciální ovladače nebo různé metody, které snímají cílené pohyby uživatele. Pro terapeutické a diagnostické účely zaznamenává VR, s doplněním dalších senzorů, mimovolní projevy lidského těla, jako jsou fyziologické funkce, změny svalového tonu, těžiště a elektrická aktivita mozku. Pokud jsou tyto parametry zpracovány a prezentovány uživateli ve vhodné formě, stávají se zpětnou vazbou. Zpětná vazba je obvykle vizuální, sluchová nebo hmatová [13, s. 109; 27].

Nejběžnějším typem zpětné vazby je vizuální. Požadovaný obraz se promítá do VR. Obrazy se promítají na tyčinky a čípky uživatele ve formě elektromagnetických vln. Vysílaný signál se nachází ve spektru vln, které dokáže lidské oko detekovat, a je převeden na elektrické impulzy, které jsou následně přenášeny nervovým systémem do mozku. Senzorická kůra mozku signál

zpracuje a v závislosti na jeho vyhodnocení dojde k vědomé nebo nevědomé reakci organismu. Tato reakce je zaznamenána vhodně vybaveným zařízením (obvykle elektroencefalografem, akcelerometrem a tenzometrem) a ve formě elektrických signálů je odeslána zpět do počítačového systému. Nakonec jsou uživateli prezentovány změny v zobrazené tréninkové scéně [13, s. 109-110; 27].



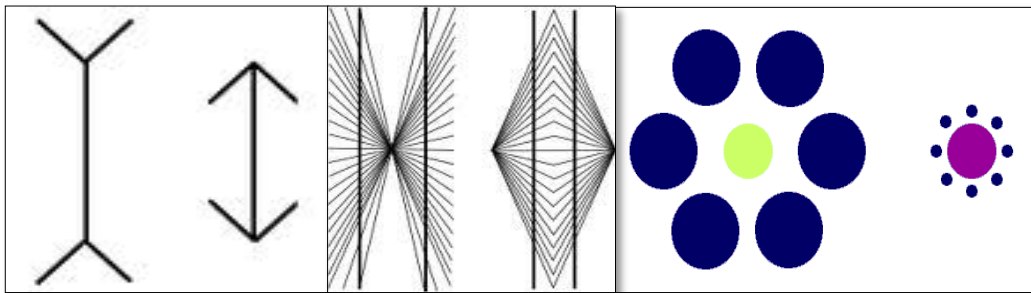
Obrázek 6 - Zpětnovazebný princip virtuální reality [25]

3.5.2 Stereoskopická projekce

Stereoskopické vidění je dosažitelné pozorováním scény oběma očima. K vytvoření 3D vnímání se využívá schopnost binokulární disparity. Oči, které jsou umístěny několik centimetrů od sebe, způsobuje, že každé oko vnímá zorné pole z jiného úhlu. Čím blíže je pozorovaný objekt, tím více se mění obraz na sítnici levého a pravého oka. Vjem stereopse vzniká kombinací signálů vysílaných z levé a pravé sítnice a následným vyhodnocením informací v mozku. Binokulární disparita umožňuje vytvořit prostorové vnímání ve VR [13, s. 111].

Další jev, který se uplatňuje při určování prostorové vzdálenosti, se nazývá princip binokulární konvergence. Když se uživatel dívá na blízký objekt, oči konvergují více než při pohledu na vzdálený objekt. Konvergentní pohyby provádějí okohybné svaly a informace o jejich pohybech lze interpretovat tak, aby pomohly určit vzdálenost [13, s. 111; 27].

Když zorné pole pozoruje pouze jedno oko, pomáhají při určování vzdálenosti vjemové signály. Předměty, které jsou pokryty druhým okem, se jeví jako vzdálenější. Se znalostí percepčních signálů lze vytvářet prostorové obrazy a percepční iluze. Příklady percepčních iluzí jsou Müller-Lyerova iluze, Heringova figura a Ponzova iluze [13, s. 111; 14, s. 149; 27].



Obrázek 7, 8 a 9 - Müller-Lyerova iluze, Heringova figura a Ponzova iluze (zleva doprava) [26]

3.5.3 Aplikace stereoskopické projekce

Jednou z metod simulace 3D obrazů je metoda stereografické projekce, známá jako anaglyf. Objekt je pozorován pomocí brýlí, na levou a pravou stranu se umístí různé barevné filtry (obvykle se používá modrozelený a červený). Na scéně jsou rozprostřeny dva obrazy, simulující zorné pole levého a pravého oka, ale díky použití barevných filtrů je každý obraz viditelný pouze jedním okem. Anaglyfy bohužel neposkytují úplný obraz a přesnou interpretaci barev [13, s. 111-112; 15; 27].

Existují dva typy 3D zobrazení, aktivní stereoskopická projekce a pasivní stereoskopická projekce. Při aktivní stereoskopické projekci zakrývají brýle střídavě levé a pravé oko při vysokých frekvencích. Stejná hodnota frekvence využívá k přepínání obrazu scény mezi levým a pravým okem zobrazovací jednotky. Pasivní projekce používá jednoduché brýle s polarizačními filtry a nachází využití ve 3D filmech, protože její výhodou je nízká hmotnost, pevnost a nevyžaduje napájení. Principem pasivní stereoskopické projekce je zobrazení scény oběma očím současně, pouze obraz je pro každé oko polarizován jinak [13, s. 112; 15; 27].

Další možností je realizace stereoskopické projekce pomocí dvou displejů, které promítají obraz každému oku zvlášť. Tento princip se často využívá v náhlavních soupravách (headsety). Zařízení je také vybaveno senzory (akcelerometr, gyroskop) pro detekci náklonu a pohybu hlavy. To ovlivňuje obraz scény a uživatel se ve virtuálním prostředí rozhlíží jako v přirozeném prostředí. Pokročilejší modely jsou vybaveny senzory, které snímají celé tělo uživatele, mají také mikrofon a sluchátka, aby vytvořily plně imerzivní zážitek z VR [13, s. 112; 15; 27].

3.6 Využití virtuální reality ve fyzioterapii

V posledním desetiletí se VR začala zasazovat do odvětví fyzioterapie, jak pro účely diagnostické, tak pro léčebné. Fyzioterapie ve spojení s VR se snaží vytvořit bezpečné prostředí, kde pacienti mohou pracovat na svých limitacích v rámci pohybového aparátu a ADL. Předchozí pokusy zahrnovaly monotónní terapie ve formě počítačových her, které umožňovaly telerehabilitační aplikaci, ale pacienty nedostatečně motivovaly. VR nabízí mnohem interaktivnější prostředí, které se ukázalo jako efektivní pro zvýšení motivace pacienta pro cvičení. Zároveň je možné terapie provádět telerehabilitační formou v kooperaci s fyzioterapeutem, který může ovlivňovat a sledovat pacientovy kinematické reakce [29, s. 1].

3.6.1 Diagnostické využití virtuální reality ve fyzioterapii

VR již byla využita pro diagnostické účely u dvou onemocnění, dle dostupné literatury. VR byla využita pro vyšetření posturální stability u pacientů s Alzheimerovou poruchou a u pacientů s lehkým mozkovým poraněním se sekundárním postižením rovnováhy [29, s. 4].

VR může fyzioterapeutům sloužit také jako nástroj pro vyšetření funkčních deficitů. Zkoumá se výkonnost při chůzi, balanční deficity, posturální odchylky, funkci horních končetin a jejich svalovou sílu, svalovou výdrž a bolest [29, s. 4].

3.6.2 Terapeutické využití virtuální reality ve fyzioterapii

VR nalézá široké pole působnosti ve fyzioterapii pro rehabilitaci. V praxi je VR využívána pro nácvik rovnováhy u pacientů s Parkinsonovou nemocí, roztroušenou sklerózou a také u lidí léčících se po cévní mozkové příhodě. U jedinců s neglect syndromem lze vést zrcadlovou terapii ve virtuálním prostředí. V případě motorických deficitů horních končetin je VR aplikována v kombinaci s cílenou rehabilitací. Mezi novější trendy patří trénink chůze a překonávání imaginárních překážek ve VR, kdy je pacient postaven na běžecský pás a je připoután v rámci bezpečnosti zdvižnými přezkami. Dalším aspektem je ovlivňování bolesti, kde bylo zkoumáno využití VR u pacientů s popáleninami a fantomovými bolestmi, s pozitivním účinkem. V neposlední řadě lze aplikovat VR pro ideomotorický trénink u dětí, ale také u dospělých i starších jedinců [29, s. 5; 30].

3.7 Aplikace Virtuální reality v rehabilitaci osob s poškozením ramenního kloubu

V posledních letech přibývá řada studií, které se zabývají rehabilitací u pacientů postižením ramenního kloubu. Především se jedná o ruptury rotátorové manžety, syndrom zmrzlého ramene, subakromiální impingementy a další časté ortopedické diagnózy. Některé studie dokonce směřují pozornost na neortopedické diagnózy, jako je třeba rakovina prsu, která také ovlivňuje hybnost a bolestivost ramene [16].

3.7.1 Ovlivnění vnímání bolesti

Akutní bolesti ramenního kloubu jsou třetí nejčastější zdroj disability, po bolestech beder a kolenního kloubu. Až 50 % akutních stavů přetrvává déle než šest měsíců, což zvyšuje prevalenci chronických stavů a má negativní socioekonomický impakt v mnoha zemích. U pacientů s postižením rotátorové manžety je 50 % léčeno šest až dvanáct měsíců od začátku první terapie. U adhesivních kapsulitid je léčba velmi graduální, délka rekonvalescence trvá déle než osmnáct měsíců. Mnoho pacientů také trpí kineziofóbií a strachem z bolesti [17].

V rámci efektu na akutní a chronické bolesti, má VR velice dobré výsledky v rámci akutních bolestí, u chronických bolestí není účinek tak veliký. V kombinaci s progresivním cvičením nabízí další podporu pro redukci bolesti a disability. Mechanismy, které ovlivňují vnímání bolesti při aplikaci VR jsou zatím stále studovány, ale předpokládá se, že mezi ně patří odvedení pozornosti, manipulace senzomotorického vjemu a zvyšované dávkování v kombinaci se cvičením. Pro podrobnější zkoumání byla u jedinců provedena magnetická rezonance, která zjistila, že při používání VR je minimalizována aktivita pěti mozkových oblastí, které jsou spojovány se zpracováváním a vnímáním bolesti [17; 18].

3.7.2 Psychologický efekt

VR má vliv na emoční a psychologický stav pacienta. Stimulující prostředí, personalizovaný avatar a zábavnost mohou u pacientů, především s chronickou bolestí, zásadně ovlivnit jejich vnitřní motivaci. Terapie se stává pro pacienta zábavnější, aktivnější a udržitelnější, což vede k lepším výsledkům při cvičení. Upravením parametrů VR také umožňuje provádění aktivit, které pro pacienta v reálném životě nejsou vzhledem k disabilitám (imobilizace, strach, bolest, ztuhlost) proveditelné. Pozitivnější psychický stav a zvýšená motivace se projeví i při provádění ADL v reálném prostředí, zlepší se úroveň spánku a pacient získává pocit sebejistoty a kontroly nad svým zdravotním stavem, což je především důležité u chronických stavů [18; 19].

3.7.3 Ovlivnění rozsahu pohybu

U pacientů s postižením ramenního kloubu je časté omezení v rozsazích pohybů. Rozsah pohybu je limitován ztuhlostí, bolestí, ale také strachem. VR je důležitým nástrojem, který umí pracovat se všemi složkami v kombinaci s terapeutickým přístupem. Ze studií, které momentálně existují, je potvrzený vliv VR na rozsah pohybu v ramenním kloubu. Po intervenci je rozsah pohybu zvýšen, ale pouze dočasně. Čím je vyšší imerze, tím jsou i lepší výsledky, především do abdukce, také do flexe, ale i při provádění rotačních pohybů v ramenním kloubu [18; 19].

4 METODIKA

Cílem této diplomové práce bylo zpracovat komparativní studii, která bude porovnávat účinnost terapie při cvičení dle fyzioterapeutických metod se cvičením ve formě kombinované terapie včetně virtuální reality. V rámci studie byli probandi rozřazeni do dvou skupin, experimentální a kontrolní. Rozdělení probandů bylo provedeno náhodně tak, aby došlo k rovnoměrnému rozložení do obou skupin.

Sběr dat byl uskutečněn od ledna 2024 do dubna 2024. Probandi byli vybíráni na ambulantním oddělení ON Kladno, kde byly provedeny veškeré vyšetření a terapie.

4.1 Podmínky selekce probandů

V rámci diplomové práce bylo stanoveno několik kritérií, které musely být splněny v rámci zapojení probanda do studie. Hlavním kritériem byla přítomnost bolesti v ramenním kloubu. Také byla nastavena věková hranice v rozmezí 30-80 let. Poslední podmínkou bylo seznámení probanda se samotnou studií, měřením a terapií, společně s podpisem informovaného souhlasu.

Pokud bylo při vstupním vyšetření v rámci diferenciální diagnostiky zjištěna jiná patologie vedoucí k bolestem v ramenním kloubu nebo pokud probandi užívali léky proti bolesti, které by mohly ovlivnit výsledky měření a terapií, byli ze studie vyřazeni.

4.2 Využitý přístroj

4.2.1 Hardware

Pro účely diplomové práce byl v rámci vstupních, výstupních vyšetření a terapií vypůjčen headset virtuální reality Oculus Quest 2 od firmy VR Medical s.r.o., dodavatel headsetů je od roku 2022 společnost Meta, lze se tedy setkat i s výrobkem Meta Quest 2, který je parametrálně identický s předchozím modelem.

Headset oplývá zabudovaným interním úložištěm o velikosti 128 GB. Samotné zobrazovací zařízení je tvořeno Fast-switch LCD displejem s rozlišením na jedno oko 1832x1920 pixelů. Obnovovací frekvence headsetu dosahuje hodnot od 60-120 Hz, pro běžné používání headsetu bohatě stačí frekvence o velikosti 60 Hz. Také uživatel ušetří na spotřebě energie a přístroj se tolik nepřehřívá. Pro plynulý chod je zabudovaný procesor Qualcomm Snapdragon XR2 a paměť RAM o kapacitě 6 GB. Rozmezí FOV je uváděno od 85-97°, dle nastavení vzájemné vzdálenosti čoček, které lze nastavit do 3 různých poloh. Pro úpravu délky headsetu jsou umístěny povolitelné přezky na vrcholu headsetu a kolečka na zadní straně headsetu. Pokud uživatelé nosí dioptrické brýle, lze přidělat na přední část přístroje pomocný nástavec.

Headset je vybaven také integrovaným mikrofonem a reproduktory, které produkují prostorový zvuk. Velikou výhodou je možnost pracovat s headsetem bez nutnosti ho mít zapojený v zásuvce, baterie je plně independentní (kapacita 3640 mAh, plně nabitý headset je schopen fungovat až 3 hodiny při aktivním používání). Snímání pohybů je zprostředkováno 4 kamerami, které v rozmezí 6 stupňů volnosti mapují pohyby horních končetin. Pro detekci pohybů hlavy je v headsetu implementovaný gyroakcelerometr. Pro rehabilitační účely je

ovládání ve virtuální realitě prováděno gesty horních končetin, jinak lze použít také ovladač.

Headset měří na šířku 22,4 cm a v základě na délku 45 cm. Hmotnost přístroje je pouhých 321 g, nezatěžuje tedy probanda při nošení.



Obrázek 8 - Headset Meta Quest 2 [vlastní zdroj]

4.2.2 Software

Firma VR Medical s.r.o. vyvinula pro rehabilitační účely vlastní, sofistikovaný software, na kterém se mimo techniků podíleli také terapeuti, lékaři i samotní pacienti. Po dobu již 4 let se firma podílí na implementaci virtuální reality do lázeňských zařízení, nemocnic a dalších středisek s cílem posunout možnosti rehabilitace na novou úroveň.

Pro účely diplomové práce byly využity již zaběhnuté aplikace od společnosti VR Medical, ale také i jedna nová aplikace, sloužící k měření rozsahů pohybu v ramenním kloubu a také k získání zpětné vazby od pacienta. Ta zahrnovala souhrn pěti otázek, dotazujících se na míru omezení vlivem bolesti při cvičení i

v běžném životě, náročnost cvičení, pocit bezpečnosti probanda při cvičení a jak se proband po cvičení cítil. Proband odpovídal na tyto otázky formou interaktivní škály složené ze šesti emotikonů, seřazené zleva doprava od červené, oranžové, žluté až do zelené barvy. Červená barva odpovídala negativnímu hodnocení, zelená barva pozitivnímu hodnocení. Zaměření zbývajících aplikací bylo primárně na trénink hrubé motoriky, cílených pohybů a také na zvýšení rozsahů pohybu v ramenním kloubu o ovlivnění intenzity bolesti, kterou pacient trpěl.

4.3 Shoulder Pain and Disability Index

Shoulder Pain and Disability Index (dále SPADI) je anglický dotazník, který je složen ze dvou složek, první část se zajímá o bolest, druhá o disability v ramenním kloubu. V první části dotazníku je celkem 5 otázek, v části druhé je 8 otázek. Vyplnění dotazníku trvá pacientům přibližně 5-10 minut [28].

V rámci diplomové práce byla využita pouze první část dotazníku, zajímavější se o intenzitu bolesti v ramenním kloubu, kterou probandi trpěli v průběhu terapií a jakým směrem se její míra vyvíjela. Aby probandi porozuměli zadání otázek, byla první část dotazníku přeložena do češtiny autorem diplomové práce. Číselné hodnocení bylo pomocí vzorečku $x/50 \times 100$ převedeno do procentuální klasifikace, kdy 0 % je žádná bolest a 100 % je maximální bolest.

4.4 Vstupní vyšetření a terapie

Při první návštěvě byli probandi seznámeni s průběhem vstupního vyšetření, terapie a výstupního vyšetření. Při tomto sezení podepsali probandi také informovaný souhlas. Časová dotace na vstupní a výstupní vyšetření byla 35 minut, na průběžná sezení 30 minut. Proběhlo 5 terapií, včetně

vstupního/výstupního vyšetření. Dle časových možností pacientů byly tyto terapie prováděny průměrně jednou až dvakrát týdně.

4.4.1 Konvenční terapie

V rámci konvenční terapie byly zvoleny na začátku sezení techniky měkkých tkání a mobilizační techniky, pro oblast ramenního kloubu, claviculy a scapuly.

V aktivní části terapie cvičili pacienti dle jejich možností proti gravitaci, s využitím odporové gumy, anebo s jednokilovou až dvoukilovou činkou koncentricky, izometricky i excentricky do flexe, extenze, abdukce a do vnitřní i zevní rotace. U experimentální skupiny byla aktivní část cvičení zkrácena vzhledem k tomu, že probandy ještě čekala rehabilitace ve VR. Obě skupiny byly edukovány o technice správného provedení zadaných cvičení, aby je mohly trénovat i v domácím prostředí.

4.4.2 Experimentální skupina

Při vstupním vyšetření byli probandi v prvních 25 minutách vyšetřeni a nastavila se adekvátní fyzioterapeutická cvičení. Vstupní vyšetření zahrnovalo odebrání podrobné anamnézy, aspekční a palpační vyšetření oblasti ramenního kloubu, lopatky, klíční kosti a krční páteře. U krční páteře a ramenního kloubu byly vyšetřeny pasivní a aktivní složky pohybu. Také byly provedeny odporové testy u krční páteře a ramenního kloubu. Pro objektivní porovnání byli probandi vždy vyšetřováni bilaterálně. V posledních 5 minutách byl změřen rozsah pohybu v ramenním kloubu a zpětná vazba pomocí aplikace od VR Medical. Při druhém, třetím a čtvrtém cvičení byla terapie vedena kombinovanou metodou, prvních 15 minut probandi aktivně cvičili dle naučených fyzioterapeutických cvičení, dalších 12 minut probandi strávili ve virtuální realitě. Terapeutický plán ve VR byl složen ze 4 aplikací (kachličky, hvězdy, sběr ovoce a chytání ryb) se zaměřením na rozsahy pohybu v ramenním kloubu, funkci horních končetin,

zvyšování svalové síly a dalších aspektů, každá s délkou trvání 3 minuty. Pro každého pacienta byla individuálně nastavena adekvátní obtížnost. Aplikace byly ovládány pouze postiženou horní končetinou. Při výstupním vyšetření byl postup terapie totožný s průběžnými sezeními, v posledních 3 minutách byl pomocí aplikace od VR Medical znovu změřen rozsah pohybu v ramenním kloubu společně se zpětnou vazbou.

Vstupní/výstupní vyšetření i průběžné terapie zahrnovaly vyplnění první části dotazníku SPADI na začátku sezení. Na konci každého sezení se znovu vyplnila první část dotazníku.

4.4.3 Kontrolní skupina

Při vstupním vyšetření byli probandi v prvních 25 minutách vyšetření a nastavila se adekvátní fyzioterapeutická vyšetření. Vstupní vyšetření zahrnovalo odebrání podrobné anamnézy, aspekční a palpační vyšetření oblasti ramenního kloubu, lopatky, klíční kosti a krční páteře. U krční páteře a ramenního kloubu byly vyšetřeny pasivní a aktivní složky pohybu. Také byly provedeny odporové testy u krční páteře a ramenního kloubu. Pro objektivní porovnání byli probandi vždy vyšetřováni bilaterálně. V posledních 5 minutách byl změřen rozsah pohybu v ramenním kloubu a zpětná vazba pomocí aplikace od VR Medical. Při druhém, třetím a čtvrtém cvičení byla cvičení vedena dle naučených fyzioterapeutických cvičení po dobu 30 minut. Při výstupním vyšetření trvala délka cvičení 25 minut, v posledních 3 minutách byl pomocí aplikace od VR Medical znovu změřen rozsah pohybu v ramenním kloubu společně se zpětnou vazbou.

Vstupní/výstupní vyšetření a průběžné terapie zahrnovaly vyplnění první části dotazníku SPADI na začátku sezení. Na konci každého sezení se znovu vyplnila první část dotazníku.

5 VÝSLEDKY

V této části jsou na základě stanovených kritérií vyhodnoceny výsledky z proběhlých měření, zkoumajících vliv VR v intervenci s fyzioterapeutickým cvičením, na krátkodobou bolest, dlouhodobou bolest a rozsahy pohybů v ramenním kloubu. Stejným způsobem je vyhodnocen vliv samotného fyzioterapeutického cvičení na výše zmíněné aspekty. Komparativní metodou jsou výsledky experimentální a kontrolní skupiny porovnány. Statistickou analýzou se určí přesnější výstup měření v kapitole hypotézy.

Dlouhodobá bolest je označována jako bolest, kterou proband popisuje vždy na začátku terapie, tedy před cvičením. Sledujeme tím vliv na dlouhodobou změnu bolesti u ramenního kloubu.

Krátkodobá bolest je označována jako bolest, kterou proband popisuje okamžitě po cvičení. Sledujeme tím vliv na okamžitou změnu bolesti u ramenního kloubu.

Dlouhodobá bolest i krátkodobá bolest nejsou definovány jako oficiální označení ve SPADI dotazníku, účelem těchto označení je zjednodušení zápisu výsledků diplomové práce.

Výsledky proběhlých měření jsou demonstrovány formou tabulek a grafů, které přesněji zobrazí a usnadní porovnání výsledných hodnot.

5.1 Demografické tabulky

Výsledky a ověřování hypotéz jsou hodnoceny ze souhrnu 20 probandů, kteří jsou rozděleni do dvou stejně velikých skupin, a to experimentální (Ex) a kontrolní (Ko). V tabulce 1 jsou uvedeny základní demografické údaje z hodnoceného souboru obou skupin. V tabulce 2 je uvedena stranová lokalita bolestí v ramenním kloubu ze souboru obou skupin. V tabulce 3 je předložena míra zastoupení jednotlivých diagnóz ze souboru obou skupin.

Tabulka 1 - Demografická tabulka souboru jednotlivých skupin [vlastní zdroj]

Skupina	n	muži	ženy	průměrný věk
Ex	10	5	5	54,2
Ko	10	6	4	57,8
Celkem	20	11	9	56

Tabulka 2 – Stranová lokalita bolestí v ramenním kloubu ze souboru obou skupin [vlastní zdroj]

Skupina	n	Levé rameno	Pravé rameno
Ex	10	5	5
Ko	10	3	7
Celkem	20	8	12

Tabulka 3 – Zastoupení jednotlivých diagnóz ze souboru obou skupin [vlastní zdroj]

Skupina	n	Impingement	Roztržení rotátorové manžety	Burzitida	Omartróza	Bez zjevné příčiny
Ex	10	3	2	1	1	3
Ko	10	3	1	1	2	3
Celkem	20	6	3	2	3	6

Zastoupení mužů a žen je mezi oběma skupinami vyrovnané, vyšší průměrný věk je ve skupině kontrolní. Z hlediska stranové lokality bolestí převažuje pravý ramenní kloub v celkovém množství 12 probandů, kdy až 7 z nich je ve skupině kontrolní. V zastoupení jednotlivých diagnóz převažuje impingement syndrom a bolesti ramenního kloubu bez zjevné příčiny, nejméně zastoupeny jsou burzitidy ramene.

5.2 Experimentální skupina

5.2.1 Ovlivnění dlouhodobé bolesti

Pomocí tabulky je znázorněna změna v celkové hodnotě bolesti dle první části SPADI dotazníku, která byla vyplněna vždy na začátku terapie. Výsledky jsou prezentovány číselnou i procentuální formou. Čím je číselná nebo procentuální hodnota nižší, tím je nižší bolest.

Pomocí grafu je znázorněna průměrná změna intenzity dlouhodobé bolesti u pěti otázek dle první části SPADI dotazníku u první a poslední terapie.

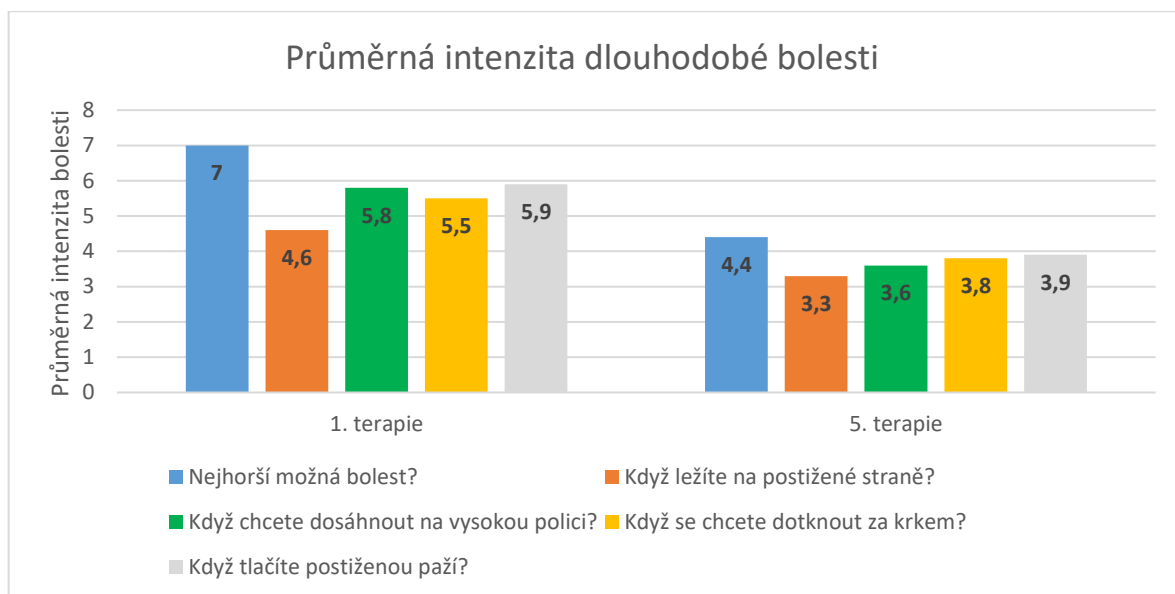
Tabulka 4 - Hodnocení bolesti dle první části SPADI dotazníku na začátku terapie, číselně [vlastní zdroj]

Pacient	1 terapie	2. terapie	3. terapie	4. terapie	5. terapie
1ex	30	24	23	20	17
2ex	18	17	16	15	13
3ex	29	27	26	24	21
4ex	34	33	30	27	23
5ex	42	38	35	30	27
6ex	20	19	16	15	12
7ex	21	20	20	18	15
8ex	37	35	33	30	26
9ex	33	32	29	24	22
10ex	24	22	19	16	14
průměr	28,8	26,7	24,7	21,9	19,0

Tabulka 5 - Hodnocení bolesti dle první části SPADI dotazníku na začátku terapie, procentuálně [vlastní zdroj]

Pacient	1 terapie	2. terapie	3. terapie	4. terapie	5. terapie
1ex	60 %	48 %	46 %	40 %	34 %
2ex	36 %	34 %	32 %	30 %	26 %
3ex	58 %	54 %	52 %	48 %	42 %
4ex	68 %	66 %	60 %	56 %	48 %
5ex	84 %	76 %	70 %	68 %	62 %
6ex	40 %	38 %	32 %	30 %	24 %
7ex	42 %	40 %	40 %	36 %	30 %
8ex	74 %	70 %	66 %	60 %	50 %
9ex	66 %	64 %	58 %	48 %	44 %
10ex	48 %	44 %	38 %	32 %	28 %
průměr	57,6 %	53,4 %	49,4 %	43,8 %	38,0 %

Graf 1 - Průměrná intenzita dlouhodobé bolesti u experimentální skupiny [vlastní zdroj]



V průběhu pěti terapií se probandi průměrně zlepšili v rámci dlouhodobé bolesti o **19,6 %**. V rámci jednotlivých otázek došlo k největšímu průměrnému snížení bolesti u první otázky, dotazující se na **nejhorší možnou bolest**, a to o **2,6 bodu** z možných 10.

5.2.3 Ovlivnění krátkodobé bolesti

Pomocí tabulky je znázorněna změna v celkové hodnotě bolesti dle první části SPADI dotazníku, která byla vyplněna vždy na konci terapie. Výsledky jsou prezentovány číselnou i procentuální formou. Čím je číselná nebo procentuální hodnota nižší, tím je nižší bolest.

Pomocí grafu je znázorněna průměrná změna intenzity krátkodobé bolesti u pěti otázek dle první části SPADI dotazníku u první a poslední terapie.

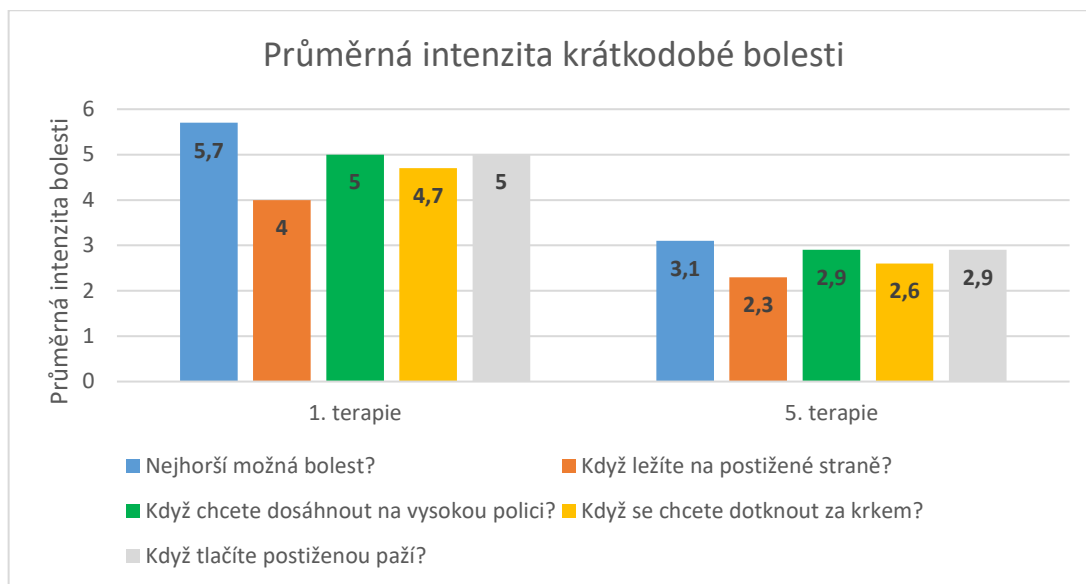
Tabulka 6 - Hodnocení bolesti dle první části SPADI dotazníku na konci terapie, číselně [vlastní zdroj]

Pacient	1. terapie	2. terapie	3. terapie	4. terapie	5. terapie
1ex	25	20	17	14	11
2ex	13	12	10	10	9
3ex	24	24	21	19	16
4ex	30	28	25	21	19
5ex	35	31	28	24	21
6ex	16	11	10	9	8
7ex	18	16	15	11	9
8ex	33	30	27	24	21
9ex	28	26	22	19	16
10ex	22	18	15	12	9
průměr	24,4	21,6	19	16,3	13,9

Tabulka 7 - Hodnocení bolesti dle první části SPADI dotazníku na konci terapie, procentuálně [vlastní zdroj]

Pacient	1. terapie	2. terapie	3. terapie	4. terapie	5. terapie
1ex	50 %	40 %	34 %	28 %	22 %
2ex	26 %	24 %	20 %	20 %	18 %
3ex	48 %	48 %	42 %	38 %	32 %
4ex	60 %	56 %	50 %	42 %	38 %
5ex	70 %	62 %	56 %	48 %	42 %
6ex	32 %	22 %	20 %	18 %	16 %
7ex	36 %	32 %	30 %	22 %	18 %
8ex	66 %	60 %	54 %	48 %	42 %
9ex	56 %	52 %	44 %	38 %	32 %
10ex	44 %	36 %	30 %	24 %	18 %
průměr	48,8 %	43,2 %	38,0 %	32,6 %	27,8 %

Graf 2 - Průměrná intenzita krátkodobé bolesti u experimentální skupiny [vlastní zdroj]



V průběhu pěti terapií se probandi průměrně zlepšili o **21 %**. Při porovnání dlouhodobé bolesti na začátku terapie a krátkodobé bolesti na konci terapie se probandi zlepšili v průměru o **10,3 %**. V rámci jednotlivých otázek došlo k největšímu průměrnému snížení bolesti u první otázky, dotazující se na **nejhorší možnou bolest**, a to o **2,6 bodu** z možných 10.

5.2.4 Ovlivnění rozsahů pohybu v ramenním kloubu

Pomocí tabulky jsou znázorněny změny v rozsazích pohybu při jednotlivých terapiích. Rozsah pohybu je měřen automaticky v jednotlivých aplikacích do flexe a horizontální abdukce v ramenním kloubu a je vyhodnocen v rámci softwaru od VR Medical. Data jsou nasbírána z aplikace měřící rozsah pohybu v ramenním kloubu při 1. a 5. terapii. Také jsou zakomponována obdržena data o rozsazích pohybu v ramenním kloubu u kachliček, hvězd, chytání ryb a sběru ovoce při 2. až 5. terapii. Výsledky jsou prezentovány číselnou formou ve stupních.

Tabulka 8 - Flexe v ramenním kloubu u experimentální skupiny [vlastní zdroj]

Flexe v ramenním kloubu					
Pacient	1 terapie	2. terapie	3. terapie	4. terapie	5. terapie
1ex	71°	104°	143°	146°	129°
2ex	96°	166°	180°	113°	175°
3ex	130°	175°	129°	169°	130°
4ex	132°	130°	122°	122°	160°
5ex	113°	127°	145°	177°	117°
6ex	111°	122°	176°	174°	120°
7ex	123°	179°	123°	117°	179°
8ex	107°	177°	124°	177°	130°
9ex	104°	169°	118°	166°	161°
10ex	120°	179°	117°	163°	161°
průměr	110,7°	152,8°	137,7°	152,4°	146,2°

Tabulka 9 - Horizontální abdukce v ramenním kloubu u experimentální skupiny [vlastní zdroj]

Horizontální abdukce v ramenním kloubu					
Pacient	1 terapie	2. terapie	3. terapie	4. terapie	5. terapie
1ex	107°	146°	156°	164°	153°
2ex	157°	171°	178°	150°	175°
3ex	171°	169°	164°	156°	162°
4ex	125°	127°	172°	159°	155°
5ex	160°	145°	154°	173°	151°
6ex	136°	166°	176°	154°	147°
7ex	144°	179°	176°	167°	176°
8ex	169°	177°	148°	169°	148°
9ex	138°	167°	145°	175°	177°
10ex	163°	171°	161°	159°	164°
průměr	147°	161,8°	163°	162,6°	160,8°

Při porovnání výsledků došlo k nejvyššímu průměrnému zlepšení do flexe v ramenním kloubu při 2. terapii s naměřenou hodnotou **152,8°**. K nejvyššímu průměrnému zlepšení do horizontální abdukce v ramenním kloubu došlo při 3. terapii s naměřenou hodnotou **163°**.

5.3 Kontrolní skupina

5.3.1 Ovlivnění dlouhodobé bolesti

Pomocí tabulky je znázorněna změna v celkové hodnotě bolesti dle první části SPADI dotazníku, která byla vyplněna vždy na začátku terapie. Výsledky jsou prezentovány číselnou i procentuální formou. Čím je číselná nebo procentuální hodnota nižší, tím je nižší bolest.

Pomocí grafu je znázorněna průměrná změna intenzity dlouhodobé bolesti u pěti otázek dle první části SPADI dotazníku u první a poslední terapie.

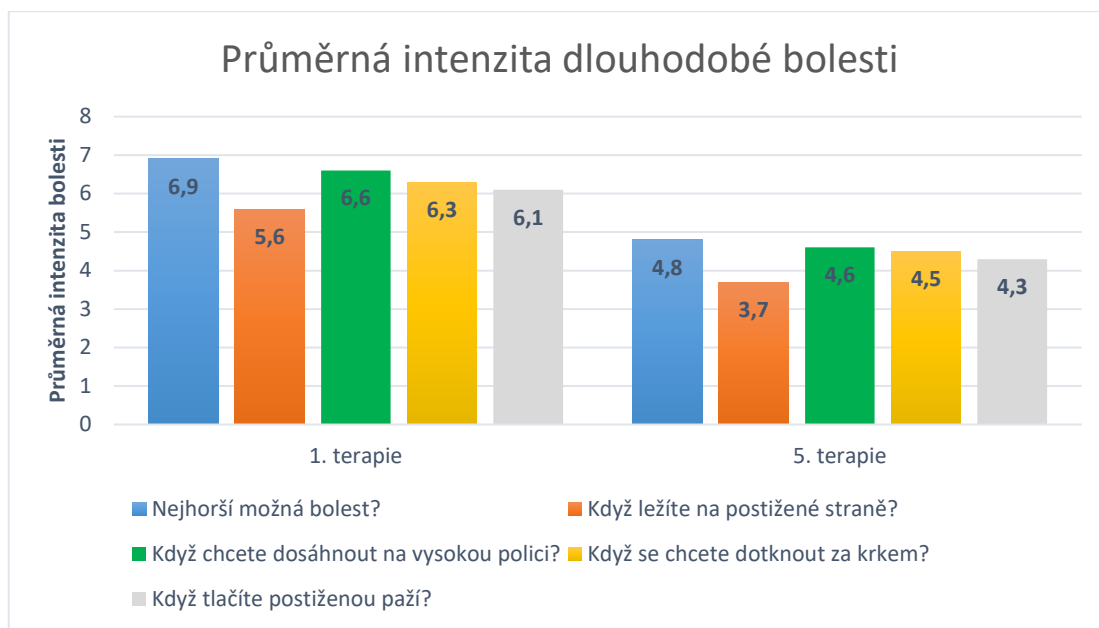
Tabulka 10 - Hodnocení bolesti dle první části SPADI dotazníku na začátku terapie, číselně [vlastní zdroj]

Pacient	1. terapie	2. terapie	3. terapie	4. terapie	5. terapie
1ko	35	33	30	28	25
2ko	39	36	35	32	29
3ko	30	28	25	23	19
4ko	31	28	27	25	22
5ko	24	23	20	19	18
6ko	39	40	38	32	30
7ko	38	35	32	35	30
8ko	27	25	23	21	20
9ko	23	21	19	15	10
10ko	29	26	23	19	16
průměr	31,5	29,5	27,2	24,9	21,9

Tabulka 11 - Hodnocení bolesti dle první části SPADI dotazníku na začátku terapie, procentuálně [vlastní zdroj]

Pacient	1. terapie	2. terapie	3. terapie	4. terapie	5. terapie
1ko	70 %	66 %	60 %	56 %	50 %
2ko	78 %	72 %	70 %	64 %	58 %
3ko	60 %	56 %	50 %	46 %	38 %
4ko	62 %	56 %	54 %	50 %	44 %
5ko	48 %	46 %	40 %	38 %	36 %
6ko	78 %	80 %	76 %	64 %	60 %
7ko	76 %	70 %	64 %	70 %	60 %
8ko	54 %	50 %	46 %	42 %	40 %
9ko	46 %	42 %	38 %	30 %	20 %
10ko	58 %	52 %	46 %	38 %	32 %
průměr	63,0 %	59,0 %	54,4 %	49,8 %	43,8 %

Graf 3 - Průměrná intenzita dlouhodobé bolesti u kontrolní skupiny [vlastní zdroj]



V průběhu pěti terapií se probandi průměrně zlepšili v rámci krátkodobé bolesti o **19,2 %**. V rámci jednotlivých otázek došlo k největšímu průměrnému snížení bolesti u první otázky, dotazující se na **nejhorší možnou bolest**, a to o **2,1 bodu** z možných 10.

5.3.2 Ovlivnění krátkodobé bolesti

Pomocí tabulky je znázorněna změna v celkové hodnotě bolesti dle první části SPADI dotazníku, která byla vyplněna vždy na začátku terapie. Výsledky jsou prezentovány číselnou i procentuální formou. Čím je číselná nebo procentuální hodnota nižší, tím je nižší bolest.

Pomocí grafu je znázorněna průměrná změna intenzity krátkodobé bolesti u pěti otázek dle první části SPADI dotazníku u první a poslední terapie.

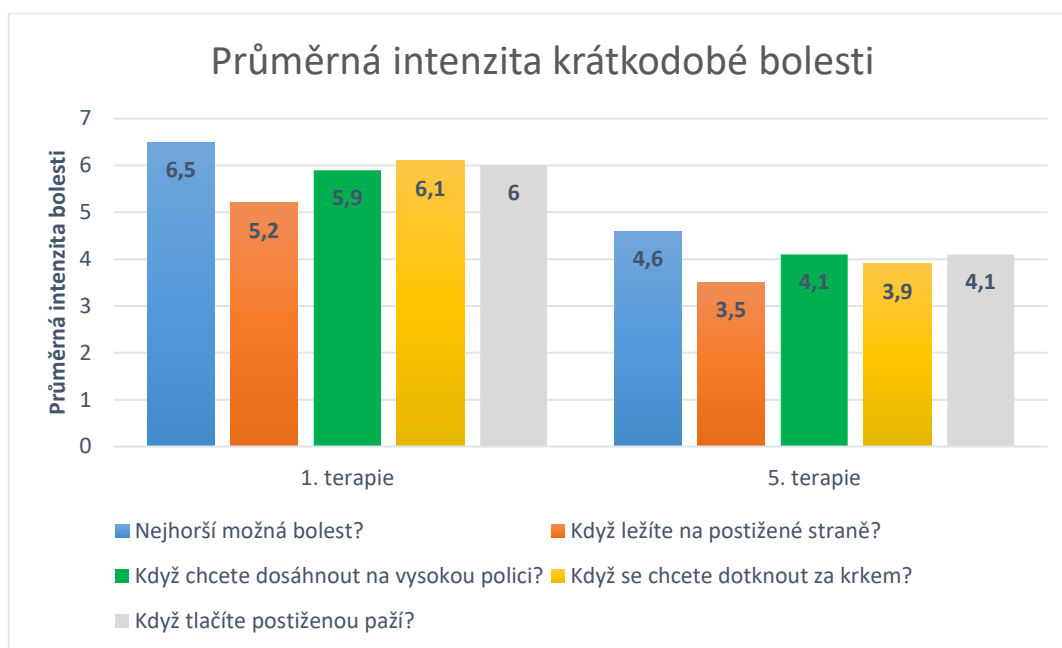
Tabulka 12 - Hodnocení bolesti dle první části SPADI dotazníku na konci terapie, číselně [vlastní zdroj]

Pacient	1. terapie	2. terapie	3. terapie	4. terapie	5. terapie
1ko	34	33	29	26	23
2ko	36	34	31	31	27
3ko	29	27	23	22	18
4ko	30	27	25	23	21
5ko	22	19	17	16	15
6ko	37	35	33	32	28
7ko	35	33	30	34	29
8ko	26	23	21	20	18
9ko	21	20	17	13	8
10ko	27	25	21	17	15
průměr	29,7	27,6	24,7	23,4	20,2

Tabulka 13 - Hodnocení bolesti dle první části SPADI dotazníku na konci terapie, procentuálně [vlastní zdroj]

Pacient	1. terapie	2. terapie	3. terapie	4. terapie	5. terapie
1ko	68 %	66 %	58 %	52 %	46 %
2ko	72 %	68 %	62 %	62 %	54 %
3ko	58 %	54 %	46 %	44 %	36 %
4ko	60 %	54 %	50 %	46 %	42 %
5ko	44 %	38 %	34 %	32 %	30 %
6ko	74 %	70 %	66 %	64 %	56 %
7ko	70 %	66 %	60 %	68 %	58 %
8ko	52 %	46 %	42 %	40 %	36 %
9ko	42 %	40 %	34 %	26 %	16 %
10ko	54 %	50 %	42 %	34 %	30 %
průměr	59,4 %	55,2 %	49,4 %	46,8 %	40,4 %

Graf 4 - Průměrná intenzita krátkodobé bolesti u kontrolní skupiny [vlastní zdroj]



V průběhu pěti terapií se probandi průměrně zlepšili o 19 %. Při porovnání dlouhodobé bolesti na začátku terapie a krátkodobé bolesti na konci terapie se probandi zlepšili v průměru o 3,8 %. V rámci jednotlivých otázek došlo k největšímu průměrnému snížení bolesti u čtvrté otázky, dotazující se na **míru bolesti při dotknutí se za krkem**, a to o **2,2 bodu** z možných 10.

5.3.3 Ovlivnění rozsahů pohybu v ramenním kloubu

Pomocí tabulky jsou znázorněny změny v rozsazích pohybu při jednotlivých terapiích. Rozsah pohybu je měřen automaticky v aplikaci do flexe a horizontální abdukce v ramenním kloubu a je vyhodnocen v rámci softwaru od firmy VR Medical. Data jsou nasbírána z aplikace měřící rozsah pohybu v ramenním kloubu při 1. a 5. terapii. Výsledky jsou prezentovány číselnou formou ve stupních.

Tabulka 14 - Flexe v ramenním kloubu u kontrolní skupiny [vlastní zdroj]

Flexe v ramenním kloubu		
Pacient	1. terapie	5. terapie
1ko	113°	134°
2ko	117°	125°
3ko	122°	124°
4ko	123°	120°
5ko	113°	128°
6ko	87°	105°
7ko	109°	130°
8ko	130°	117°
9ko	115°	123°
10ko	128°	123°
průměr	115,7°	122,9°

Tabulka 15 - Horizontální abdukce v ramenním kloubu u kontrolní skupiny [vlastní zdroj]

Horizontální abdukce v ramenním kloubu		
Pacient	1. terapie	5. terapie
1ko	130°	135°
2ko	137°	150°
3ko	139°	154°
4ko	141°	134°
5ko	131°	138°
6ko	152°	140°
7ko	154°	155°
8ko	145°	156°
9ko	147°	136°
10ko	151°	176°
průměr	142,7°	147,4°

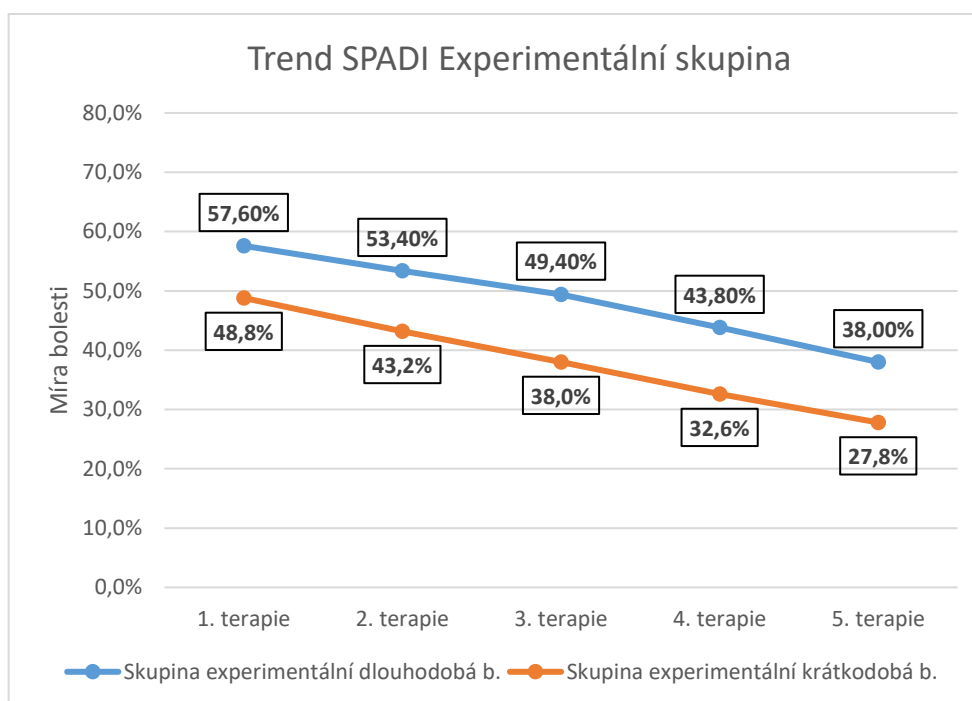
Při porovnání 1. a 2. měření došlo k vyššímu průměrnému zlepšení do flexe v ramenním kloubu u 2. měření s naměřenou hodnotou **122,9°**. K vyššímu průměrnému zlepšení do horizontální abdukce v ramenním kloubu došlo u 2. měření s naměřenou hodnotou **147,4°**.

5.4 Porovnání výsledků

5.4.1 Experimentální skupina intenzita bolesti

Pomocí grafu jsou procentuálním vyjádřením porovnávány výsledky experimentální skupiny v rámci jednotlivých terapií a jejich vlivu na snížení intenzity bolesti v ramenním kloubu, kdy je na začátku vyhodnocena dlouhodobá bolest a na konci terapie je vyhodnocena krátkodobá bolest.

Graf 5 - Trend SPADI u experimentální skupiny [vlastní zdroj]

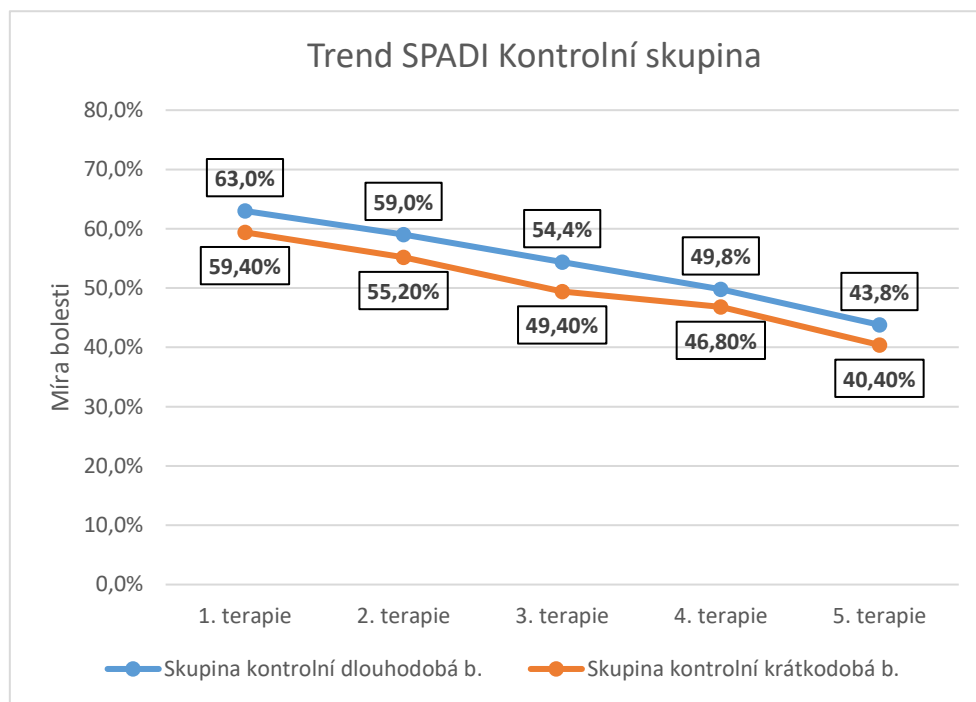


Při porovnání výsledných změn intenzity bolesti mezi začátkem terapie a po absolvování cvičební jednotky, je průměrný rozdíl ve snížení intenzity bolesti o **10,3 %**.

5.4.2 Kontrolní skupina intenzita bolesti

Pomocí grafu jsou procentuálním vyjádřením porovnávány výsledky kontrolní skupiny v rámci jednotlivých terapií a jejich vlivu na snížení intenzity bolesti v ramenním kloubu, kdy je na začátku vyhodnocena dlouhodobá bolest a na konci terapie je vyhodnocena krátkodobá bolest.

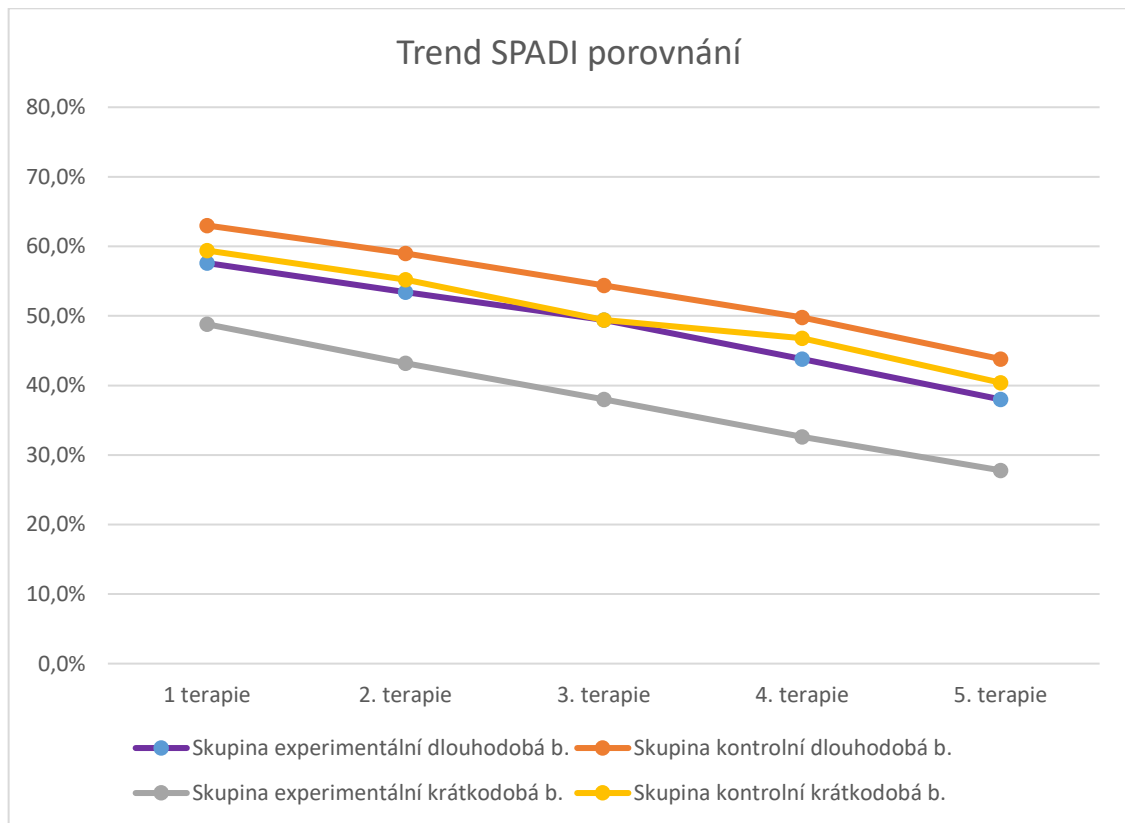
Graf 6 - Trend SPADI u kontrolní skupiny [vlastní zdroj]



Při porovnání výsledných změn intenzity bolesti mezi začátkem terapie a po absolvování cvičební jednotky, je průměrný rozdíl ve snížení intenzity bolesti o **3,8 %**.

5.4.3 Porovnání experimentální a kontrolní skupiny pro intenzitu bolesti

Graf 7 - Trend SPADI [vlastní zdroj]

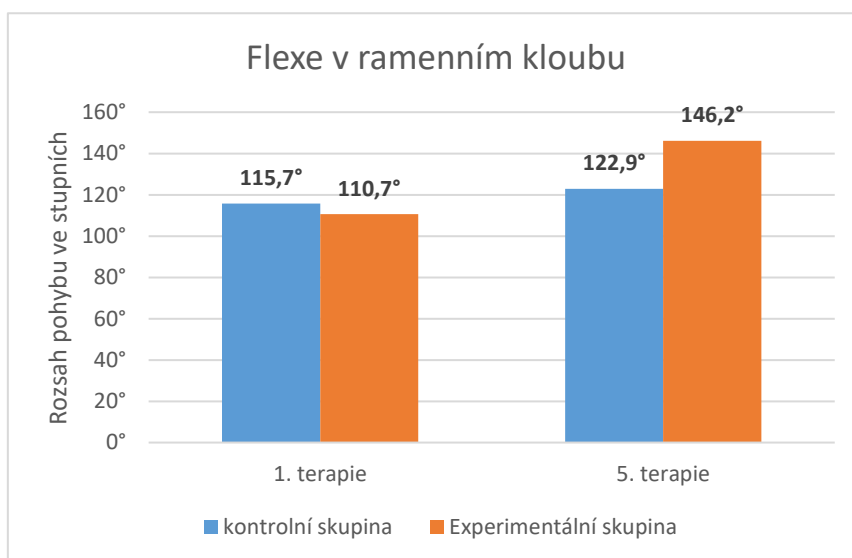


Při porovnání výsledků experimentální a kontrolní skupiny vychází několik výstupů. Z hlediska dlouhodobé bolesti a její změny intenzity dle dotazníku SPADI je průměrně lepší skupina experimentální, a to o **0,4 %**, což je v rámci statistického zpracování rozdíl zanedbatelný. V rámci krátkodobé bolesti a její změny intenzity dle dotazníku SPADI je průměrně lepší skupina experimentální, a to o **2 %**, kdy je již procentuální míra vyšší, ale stále ne o tolik. Při porovnání rozdílů bolesti dlouhodobé a krátkodobé v horizontu jednotlivých terapií mezi oběma skupinami je průměrné zlepšení vyšší u skupiny experimentální, konkrétně o **10,3 %**, u skupiny kontrolní je průměrné zlepšení pouze o **3,8 %**.

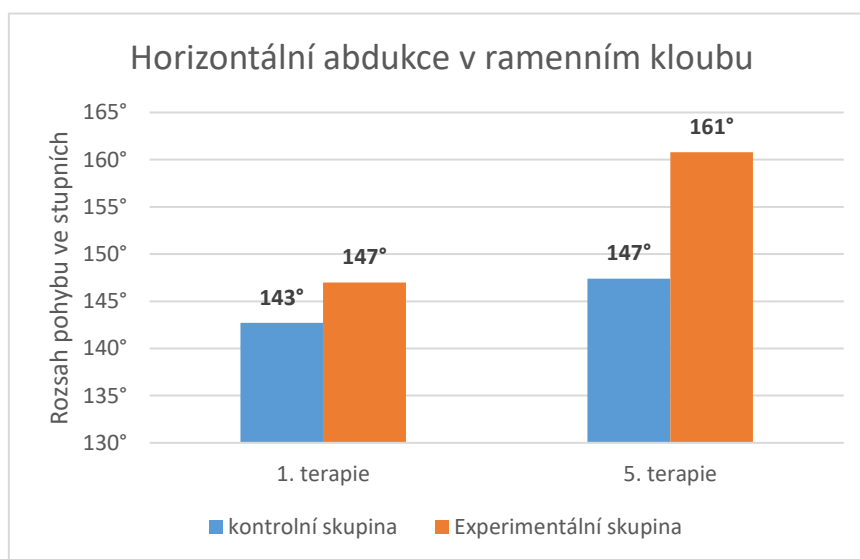
5.4.4 Porovnání změn v rozsazích pohybu v ramenním kloubu u experimentální a kontrolní skupiny

Pomocí grafu jsou stupňovým vyjádřením porovnávány průměrné výsledky experimentální a kontrolní skupiny mezi 1. a 5. terapií. Porovnávanými hodnotami jsou míra flexe a horizontální abdukce v ramenním kloubu.

Tabulka 16 – Porovnání flexe v ramenním kloubu mezi experimentální a kontrolní skupinou [vlastní zdroj]



Tabulka 17 - Porovnání horizontální abdukce v ramenním kloubu mezi experimentální a kontrolní skupinou [vlastní zdroj]



Průměrné zlepšení rozsahu pohybu do flexe v ramenním kloubu činí u experimentální skupiny **35,5°**, u skupiny kontrolní **7,2°**. Průměrné zlepšení rozsahu pohybu do horizontální abdukce v ramenním kloubu činí u experimentální skupiny **14°**, u skupiny kontrolní **4°**. Při porovnání výsledků mezi experimentální a kontrolní skupinou vycházejí statistické rozdíly. Průměrné zlepšení rozsahu pohybu do flexe v ramenním kloubu je u experimentální skupiny o **28,3°** vyšší oproti skupině kontrolní. Průměrné zlepšení rozsahu pohybu do horizontální abdukce v ramenním kloubu je u experimentální skupiny o **10°** vyšší oproti skupině kontrolní.

6 OVĚŘENÍ HYPOTÉZ

6.1 Hypotéza 1

H1A: Kombinovaná forma fyzioterapie včetně virtuální reality má statisticky významný vliv na okamžité snížení bolesti u ramenního kloubu.

Před testováním první hypotézy bylo třeba zjistit, zdali se naměřená data pohybují v mezích normality. Proto byl využit Shapiro-Wilkův test o normalitě rozložení na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Tento test byl zpracován za pomoci webové stránky Statistics Kingdom [32].

Shapiro-Wilk-test, using tables as distribution (right-tailed)

Since $n \leq 50$ we used the Shapiro-Wilk tables to calculate the p-value.
The normal distribution chart is only for visualization.

1. H_0 hypothesis

Since $p\text{-value} > \alpha$, we accept the H_0 .
It is assumed that the data is normally distributed.
In other words, the difference between the data sample and the normal distribution is not big enough to be statistically significant. A non-significance result can not prove that H_0 is correct, only that the null assumption can not be rejected.

2. P-value

The p-value equals **0.1305**, ($P(x \leq 1.1239) = 0.8695$). It means that the chance of type I error, rejecting a correct H_0 , is too high: 0.1305 (13.05%). The larger the p-value the more it supports H_0 .

3. Test statistic

The test statistic **W** equals **0.9262**, which is in the 95% region of acceptance: [0.9044, 1].

4. Effect size

The observed effect size **KS - D** is **medium, 0.1768**. This indicates that the magnitude of the difference between the sample distribution and the normal distributions is medium.
Since the null assumption cannot be rejected, you may ignore the effect size.

Obrázek 9 - Shapiro-Wilkův test pro ověření normality u první hypotézy [32]

Rozložení naměřených dat se pohybovalo v mezích normality, proto bylo možné přejít k testování samotné hypotézy. Pro určení míry rozptylu byl vybrán dvouvýběrový F-test pro rozptyl. Pro vyhotovení testu byl využit tabulkový procesor Microsoft Excel.

Tabulka 18 - Dvouvýběrový F-test pro rozptyl u první hypotézy [zdroj vlastní]

<i>f</i>	<i>Soubor 1</i>	<i>Soubor 2</i>
Stř. hodnota	14,9	11,3
Rozptyl	12,76667	4,455556
Pozorování	10	10
Rozdíl	9	9
F	2,865337	x
P(F<=f) (1)	0,066365	x
F krit (1)	3,178893	x

Získaná p-hodnota je vyšší než hladina významnosti $\alpha=0,05$, nezamítám H_{10} a určuji, že míra rozptylu je shodná. Pro testování shody vektorů středních hodnot se shodným rozptylem byl následně vybrán dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů. Pro vyhotovení testu byl využit tabulkový procesor Microsoft Excel.

Tabulka 19 - Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů u první hypotézy [vlastní zdroj]

<i>t</i>	<i>Soubor 1</i>	<i>Soubor 2</i>
Stř. hodnota	14,9	11,3
Rozptyl	12,76667	4,455556
Pozorování	10	10
Společný rozptyl	8,611111	x
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	x
Rozdíl	18	x
t Stat	2,743203	x
P(T<=t) (1)	0,006682	x
t krit (1)	1,734064	x
P(T<=t) (2)	0,013365	x
t krit (2)	2,100922	x

Získaná p-hodnota je nižší než hladina významnosti $\alpha=0,05$, proto zamítáme nulovou hypotézu H_{10} a přijímáme alternativní hypotézu H_{1A} , kdy kombinovaná forma fyzioterapie včetně virtuální reality **má statisticky významný vliv** na okamžité snížení bolesti u ramenního kloubu.

6.2 Hypotéza 2

H2A: Kombinovaná forma fyzioterapie včetně virtuální reality má statisticky významný vliv na dlouhodobé snížení bolesti u ramenního kloubu.

Před testováním druhé hypotézy bylo třeba zjistit, zdali se naměřená data pohybují v mezích normality. Proto byl využit Shapiro-Wilkův test o normalitě rozložení na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Tento test byl zpracován za pomoci webové stránky Statistics Kingdom [32].

Shapiro-Wilk-test, using tables as distribution (right-tailed)

Since $n \leq 50$ we used the Shapiro-Wilk tables to calculate the p-value.
The normal distribution chart is only for visualization.

1. H_0 hypothesis

Since p-value $> \alpha$, we accept the H_0 .
It is assumed that the data is normally distributed.
In other words, the difference between the data sample and the normal distribution is not big enough to be statistically significant. A non-significance result can not prove that H_0 is correct, only that the null assumption can not be rejected.

2. P-value

The p-value equals **0.8011**, ($P(x \leq -0.8457) = 0.1989$). It means that the chance of type I error, rejecting a correct H_0 , is too high: 0.8011 (80.11%). The larger the p-value the more it supports H_0 .

3. Test statistic

The test statistic **W** equals **0.9722**, which is in the 95% region of acceptance: [0.9044, 1].

4. Effect size

The observed effect size **KS - D** is **very small, 0.1124**. This indicates that the magnitude of the difference between the sample distribution and the normal distributions is very small.

Since the null assumption cannot be rejected, you may ignore the effect size.

Obrázek 10 - Shapiro-Wilkův test pro ověření normality u druhé hypotézy [32]

Rozložení naměřených dat se pohybovalo v mezích normality, proto bylo možné přejít k testování samotné hypotézy. Pro určení míry rozptylu byl vybrán dvouvýběrový F-test pro rozptyl. Pro vyhotovení testu byl využit tabulkový procesor Microsoft Excel.

Tabulka 20 - Dvouvýběrový f-test pro rozptyl u druhé hypotézy [vlastní zdroj]

<i>f</i>	<i>Soubor 1</i>	<i>Soubor 2</i>
Stř. hodnota	9,8	9,6
Rozptyl	9,511111	5,377778
Pozorování	10	10
Rozdíl	9	9
F	1,768595	x
P(F<=f) (1)	0,204254	x
F krit (1)	3,178893	x

Získaná p-hodnota je vyšší než hladina významnosti $\alpha=0,05$, nezamítám H_{20} a určuji, že míra rozptylu je shodná. Pro testování shody vektorů středních hodnot se shodným rozptylem byl následně vybrán dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů. Pro vyhotovení testu byl využit tabulkový procesor Microsoft Excel.

Tabulka 21 - Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů u druhé hypotézy [vlastní zdroj]

<i>t</i>	<i>Soubor 1</i>	<i>Soubor 2</i>
Stř. hodnota	9,8	9,6
Rozptyl	9,511111	5,377778
Pozorování	10	10
Společný rozptyl	7,444444	x
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	x
Rozdíl	18	x
t Stat	0,163908	x
P(T<=t) (1)	0,435815	x
t krit (1)	1,734064	x
P(T<=t) (2)	0,87163	x
t krit (2)	2,100922	x

Získaná p-hodnota je stále vyšší než hladina významnosti $\alpha=0,05$, proto přijímáme nulovou hypotézu H_{20} , kdy kombinovaná forma fyzioterapie včetně virtuální reality **nemá statisticky významný vliv** na dlouhodobé snížení bolesti u ramenního kloubu.

6.3 Hypotéza 3

H3A: Kombinovaná forma fyzioterapie včetně virtuální reality má statisticky významný vliv na zvýšení rozsahu pohybu do flexe v ramenním kloubu.

Před testováním třetí hypotézy bylo třeba zjistit, zdali se naměřená data pohybují v mezích normality. Proto byl využit Shapiro-Wilkův test o normalitě rozložení na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Tento test byl zpracován za pomoci webové stránky Statistics Kingdom [32].

Shapiro-Wilk-test, using tables as distribution (right-tailed)

Since $n \leq 50$ we used the Shapiro-Wilk tables to calculate the p-value.
The normal distribution chart is only for visualization.

1. H_0 hypothesis

Since $p\text{-value} > \alpha$, we accept the H_0 .

It is assumed that the data is normally distributed.

In other words, the difference between the data sample and the normal distribution is not big enough to be statistically significant. A non-significance result can not prove that H_0 is correct, only that the null assumption can not be rejected.

2. P-value

The p-value equals **0.08035**, ($P(x \leq 1.4027) = 0.9196$). It means that the chance of type I error, rejecting a correct H_0 , is too high: 0.08035 (8.04%). The larger the p-value the more it supports H_0 .

3. Test statistic

The test statistic **W** equals **0.9153**, which is in the 95% region of acceptance: [0.9044, 1].

4. Effect size

The observed effect size **KS - D** is **medium, 0.1735**. This indicates that the magnitude of the difference between the sample distribution and the normal distributions is medium.

Since the null assumption cannot be rejected, you may ignore the effect size.

Obrázek 11 - Shapiro-Wilkův test pro ověření normality u třetí hypotézy [32]

Rozložení naměřených dat se pohybovalo v mezích normality, proto bylo možné přejít k testování samotné hypotézy. Pro určení míry rozptylu byl vybrán dvouvýběrový F-test pro rozptyl. Pro vyhotovení testu byl využit tabulkový procesor Microsoft Excel.

Tabulka 22 - Dvouvýběrový f-test pro rozptyl u třetí hypotézy [vlastní zdroj]

<i>f</i>	<i>Soubor 1</i>	<i>Soubor 2</i>
Stř. hodnota	35,5	7,2
Rozptyl	719,83333	138,6222
Pozorování	10	10
Rozdíl	9	9
F	5,1927701	
P(F<=f) (1)	0,011058	
F krit (1)	3,1788931	

Získaná p-hodnota je nižší než hladina významnosti $\alpha=0,05$, zamítám H_{3_0} a určuji, že míra rozptylu není shodná. Pro testování shody vektorů středních hodnot s rozdílným rozptylem byl následně vybrán dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů. Pro vyhotovení testu byl využit tabulkový procesor Microsoft Excel.

Tabulka 23 - Dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů u třetí hypotézy [vlastní zdroj]

<i>t</i>	<i>Soubor 1</i>	<i>Soubor 2</i>
Stř. hodnota	35,5	7,2
Rozptyl	719,83333	138,6222
Pozorování	10	10
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	12	
t Stat	3,0544114	
P(T<=t) (1)	0,0050012	
t krit (1)	1,7822876	
P(T<=t) (2)	0,0100024	
t krit (2)	2,1788128	

Získaná p-hodnota je nižší než hladina významnosti $\alpha=0,05$, proto zamítáme nulovou hypotézu H_{3_0} a přijímáme alternativní hypotézu H_{3_A} , kdy kombinovaná forma fyzioterapie včetně virtuální reality **má statisticky významný vliv** na zvýšení rozsahu pohybu do flexe v ramenním kloubu.

6.4 Hypotéza 4

H4A: Kombinovaná forma fyzioterapie včetně virtuální reality má statisticky významný vliv na zvýšení rozsahu pohybu do horizontální abdukce v ramenním kloubu.

Před testováním čtvrté hypotézy bylo třeba zjistit, zdali se naměřená data pohybují v mezích normality. Proto byl využit Shapiro-Wilkův test o normalitě rozložení na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Tento test byl zpracován za pomoci webové stránky Statistics Kingdom [32].

Shapiro-Wilk-test, using tables as distribution (right-tailed)

Since $n \leq 50$ we used the Shapiro-Wilk tables to calculate the p-value.
The normal distribution chart is only for visualization.

1. H_0 hypothesis

Since $p\text{-value} > \alpha$, we accept the H_0 .
It is assumed that the data is normally distributed.
In other words, the difference between the data sample and the normal distribution is not big enough to be statistically significant. A non-significance result can not prove that H_0 is correct, only that the null assumption can not be rejected.

2. P-value

The p-value equals **0.7242**, ($P(x \leq -0.5955) = 0.2758$). It means that the chance of type I error, rejecting a correct H_0 , is too high: 0.7242 (72.42%). The larger the p-value the more it supports H_0 .

3. Test statistic

The test statistic **W** equals **0.9686**, which is in the 95% region of acceptance: [0.9044, 1].

4. Effect size

The observed effect size **KS - D** is **very small, 0.1115**. This indicates that the magnitude of the difference between the sample distribution and the normal distributions is very small.

Since the null assumption cannot be rejected, you may ignore the effect size.

Obrázek 12 Shapiro-Wilkův test pro ověření normality u čtvrté hypotézy [32]

Rozložení naměřených dat se pohybovalo v mezích normality, proto bylo možné přejít k testování samotné hypotézy. Pro určení míry rozptylu byl vybrán dvouvýběrový F-test pro rozptyl. Pro vyhotovení testu byl využit tabulkový procesor Microsoft Excel.

Tabulka 24 - Dvouvýběrový f-test pro rozptyl u čtvrté hypotézy [vlastní zdroj]

<i>f</i>	<i>Soubor 1</i>	<i>Soubor 2</i>
Stř. hodnota	13,8	4,7
Rozptyl	522,84444	145,3444
Pozorování	10	10
Rozdíl	9	9
F	3,5972785	
P(F<=f) (1)	0,0350731	
F krit (1)	3,1788931	

Získaná p-hodnota je nižší než hladina významnosti $\alpha=0,05$, zamítám H_0 a určuji, že míra rozptylu není shodná. Pro testování shody vektorů středních hodnot s rozdílným rozptylem byl následně vybrán dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů. Pro vyhotovení testu byl využit tabulkový procesor Microsoft Excel.

Tabulka 25 - Dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů u čtvrté hypotézy [vlastní zdroj]

<i>t</i>	<i>Soubor 1</i>	<i>Soubor 2</i>
Stř. hodnota	13,8	4,7
Rozptyl	522,84444	145,34444
Pozorování	10	10
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	14	
t Stat	1,1132476	
P(T<=t) (1)	0,1421758	
t krit (1)	1,7613101	
P(T<=t) (2)	0,2843516	
t krit (2)	2,1447867	

Získaná p-hodnota je vyšší než hladina významnosti $\alpha=0,05$, proto přijímáme nulovou hypotézu H_0 , kdy kombinovaná forma fyzioterapie včetně virtuální reality **nemá statisticky významný vliv** na zvýšení rozsahu pohybu do horizontální abdukce v ramenním kloubu.

7 DISKUZE

Diplomová práce si kladla za cíl zhodnotit míru efektivity kombinované terapie včetně VR oproti samotné fyzioterapeutické intervenci. Ze statistického hlediska dopadly výsledky přívětivěji pro experimentální skupinu v rámci okamžitého ovlivnění bolesti v ramenním kloubu při samotné terapii, kdy průměrný rozdíl ve snížení bolesti od začátku do konce terapie dosahoval hodnoty **10,3 %**, u kontrolní skupiny pouze o **3,8 %**. V rámci dlouhodobého ovlivnění bolesti sejevila experimentální skupina víceméně shodně se skupinou kontrolní, kdy průměrný rozdíl ve snížení bolesti od 1. do 5. terapie dosahoval hodnoty **19,6 %**, u kontrolní skupiny o **19,2 %**. U rozsahu pohybu do flexe v ramenním kloubu dosáhla lepších výsledků skupina experimentální, s průměrným zlepšením o **35°**, u kontrolní skupiny došlo ke zlepšení o **7,2°**. U rozsahu pohybu do horizontální abdukce v ramenním kloubu dosáhla lepších výsledků skupina experimentální, s průměrným zlepšením o **14°**, u kontrolní skupiny došlo ke zlepšení o **4°**. Samotné výsledky jsou v souladu se současnými výzkumy na možnosti ovlivnění bolesti nejen v ramenním kloubu, ale i u jiných částí lidského těla. Tyto studie budou zmíněny v dalších odstavcích.

Za zmínku stojí výběr aplikací od VR Medical, využitých v diplomové práci a jejich možný vliv na výsledky a jakým způsobem je vnímali probandi. Pro účely diplomové práce bylo využito celkově 5 aplikací – kachličky, hvězdy, chytání ryb, sběr ovoce a měření rozsahů pohybu se zpětnou vazbou. Pro probandy nejnáročnější a nejoblíbenější aplikací byly kachličky. Naopak nejméně oblíbenou aplikací byly hvězdy, ty se zdály probandům až moc jednoduché a repetitivní. Nejvyšší průměrná míra zlepšení byla zaznamenána u kachliček a sběru ovoce, dle obdržných dat od VR Medical.

Zajímavým poznatkem při obdržení dat o rozsazích pohybu v ramenním kloubu do flexe a horizontální abdukce bylo, jakým způsobem se pacienti

v průběhu terapií zlepšovali. Experimentální skupina vykazovala mnohem vyšší míru zlepšení, především do flexe v rozmezí 2. až 5. terapie. Určitou roli v tom mohou hrát kachličky, hvězdy, chytání ryb a sběr ovoce, které určitým způsobem podněcují probanda k provedení vyššího rozsahu pohybu než samotná měřící aplikace. Tato úvaha však nemůže být zatím potvrzena a bude potřeba provést další výzkum.

V této diplomové práci probandi ovládali VR a cvičili v ní pouze s postiženou horní končetinou, bimanuální forma nebyla aplikována. V rámci rehabilitace byla snaha primárně zapojit postiženou horní končetinu, ať už z důvodu zvýšení svalové síly, svalové výdrže, ale také pro snížení kineziofobie ze samotného pohybu. Při aplikaci VR by jistě v rámci řešení svalových dysbalancí byla výhodnější bimanuální aplikace, ale pro účely diplomové práce a získání objektivních dat, pro ovlivnění bolesti a rozsahu pohybu v ramenním kloubu, byla zvolena forma monomanuální.

Dalším zajímavým poznatkem je rozdílnost průměrných posuzovaných hodnot intenzity bolesti v ramenním kloubu u experimentální a kontrolní skupiny. Průměrně vyšší hodnotu intenzity bolesti v ramenním kloubu dle první části SPADI dotazníku popisovala skupina kontrolní. V průběhu terapií došlo k přechodnému zhoršení šestého a sedmého pacienta v kontrolní skupině. Tento rozdíl intenzity bolesti v ramenním kloubu nabízel větší prostor pro zlepšení u kontrolní skupiny, ale ve finálním měřítku došlo ke shodnému zlepšení v rámci dlouhodobé bolesti od první do poslední terapie (viz. Graf 7 na str. 60).

Bolest jako jeden z důležitých subjektivních vjemů, kterou pacienti prožívají a následně je omezuje při provádění ADL, je předmětem mnoha výzkumů v oblasti fyzioterapie. V posledních letech přibyla nová možnost ovlivnění intenzity bolesti při cvičení, a to s VR.

Ve studii z roku 2021, která měla za cíl zjistit ze současných výzkumných prací účinnost VR v rehabilitaci, uvádí Asadzadeh et al. [33], že až ve 41 % případech byla terapie s využitím VR považována za důležitý článek pro snížení bolesti, ve 31 % pro zlepšení funkčních schopností pacienta a ve 24 % pro zvýšení svalové síly.

V přehledové studii z roku 2023 [34] se hodnotil vliv VR na akutní, chronickou a pooperační bolest z celkového součtu 21 systematických přehledů a metaanalýz a 274 studií s celkovým počtem 17, 680 pacientů. Výsledky ukázaly, že VR je schopna ovlivnit akutní bolest, nejen u pooperačních a posttraumatických stavů. Byly prokázány účinky také u pacientů s popáleninami a zánětlivými stavy. Pro ovlivnění chronické bolesti, avšak VR nevyšla dostatečně efektivně, důvodem je limitovaná schopnost VR zvyšovat dlouhodobě práh bolesti. Ke stejným výsledkům přišla i studie z roku 2021, která tvrdí, že zatím není VR prokázána jako prostředek pro snížení chronické bolesti, ale má do budoucna jistě svůj potenciál na poli rehabilitace [37]. Přesto se v jiné přehledové studii [35] ukazuje, že by VR mohla snižovat množství analgetik napříč všemi věkovými skupinami a dokázala by zmírnit farmakologickou zátěž u pacientů s chronickými bolestmi. Zatím k tomuto tvrzení není dostatečné množství dat. Během terapií při vytváření diplomové došlo ke většímu snížení akutní bolesti, kterou pacient prožíval přímo při terapii v korelaci s VR, z dlouhodobého hlediska se pacienti zlepšovali shodně i bez intervence VR. S autory z výše zmíněných studií se shodují.

Je předpokládáno, že VR funguje primárně jako distraktor, který snižuje vědomé vnímání bolesti prostřednictvím aferentních drah vedoucích bolest do mozku. VR může měnit chování systému modulace bolesti tím, že by snižovalo koncentraci bolesti vedoucí k stimulu, který by se nejevil jako tak bolestivý. Aktivací vizuálního kortexu a integrací přídatných vjemů (čichový, sluchový) by

VR měnila řízení nociceptivních podnětů. Při provedení funkční magnetické rezonance mozku bylo potvrzeno, že VR ovlivňuje inzulární a senzorický kortex podobně jako opiáty [34].

V závislosti na poslední větě vyvstává otázka, zdali by byly výsledky jiné, kdyby při každé terapii byly využity jiné aplikace, tím pádem by si nervový systém nevyvíjel adaptaci na již zažitou formu cvičení ve VR. V rámci výzkumu by tento aspekt mohl být do budoucna pečlivěji prozkoumaný.

Dalším faktorem, kterým se zabývala i tato diplomová práce je, jakou míru účinnosti může mít VR pro ovlivnění rozsahů pohybu v ramenním kloubu.

Ve studii z roku 2019 [39] byl zkoumán vliv VR v kombinaci se zařízením pro cílené cvičení v anatomických rovinách. Studie se účastnilo 26 probandů po cévní mozkové příhodě. Probandi byli randomizovaně rozděleni do skupiny intervenční (30 minut cvičení s VR, 30 minut konvenční cvičení) a kontrolní (pouze konvenční terapie). Výsledky ukázaly výraznější míru zlepšení u skupiny intervenční, zejména u abdukce a zevní rotace v ramenním kloubu. Přesto chyběla pro jasné prokázání míra statistické významnosti.

Experimentální studie [18] zkoumala vliv VR na zlepšení rozsahu pohybu u pacientů s bolestmi ramenního kloubu při jeho aktivním zatěžováním. V metodice byl vytyčen věkový rozsah probandů od 18 do 80 let. Probandi museli být diagnostikováni poruchou rotátorové manžety (tendinopatie, symptomatické natržení rotátorové manžety, subakromiální impingement, subakromiální burzitida nebo primární či sekundární adhezivní kapsulitida) a bolesti přetrvávaly 6 týdnů a déle. Bylo vybráno 21 probandů, kteří dostali za úkol cvičit 15 minut ve VR. Před cvičením a ihned po cvičení jim byl změřen rozsah pohybu v ramenním kloubu společně s hodnocením celkové bolesti. Výsledky ukázaly výrazné zlepšení do abdukce a vnitřní rotace v ramenním

kloubu se snížením bolestivosti post-intervenčně. Výsledky byly jak statisticky, tak klinicky signifikantní. Bohužel se získaná míra zlepšení u probandů nedokázala udržet dlouhodobě. Týden po intervenci byli probandi zlepšeni pouze mírně, víceméně stejně efektivně, jako při normálním cvičení.

Často zmiňovaným faktorem, jak v různých studiích, tak i v této diplomové práci, je vliv VR na psychiku a motivaci pacienta. Ve studii z roku 2021 [36] se zkoumal účinek VR na biofeedback ve zdravotnictví. Ten nachází uplatnění pro zvýšení sportovního, kondičního či uměleckého výkonu, slouží pro léčbu širokého spektra onemocnění (chronické bolesti hlavy, bolest, vysoký tlak, psychiatrické poruchy a deprese). Také je využíván jako nástroj pro zvládání stresu a úzkosti. Velikým problémem klasického biofeedbacku byla obrovská míra nudy a nedostatku udržení pozornosti od uživatele. Při využití VR se ukázalo, že vysoká míra imerze a gamifikace zvýšila u probandů chuť a motivaci ke zlepšování svého vlastního zdraví a umírnila jejich pocity úzkosti, deprese a stresu. Velikým otazníkem u této přehledové studie bylo, proč herní prvky zvyšovaly motivaci u probandů. Ukázaly se dva důvody, proč by tomu tak mohlo být. Prvním důvodem byla chuť daný úkol splnit a vyhrát ho, čím náročnější a akčnější hra, tím se ruku v ruce zvyšovala i probandova motivace. Druhým prvkem, který působil na motivaci a psychiku, bylo samotné, virtuálně vytvořené prostředí.

Ve studii z roku 2018, Liszio et al. [38] zjišťovali, jakou roli hraje virtuálně vytvořené prostředí na psychiku a náladu u probandů a tyto výsledky srovnávali s kontrolní skupinou, která seděla u stolních počítačů a byly jim promítány identické záběry. Zjistilo se, že prezentace a interakce ve virtuálně vytvořeném prostředí je velice efektivní metodou, která poskytuje relaxaci a lepší náladu. Oproti kontrolní skupině vyšly lepší výsledky pro skupinu experimentální

i v rovině stresové, kde byla probandům naměřena menší hodnota variability srdeční frekvence – tím menší stres zažívali při hraní.

Ve stejné studii [38] byl vyzorován určitý efekt imerze do virtuálního prostředí na koncentraci kortizolu. Protože hladina kortizolu je dána různými faktory (pohlaví, věk, stres, denní doba), byly zaregistrovány odchylky při proběhlých měřeních, tím pádem nebylo možné označit tento vyzorovaný jev za dostatečně statisticky relevantní.

Většina studií, zabývajících se účinky VR na lidské tělo se shoduje, že její vliv se jeví jako pozitivní na psychiku a motivaci u pacientů. Přesto, že se tato diplomová práce nezaměřovala na výše zmíněné aspekty, tak určitým způsobem mohly ovlivnit podobu naměřených dat.

Nelze také opomenout, jaký mají pohled na VR samotní pacienti a fyzioterapeuti. V rámci fokusované skupinové studie z roku 2023 [19] byli fyzioterapeuti dotazováni na jejich názory a perspektivu ohledně rehabilitace s podporou VR u pacientů s muskuloskeletálními bolestmi ramenního kloubu. Sekundárním cílem této studie bylo identifikovat možné bariéry, a naopak výhody spojené s využíváním VR v klinické praxi.

Fyzioterapeuti obdrželi headset Oculus Quest na 2 měsíce do vlastní péče a byli řádně instruováni o používání zařízení. Jejich úkolem bylo si alespoň třikrát týdně nasadit headset na svoji hlavu, pro získání zkušeností s imerzním virtuálním prostředím a popřemýšlením o reálných možnostech aplikace VR u pacientů s muskuloskeletálními bolestmi ramenního kloubu [19].

16 respondentů prošlo následným rozhovorem a z nich vyšlo 5 bodů, které respondenti nejčastěji zmiňovali a komentovali.

- 1) Míra imerze ve VR snižuje strach z pohybu
- 2) Míra prožitku a zábavy ve VR zvyšuje motivaci ke cvičení
- 3) Onemocnění ramenního kloubu, která by mohla benefitovat z rehabilitace s VR – instabilita ramenního kloubu
- 4) Bezpečnostní obavy a nežádoucí účinky spojené s využíváním VR
- 5) Úvahy pro praktické využití VR v klinické praxi

Velice zajímavé úvahy byly fyzioterapeuty napsány v posledních 2 bodech [19].

V rámci bezpečnosti se fyzioterapeuti obávali, že by bez supervize od terapeuta mohla být VR zatím pro pacienty nebezpečná, protože by mohli lehce upadnout, případně narazit do okolního prostředí. Naráželi primárně na využití telerehabilitační [19].

U využití VR v klinické praxi zvažili několik praktických faktorů, které by mohly ovlivnit jejich práci. Zamysleli se nad hygienou, kdy by bylo nutné v praxi zařízení pravidelně čistit, proto by doporučili chránič obličeje, aby se kůže uživatele nedotkla zařízení. Také poznamenali, že headset by mohl být pro některé pacienty těžký a krční svaly by se rychle unavily. Posledním faktorem pro fyzioterapeuty byla samotná cena VR a obava z toho, že by pacient mohl při telerehabilitačním využití zařízení rozbít nebo by ho nechtěl vrátit [19].

S většinou argumentů se shodují s fyzioterapeuty, kteří se účastnili této studie. V rámci hygieny již většina firem vybavuje headsety pomocným nástavcem, který byl součástí zařízení zapůjčeného od firmy VR Medical, tím pádem bylo

možné nástavec po každém použití jednoduše sundat, dezinfikovat a nazpátek nasadit. Jeden z probandů v experimentální skupině při první terapii poznamenal, že mu headset připadá těžký, ale při dalších terapiích si již nestěžoval. Pokud by se pacienti dostatečně adaptovali na nový stimul a pokud by dodrželi obecná doporučení na maximální dobu používání VR (30minut/den), nemělo by dojít k přetížení krčních svalů. Z cenového hlediska by mohla VR mít dlouhodobě pozitivní socioekonomický dopad. Prvotní investice, nejen do VR, ale i do jiných moderních rehabilitačních přístrojů je vždy vysoká, ale v perspektivě dalších let se vrátí.

Vzhledem k tomu, že se diplomové práce účastnilo pouze 20 probandů, nelze tedy vyvést stoprocentní výstup, který by byl plně objektivní a klinicky významný. Pro kvalitnější pohled na problematiku, kterou se tato diplomová práce zabývala, by bylo potřeba větší množství probandů, což by zajistilo soubor nových dat a komplexnější statistické ohodnocení výsledků.

I přes to, že se v průběhu 4 měsíců podařilo naměřit mnoho dat od relativně vysokého počtu probandů, nebylo možné všechny tyto výsledky publikovat vzhledem k tomu, jakým způsobem byl nadefinován metodický postup při sběru dat. Nejvyšší limitací byl samotný čas probandů na jednotlivé terapie a rozpis jednotlivých cvičení na ambulantním provozu. V některých případech nebylo možné se s pacientem setkat na všech pěti terapiích a musel být vyřazen z diplomové práce. U tří šetřených probandů propuklo virové onemocnění, díky kterému se nemohli dostavit na rehabilitaci do dobu dvou týdnů, a také museli být ze zkoumání odstraněni, jinak by mohla být ovlivněna homogenita získaných dat.

Menší limitací byla stránka technická. V průběhu terapií s VR u experimentální skupiny se ve třech případech aplikace zastavila na začátku

cvičení a bylo nutné ji restartovat. Zdrojem těchto potíží bylo horší bezdrátové připojení k internetu, protože se ambulance nacházela v prostorech, které částečně blokovalo ideální průchod rádiových vln. Samotné zkoumání ale tento aspekt nelimitoval díky tomu, že se aplikace pozastavila na začátku cvičení. Bylo možné ji znovu spustit a bez velikého zdržení dokončit terapii.

VR přinesla i řadu benefitů. Instruktaž ohledně práce s VR byla velice rychlá, aplikace zahrnují podrobný popis i přínosy, které mají pro rehabilitaci mít a k čemu mají být ideálně určeny. Aplikace jsou vyvinuty tak, aby byly pro pacienty i terapeuty jednoduše uchopitelné. Obrovským benefitem byla míra odlišnosti od klasické terapie. Pro probandy byly terapie uspokojivější, což se projevilo na jejich náladě a motivaci. Pro terapeuta platí to stejné, má pocit, že může nabídnout při cvičení více, než by mohl. Myslím si, že určitým způsobem může VR rozbít pracovní stereotyp a dokáže předejít syndromu vyhoření, který ve zdravotnictví bývá častý. Doufám a věřím, že se VR začne ve zdravotnictví využít mnohem častěji. Sice existují určité limitace, ale řada benefitů, které VR nabízí, na úplné čáře překoná veškeré nevýhody.

8 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo komparativní metodou určit efektivitu současných fyzioterapeutických metod oproti kombinované terapii včetně VR u pacientů s bolestmi ramenního kloubu. Z výsledků a vyhotovených hypotéz vyplývá, že kombinovaná intervence je efektivnější pro okamžité snížení bolesti v ramenním kloubu na terapii. Pro snížení dlouhodobé bolesti v ramenním kloubu se jeví obě metody stejně efektivní. Kromě bolesti se diplomová práce zabývala mírou účinnosti obou metod na zvýšení rozsahu pohybu v ramenním kloubu. Pro zvýšení rozsahu pohybu do flexe v ramenním kloubu se jeví kombinovaná intervence jako efektivnější, v rámci zvýšení rozsahu pohybu do horizontální abdukce je míra zlepšení u obou skupin podobná.

V diskuzi byly výsledky diplomové práce srovnány s výzkumy jiných autorů, kteří se zabývali podobnou problematikou. Byly vytyčeny také limity i benefity VR a rozebraly se další možnosti využití mimo rámec diplomové práce.

Věřím, že získané poznatky o využití VR u pacientů s bolestmi ramenního kloubu přinesly nové informace a poznatky. V rámci budoucnosti rehabilitace jako takové doufám, že tato práce pomůže i nadále rozvíjet propojení moderních technologií s fyzioterapií a očekávám, že se jejich praktická aplikace bude každým rokem zvyšovat na ambulantních, lůžkových i soukromých zařízeních.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

VR – virtuální realita

ADL – aktivity denního života, z angl. activities of daily living

LCD – displej z tekutých krystalů, z angl. liquid crystal display

RAM – paměť s náhodným přístupem, z angl. random access memory

FOV – zorné pole, z angl. field of view

SPADI – Index míry bolesti a disability ramenního kloubu, z angl. Shoulder Pain and Disability Index

Ex – Experimentální skupina

Ko – Kontrolní skupina

10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. DYLEVSKÝ, Ivan, 2009. Funkční anatomie. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3240-4.
2. VYSKOTOVÁ, Jana, Ivana KREJČÍ a Kateřina MACHÁČKOVÁ, 2021. Terapie ruky. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-5767-3.
3. DYLEVSKÝ, Ivan, 2009. Speciální kineziologie. Praha: Grada. ISBN 978-802-4716-480.
4. ČIHÁK, Radomír, 2016. Anatomie. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3817-8.
5. RYCHLÍKOVÁ, Eva, 2019. Funkční poruchy kloubů končetin: diagnostika a léčba. 2., doplněné vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-2096-3.
6. JANDA, Vladimír, 2004. Svalové funkční testy. Praha: Grada. ISBN 9788024707228.
7. GOETTI, Patrick, Patrick J. DENARD, Philippe COLLIN, Mohamed IBRAHIM, Pierre HOFFMEYER a Alexandre LÄDERMANN, 2020. Shoulder biomechanics in normal and selected pathological conditions. EFORT Open Reviews [online]. 5(8), 508-518 [cit. 2023-12-10]. ISSN 2396-7544. Dostupné z: doi:10.1302/2058-5241.5.200006
8. CUÉLLAR, Ricardo, Miguel Angel RUIZ-IBÁN a Adrián CUÉLLAR, 2017. Anatomy and Biomechanics of the Unstable Shoulder. The Open

- Orthopaedics Journal [online]. 2017-08-31, 11(1), 919-933 [cit. 2023-12-30]. ISSN 1874-3250. Dostupné z: doi:10.2174/1874325001711010919
9. MUENCH, Lukas N. a Andreas B. IMHOFF, 2021. The unstable shoulder: what soft tissue, bony anatomy and biomechanics can teach us. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 29(12), 3899-3901 [cit. 2024-02-09]. ISSN 0942-2056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-021-06743-0
 10. HIND, Jamie, GurAziz S. SIDHU, Georgios AREALIS, Nikhila KHADABADI a Neil ASHWOOD, 2022. An algorithmic approach to shoulder pathology. *Journal of Family Medicine and Primary Care* [online]. 11(9), 5510–5515 [cit. 2024-02-09]. ISSN 2249-4863. Dostupné z: doi:10.4103/jfmpe.jfmpe_475_21
 11. MITCHELL, Caroline, Ade ADEBAJO, Elaine HAY a Andrew CARR, 2005. Shoulder pain: diagnosis and management in primary care. *BMJ* [online]. 2005-11-10, 331(7525), 1124-1128 [cit. 2024-02-09]. ISSN 0959-8138. Dostupné z: doi:10.1136/bmj.331.7525.1124
 12. Shoulder Fracture, 2014. *Handcare the Upper Extremity Expert* [online]. [cit. 2024-02-09]. Dostupné z: <https://www.assh.org/handcare/condition/shoulder-fracture>
 13. NAVRÁTIL, Leoš a Aleš PŘÍHODA, 2022. *Robotická rehabilitace*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-0665-3.
 14. PLHÁKOVÁ, Alena, 2021. *Učebnice obecné psychologie*. Dotisk. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-1499-3.

15. ROSE, Emma, 2021. What Makes VR Look Real? A History of Stereoscopic Technology. IdeaRocket [online]. New York: IdeaRocket [cit. 2023-04-22]. Dostupné z: <https://idearocketanimation.com/23221-what-makes-vr-look-real/>
16. LONGO, Umile Giuseppe, Arianna CARNEVALE, Flavia ANDREOLI, et al., 2023. Immersive virtual reality for shoulder rehabilitation: evaluation of a physical therapy program executed with oculus quest 2. BMC Musculoskeletal Disorders [online]. 24(1), 11 [cit. 2024-02-11]. ISSN 1471-2474. Dostupné z: [doi:10.1186/s12891-023-06861-5](https://doi.org/10.1186/s12891-023-06861-5)
17. LUCAS, J., P. VAN DOORN, E. HEGEDUS, J. LEWIS a D. VAN DER WINDT, 2022. A systematic review of the global prevalence and incidence of shoulder pain. BMC Musculoskeletal Disorders [online]. 23(1), 11 [cit. 2024-02-15]. ISSN 1471-2474. Dostupné z: [doi:10.1186/s12891-022-05973-8](https://doi.org/10.1186/s12891-022-05973-8)
18. ÁLVAREZ DE LA CAMPA CRESPO, Mercè, Tony DONEGAN, Beñat AMESTOY-ALONSO, Andrea JUST, Andrés COMBALÍA a Maria V. SANCHEZ-VIVES, 2023. Virtual embodiment for improving range of motion in patients with movement-related shoulder pain: an experimental study. Journal of Orthopaedic Surgery and Research [online]. 18(1), 13 [cit. 2024-02-26]. ISSN 1749-799X. Dostupné z: [doi:10.1186/s13018-023-04158-w](https://doi.org/10.1186/s13018-023-04158-w)
19. BRADY, Niamh, Beate DEJACO, Jeremy LEWIS, Karen MCCREESH, Joseph G. MCVEIGH a Joshua Robert ZADRO, 2023. Physiotherapist beliefs and perspectives on virtual reality supported rehabilitation for the management of musculoskeletal shoulder pain: A focus group study. PLOS ONE [online]. 2023-4-14, 18(4), 20 [cit. 2024-02-16]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: [doi:10.1371/journal.pone.0284445](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284445)

20. Anatomický model, ramenní kloub, © 2008 - 2024 TORF ZIEGLER spol. s r.o. In: Torf Ziegler [online]. [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <https://www.torf-ziegler.com/produkt/anatomicky-model-ramenni-kloub-996?>
21. Basic anatomy of the shoulder, 2017. In: ACRO [online]. [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <https://www.acropt.com/blog/2017/7/29/basic-anatomy-of-the-shoulder>
22. What is the rotator cuff?, 2023. In: Medical News [online]. [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <https://www.news-medical.net/health/What-is-the-Rotator-Cuff.aspx>
23. DESROCHES, Guillaume, Rachid AISSAOUI a Daniel BOURBONNAIS, 2006. Effect of system tilt and seat-to-backrest angles on load sustained by shoulder during wheelchair propulsion. The Journal of Rehabilitation Research and Development [online]. 43(7), 871-881 [cit. 2024-03-01]. ISSN 0748-7711. Dostupné z: doi:10.1682/JRRD.2005.12.0178
24. Meta Quest 2 (2021), 128GB, 2021. In: CZC.cz [online]. [cit. 2024-03-02]. Dostupné z: <https://www.czc.cz/meta-quest-2-2021-128gb/325552/produkt>
25. NIKOLIĆ, Dragana a Jennifer WHYTE, 2021. Visualizing a New Sustainable World: Toward the Next Generation of Virtual Reality in the Built Environment. Buildings [online]. 11(11), 19 [cit. 2024-03-02]. ISSN 2075-5309. Dostupné z: doi:10.3390/buildings11110546
26. Vnímání, 2013. In: Wikisofia [online]. [cit. 2024-03-02]. Dostupné z: <https://wikisofia.cz/wiki/Vnímání>

27. HAVEL, Daniel, Daniel ŠVADLENKA, Michal ROTT, Kryštof BÁRTA, Sabina MATOUŠKOVÁ a Barbora MLADÁ, 2023. Využití virtuální reality v rehabilitaci. Kladno. Týmový projekt. ČVUT, FBMI.
28. BRECKENRIDGE, John D. a James H. MCAULEY, 2011. Shoulder Pain and Disability Index (SPADI). *Journal of Physiotherapy* [online]. 57(3), 197-197 [cit. 2024-03-06]. ISSN 18369553. Dostupné z: doi:10.1016/S1836-9553(11)70045-5
29. BATENI, Hamid, Jenna CARRUTHERS, Rebecca MOHAN, Seyedamirhossein PISHVA a Nicola VALÈ, 2024. Use of Virtual Reality in Physical Therapy as an Intervention and Diagnostic Tool. *Rehabilitation Research and Practice* [online]. 2024-1-25, 2024, 1-9 [cit. 2024-04-19]. ISSN 2090-2875. Dostupné z: doi:10.1155/2024/1122286
30. CAVEDONI, S., P. CIPRESSO, V. MANCUSO, F. BRUNI a E. PEDROLI, 2022. Virtual reality for the assessment and rehabilitation of neglect: where are we now? A 6-year review update. *Virtual Reality* [online]. 26(4), 1663-1704 [cit. 2024-04-19]. ISSN 1359-4338. Dostupné z: doi:10.1007/s10055-022-00648-0
31. SPADI Shoulder Pain and Disability Index, © 2023 Physiotutors. *Physiotutors* [online]. [cit. 2024-04-20]. Dostupné z: <https://www.physiotutors.com/questionnaires/shoulder-pain-disability-index-spadi/>
32. Shapiro-Wilk Test Calculator, Melbourne, Australia. *Statistics Kingdom* [online]. [cit. 2024-05-02]. Dostupné z: <https://www.statskingdom.com/shapiro-wilk-test-calculator.html>

33. ASADZADEH, Afsoon, Taha SAMAD-SOLTANI, Zahra SALAHZADEH a Peyman REZAEI-HACHESU, 2021. Effectiveness of virtual reality-based exercise therapy in rehabilitation: A scoping review. *Informatics in Medicine Unlocked* [online]. 24, 7 [cit. 2024-05-03]. ISSN 23529148. Dostupné z: doi:10.1016/j.imu.2021.100562
34. VIDERMAN, Dmitriy, Karina TAPINOVA, Mukhit DOSSOV, Serik SEITENOV a Yerkin G. ABDILDIN, 2023. Virtual reality for pain management: an umbrella review. *Frontiers in Medicine* [online]. 2023-7-14, 10, 9 [cit. 2024-05-03]. ISSN 2296-858X. Dostupné z: doi:10.3389/fmed.2023.1203670
35. MISHRA, Rakesh, M.D. Krishna NARAYANAN, Giuseppe E. UMANA, Nicola MONTEMURRO, Bipin CHAURASIA a Harsh DEORA, 2022. Virtual Reality in Neurosurgery: Beyond Neurosurgical Planning. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. 19(3), 14 [cit. 2024-05-03]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph19031719
36. LÜDDECKE, Robin a Anna FELNHOFER, 2022. Virtual Reality Biofeedback in Health: A Scoping Review. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* [online]. 47(1), 1-15 [cit. 2024-05-04]. ISSN 1090-0586. Dostupné z: doi:10.1007/s10484-021-09529-9
37. HUANG, Qiangru, Junqing LIN, Rui HAN, Cheng PENG a Aji HUANG, 2022. Using Virtual Reality Exposure Therapy in Pain Management: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Value in Health* [online]. 25(2), 288-301 [cit. 2024-05-04]. ISSN 10983015. Dostupné z: doi:10.1016/j.jval.2021.04.1285

11 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Anatomický model ramenního kloubu	16
Obrázek 2 - kloubní spoje pletence horní končetiny	19
Obrázek 3 - Svaly rotátorové manžety	21
Obrázek 4 - Složky pohybu ramenního kloubu ve třech rovinách	23
Obrázek 5 - Virtuální brýle Meta Quest 2 s ovládacími joysticky	29
Obrázek 6 - Zpětnovazebný princip virtuální reality	30
Obrázek 7, 8 a 9 - Müller-Lyerova iluze, Heringova figura a Ponzova iluze (zleva doprava).....	31
Obrázek 8 - Headset Meta Quest 2	38
Obrázek 9 - Shapiro-Wilkův test pro ověření normality u první hypotézy	61
Obrázek 10 - Shapiro-Wilkův test pro ověření normality u druhé hypotézy.	63
Obrázek 11 - Shapiro-Wilkův test pro ověření normality u třetí hypotézy.....	65
Obrázek 12 Shapiro-Wilkův test pro ověření normality u čtvrté hypotézy....	67
Obrázek 13 - První část SPADI dotazníku	92
Obrázek 14 - První část SPADI dotazníku přeložena do češtiny	93
Obrázek 15 - Ukázka ze cvičení – kachličky	94
Obrázek 16 - Ukázka ze cvičení – hvězdy	94
Obrázek 17 - Ukázka ze cvičení – chytání ryb	95
Obrázek 18 - Ukázka ze cvičení – sběr ovoce	95
Obrázek 19 - Ukázka reportu rozsahu pohybu do flexe u pacientky 1Ex	96
Obrázek 20 - Ukázka reportu rozsahu pohybu do horizontální abdukce v ramenním kloubu u pacientky 1Ex	96

12 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 - Demografická tabulka souboru jednotlivých skupin	43
Tabulka 2 – Stranová lokalita bolestí v ramenním kloubu ze souboru obou skupin	43
Tabulka 3 – Zastoupení jednotlivých diagnóz ze souboru obou skupin	43
Tabulka 4 - Hodnocení bolesti dle první části SPADI dotazníku na začátku terapie, číselně	44
Tabulka 5 - Hodnocení bolesti dle první části SPADI dotazníku na začátku terapie, procentuálně.....	44
Tabulka 6 - Hodnocení bolesti dle první části SPADI dotazníku na konci terapie, číselně	46
Tabulka 7 - Hodnocení bolesti dle první části SPADI dotazníku na konci terapie, procentuálně.....	46
Tabulka 8 - Flexe v ramenním kloubu u experimentální skupiny	48
Tabulka 9 - Horizontální abdukce v ramenním kloubu u experimentální skupiny	48
Tabulka 10 - Hodnocení bolesti dle první části SPADI dotazníku na začátku terapie, číselně	50
Tabulka 11 - Hodnocení bolesti dle první části SPADI dotazníku na začátku terapie, procentuálně.....	50
Tabulka 12 - Hodnocení bolesti dle první části SPADI dotazníku na konci terapie, číselně	52
Tabulka 13 - Hodnocení bolesti dle první části SPADI dotazníku na konci terapie, procentuálně.....	52
Tabulka 14 - Flexe v ramenním kloubu u kontrolní skupiny	54
Tabulka 15 - Horizontální abdukce v ramenním kloubu u kontrolní skupiny	54

Tabulka 16 – Porovnání flexe v ramenním kloubu mezi experimentální a kontrolní skupinou	59
Tabulka 17 - Porovnání horizontální abdukce v ramenním kloubu mezi experimentální a kontrolní skupinou	59
Tabulka 18 - Dvouvýběrový F-test pro rozptyl u první hypotézy.....	62
Tabulka 19 - Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů u první hypotézy	62
Tabulka 20 - Dvouvýběrový f-test pro rozptyl u druhé hypotézy	64
Tabulka 21 - Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů u druhé hypotézy	64
Tabulka 22 - Dvouvýběrový f-test pro rozptyl u třetí hypotézy	66
Tabulka 23 - Dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů u třetí hypotézy	66
Tabulka 24 - Dvouvýběrový f-test pro rozptyl u čtvrté hypotézy.....	68
Tabulka 25 - Dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů u čtvrté hypotézy..	68

13 SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ

Graf 1 - Průměrná intenzita dlouhodobé bolesti u experimentální skupiny ..	45
Graf 2 - Průměrná intenzita krátkodobé bolesti u experimentální skupiny...	47
Graf 3 - Průměrná intenzita dlouhodobé bolesti u kontrolní skupiny	51
Graf 4 - Průměrná intenzita krátkodobé bolesti u kontrolní skupiny	53
Graf 5 - Trend SPADI u experimentální skupiny	56
Graf 6 - Trend SPADI u kontrolní skupiny.....	57
Graf 7 - Trend SPADI	58

14 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – První část SPADI dotazníku	92
Příloha 2 – Přeložená první část SPADI dotazníku do češtiny.....	93
Příloha 3 - Ukázky ze cvičení ve virtuální realitě	94
Příloha 4 - Ukázka reportu od firmy VR Medical	96

Příloha 1 – První část SPADI dotazníku

Pain scale											
How severe is your pain?											
Circle the number that best describes your pain where: 0 = no pain and 10 = the worst pain imaginable.											
At its worst?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
When lying on the involved side?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Reaching for something on a high shelf?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Touching the back of your neck?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pushing with the involved arm?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

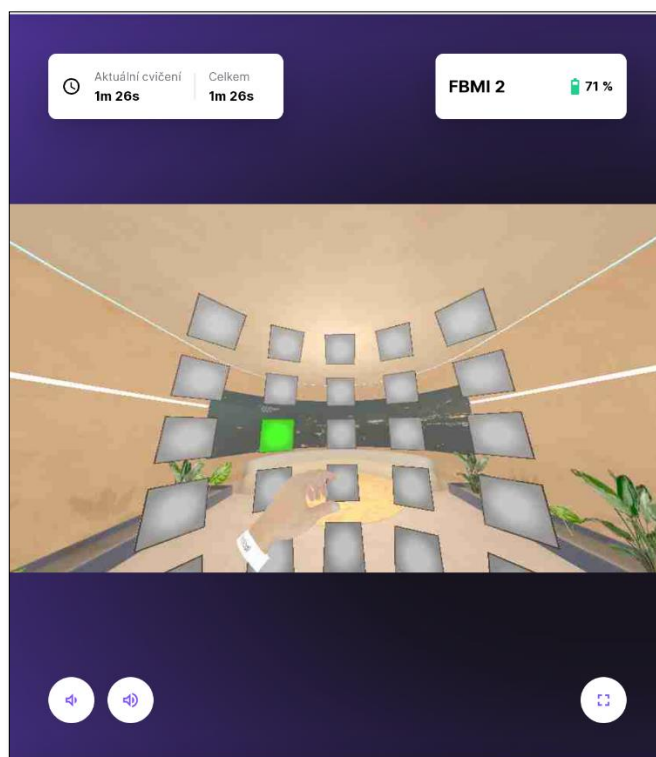
Obrázek 13 - První část SPADI dotazníku [31]

Příloha 2 – Přeložená první část SPADI dotazníku do češtiny

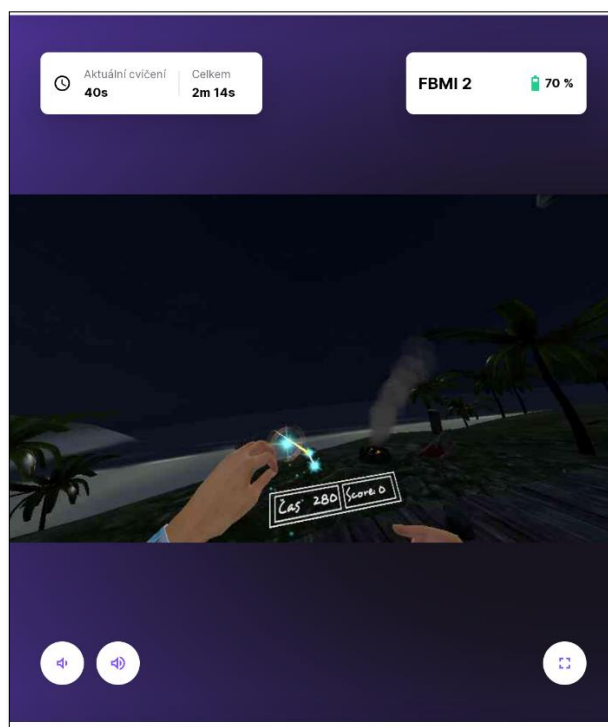
Škála bolesti											
Jak závažná je Vaše bolest?											
Zakroužkujte číslo, které nejlépe popíše Vaši bolest, kdy: 0 = žádná bolest a 10 = nejhorší bolest, kterou jste schopni zažít.											
Nejhorší možná bolest	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Když ležíte na postižené straně?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Když chcete dosáhnout na vysokou polici?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Když se chcete dotknout za krkem?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Když něco tlačíte postiženou paží?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Obrázek 14 - První část SPADI dotazníku přeložena do češtiny [vlastní zdroj]

Příloha 3 - Ukázky ze cvičení ve virtuální realitě



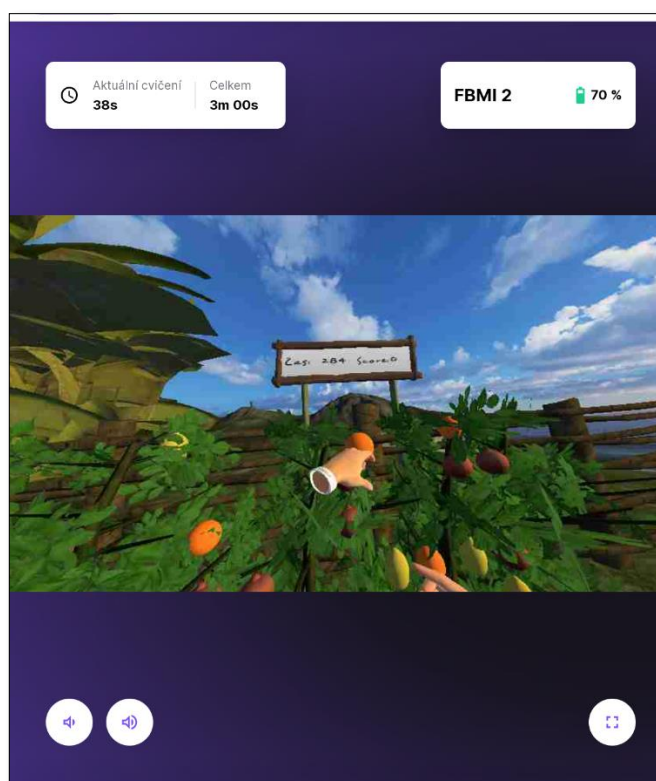
Obrázek 15 - Ukázka ze cvičení – kachličky [vlastní zdroj]



Obrázek 16 - Ukázka ze cvičení – hvězdy [vlastní zdroj]

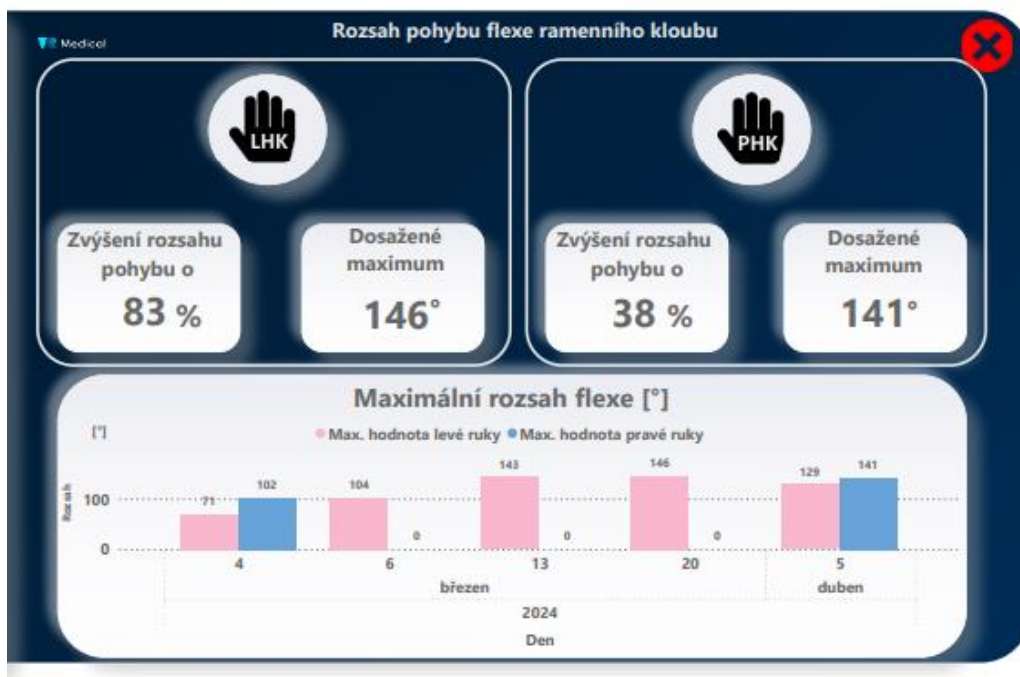


Obrázek 17 - Ukázka ze cvičení – chytání ryb [vlastní zdroj]

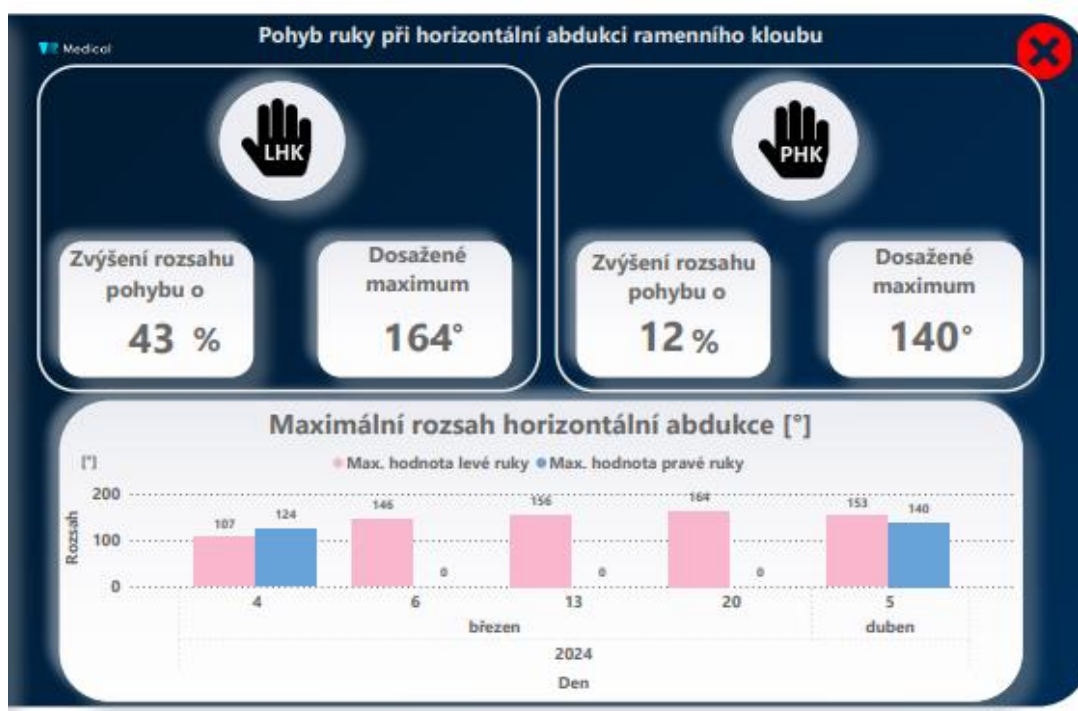


Obrázek 18 - Ukázka ze cvičení – sběr ovoce [vlastní zdroj]

Příloha 4 - Ukázka reportu od firmy VR Medical



Obrázek 19 - Ukázka reportu rozsahu pohybu do flexe u pacientky 1Ex [40]



Obrázek 20 - Ukázka reportu rozsahu pohybu do horizontální abdukce v ramenním kloubu u pacientky 1Ex [40]