

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

OVLIVNĚNÍ FUNKČNÍHO STAVU A ROZSAHU POHYBU KOLENNÍHO  
KLOUBU U PACIENTŮ PO ARTROSKOPICKÉ OPERACI KOLENNÍHO  
KLOUBU S VYUŽITÍM SYSTÉMU REDCORD STIMULA

Diplomová práce  
(magisterská)

Autor: Bc. Lucie Poláchová, fyzioterapie  
Vedoucí práce: PhDr. David Smékal, Ph.D.  
Olomouc 2021

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Lucie Poláchová

**Název bakalářské práce:** Ovlivnění funkčního stavu a rozsahu pohybu kolenního kloubu u pacientů po artroskopické operaci kolenního kloubu s využitím systému Redcord Stimula.

**Pracoviště:** Katedra fyzioterapie

**Vedoucí bakalářské práce:** PhDr. David Smékal, Ph.D.

**Rok obhajoby bakalářské práce:** 2021

**Abstrakt:** Cílem této práce bylo posoudit efekt terapie s využitím závěsného systému Redcord s vibračním zařízením Redcord Stimula u pacientů po artroskopické operaci kolenního kloubu na funkční stav dolní končetiny a rozsah pohybu kolenního kloubu v porovnání s konvenční terapií. Studie se zúčastnilo 14 probandů z toho 7 mužů a 7 žen ve věku od 20 do 67 let. Pacienti byli náhodně rozděleni do dvou skupin o stejném počtu účastníků: kontrolní skupina (K), která podstoupila konvenční terapii a experimentální (E), u které byly do terapie přidány cviky se systémem Redcord Stimula. Všichni účastníci absolvovali celkem 10 třicetiminutových terapií. Pro hodnocení funkčního stavu byl použit Lysholmův skórovací dotazník, vizuální analogová stupnice a změřen rozsah pohybu operovaného kolenního kloubu. U obou skupin došlo po terapii ke zlepšení funkčního stavu kolenního kloubu, což se projevilo zvýšením Lysholmova skóre, snížením udávané hodnoty na vizuální analogové stupnici a zvýšením rozsahu pohybu do flexe v kolenním kloubu. Výstupní průměrné Lysholmovo skóre bylo u experimentální skupiny o 7,1 bodů vyšší než u kontrolní skupiny. Tento rozdíl nebyl dle Mann-Whitneyova testu statisticky významný. Výstupní hodnoty rozsahu pohybu byly naopak v průměru vyšší u kontrolní skupiny o 7°, což bylo vyhodnoceno jako statisticky významné v porovnání s experimentální skupinou. Průměrné zlepšení rozsahu pohybu bylo ale výraznější u experimentální skupiny, protože průměrný rozsah pohybu před terapií byl u experimentální skupiny výrazně nižší. Z těchto výsledků nevyplývá výraznější efekt kinezioterapie doplněné o cvičení s vibračním zařízením Redcord Stimula oproti konvenční terapii.

**Klíčová slova:** Redcord Stimula, vibrační terapie, menisektomie, kolenní kloub

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovních služeb

**Author's first name and surname:** Bc. Lucie Poláčková

**Title of the master thesis:** Affecting functional state and range of motion of the knee joint in patients after arthroscopic knee joint operation using the Redcord Stimula device

**Department:** Department of Physiotherapy

**Supervisor:** PhDr. David Smékal, Ph.D.

**The year of presentation:** 2021

**Abstract:** The aim of this thesis was to assess the effect of therapy using the Redcord suspension system with the Redcord Stimula vibration tool in patients after knee arthroscopy on the functional status of the lower limb and the range of motion of the knee joint in comparison with conventional therapy. The study involved 14 probands aged 20 to 67 years, of which 7 were men and 7 were women. The patients were randomly divided into two groups with the same number of participants: a control group (K), which underwent conventional therapy, and an experimental group (E), where exercises using Redcord Stimula were added to the therapy. All participants underwent a total of 10 thirty-minute therapies. The Lysholm knee scoring scale and a visual analogue scale were used to assess functional status, and the range of motion of the operated knee joint was measured. In both groups, there was an improvement in the functional status of the knee joint after therapy, which was manifested by an increase in the Lysholm score, a decrease in the reported value on the visual analogue scale and an increase in the range of motion to flexion in the knee joint. The final mean Lysholm score was 7.1 points higher in the experimental group than in the control group. This difference was not statistically significant according to the Mann-Whitney U test. In contrast, the range of motion final values were on average 7° higher in the control group, which was found to be statistically significant in comparison with the experimental group. However, the average improvement in range of motion was more pronounced in the experimental group because the average range of motion before therapy was significantly lower in the experimental group. These results do not show a more significant effect of kinesiotherapy supplemented by exercise with the Redcord Stimula vibration tool compared to conventional therapy.

**Key words:** Redcord Stimula, vibration therapy, meniscectomy, knee joint

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením PhDr. Davida Smékala, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 12. července 2021

.....

Děkuji PhDr. Davidu Smékalovi, Ph.D. za věnovaný čas, ochotu a cenné rady, které mi poskytl při vedení a zpracování diplomové práce, RRR Centru za poskytnutí prostor pro terapii a pacientům za ochotu účastnit se studie.

## **SEZNAM ZKRATEK**

BBS	Biodex Balance System
CKC	uzavřený kinematický řetězec
CNS	centrální nervový systém
CV	celotělová vibrace
DK	dolní končetina
DKK	dolní končetiny
EMG	elektromyografie
GŠO	Golgiho šlachový orgán
KOK	kolenní kloub
l.	ligamentum
LCA	ligamentum cruciatum anterius
LCP	ligamentum cruciatum posterius
LV	lokální vibrace
m.	musculus
MR	magnetická rezonance
n.	nervus
QF	quadriceps femoris
VAS	vizuální analogová stupnice

## OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	PŘEHLED POZNATKŮ.....	11
2.1	Anatomie menisků .....	11
2.1.1	Mediální meniskus.....	12
2.1.2	Laterální meniskus.....	13
2.2	Biomechanické vlastnosti a funkce menisků .....	15
2.3	Inervace menisků .....	16
2.4	Cévní zásobení menisků.....	17
2.5	Kineziologie menisků.....	18
2.6	Poranění menisků .....	19
2.6.1	Klasifikace poranění menisků ISAKOS .....	21
2.6.2	Klasifikace diskoidního menisku.....	22
2.6.3	Patogeneze lézí menisku.....	24
2.7	Klinické vyšetření poranění menisku.....	25
2.8	Vyšetření zobrazovacími metodami.....	27
2.9	Operační řešení poranění menisku .....	28
2.9.1	Resekce menisku.....	29
2.9.2	Rekonstrukce menisku.....	30
2.9.3	Alogenní transplantace menisku.....	34
2.9.4	Implantace menisku .....	35
2.10	Senzomotorický systém.....	35
2.11	Propriocepce .....	36
2.11.1	Proprioceptory .....	37
2.11.2	Propriocepce kolenního kloubu .....	39
2.11.3	Význam propriocepce pro funkční stabilitu kloubu .....	40
2.11.4	Následky poranění a operace menisku pro propriopeci .....	41

2.12	Vibrace .....	42
2.12.1	Efekt vibrace v terapii.....	44
1. 13	Závěsný aparát Redcord.....	48
3	CÍLE A HYPOTÉZY .....	50
3.1	Cíl diplomové práce .....	50
3.2	Hypotézy .....	50
3.3	Výzkumná otázka .....	50
4	METODIKA.....	51
4.1	Charakteristika výzkumného souboru.....	51
4. 1.1	Informovanost účastníků výzkumu.....	51
4. 2	Metodika vyšetření.....	52
4. 2. 1	Lysholmův skórovací dotazník.....	52
4. 2. 2	Vizuální analogová stupnice bolesti .....	53
4. 3	Metodika terapie.....	53
4.4.	Statistické zpracování dat .....	56
5	VÝSLEDKY.....	57
5.1	Výsledky k hypotéze H <sub>01</sub> .....	57
5.2	Výsledky k hypotéze H <sub>02</sub> .....	57
5.3	Výsledky k výzkumné otázce V <sub>1</sub> .....	58
6	DISKUZE.....	60
7	ZÁVĚR.....	67
8	SOUHRN.....	68
9	SUMMARY .....	70
10	REFERENČNÍ SEZNAM.....	72
11	PŘÍLOHY .....	92



## 1 ÚVOD

Akutní poranění menisku může vzniknout v důsledku chronické instability kolenního kloubu nebo jako součást komplexního poranění vazivového aparátu při násilné rotaci bérce v zatížení. Toto poranění je typické u mužů mezi 30-40 lety, ve starším věku se jedná většinou o degenerativní poškození (Dungl, 2014). Poranění menisku může být příčinou bolesti, pocitu nestability kolene, blokády kolene, kdy není možné provést plnou extenzi či giving way fenoménu (Greis, Bardana, Holmstrom, & Burks, 2002). Pokud nedojde při konzervativním řešení ke zlepšení obtíží pacienta, je doporučena artroskopická operace. Nejčastějším operačním řešením poškozeného menisku je parciální resekce. V posledních letech také přibývá počet provedených rekonstrukcí menisku různými technikami, tento typ operace ale není možné provést u všech typů léze menisku (Lopez-Vidriero & Johnson, 2013).

Poraněním, ale i operací menisku dochází ke zhoršení propriocepce z kolenního kloubu v důsledku poškození mechanoreceptorů vyskytujících se v menisku (Al-Dadah, Shepstone, & Donell, 2011; Malliou et al., 2012). Dostatečná proprioceptivní informace z kloubu je nezbytná pro zajištění celkové posturální stability i stability jednotlivých segmentů. Ta je zajišťována přednastavením svalového tonu prostřednictvím  $\gamma$ -systému, který je modulován právě aktivací mechanoreceptorů (Riemann & Lephart, 2002b). Po operačním řešení poranění menisku je důležitá optimální rehabilitace pro obnovení rozsahu pohybu, svalové síly, stability kolenního kloubu a celkového funkčního stavu.

V poslední době se v rehabilitaci rozšířilo využití vibrací pro zvýšení svalové síly a výkonu, snížení bolesti, či zlepšení stability (Bautmans, Van Hees, Lemper, & Mets, 2005; Luo, McNamara, & Moran, 2005). Aplikace vibrace způsobí aktivaci proprioceptorů – svalového vřeténka a Golgiho šlachového orgánu, které registrují změnu délky svalu. Tím je spuštěn neurální okruh, jehož jedna část způsobí excitaci  $\alpha$ -motoneuronů vibrovaného svalu, zatímco druhá část způsobí zvýšení nábory motorických jednotek. Tuto reakci na aplikaci vibrace označujeme tonický vibrační reflex (Paráková, Míková, & Krobot, 2008). Podle autorů Muceli, Farina, Kirkesola, Katch a Falla (2011) je nedostatečná stabilita a koordinace svalové aktivity způsobena nedostatečnou propriocepčí z dané oblasti. Na základě toho můžeme předpokládat zlepšení stability segmentu při aplikaci vibrace, která aktivuje proprioceptory, a tím i zlepšení funkčního stavu.

Pozitivní efekt vibrační terapie na stabilitu kolenního kloubu potvrdili Moezy a kol. (2008), kteří zjistili zlepšení posturální stability u pacientů po rekonstrukci předního zkříženého vazy po absolvování terapie s celotělovou vibrací oproti pacientům bez vibrační terapie. Pozitivní efekt byl zjištěn na operované i neoperované dolní končetině. Záměrem praktické části této diplomové práce je zjistit efekt vibrace generované zařízením Redcord Stimula přenášené přes závěsná lana systému Redcord na funkční stav a rozsah pohybu kolenního kloubu u pacientů po operaci menisku.

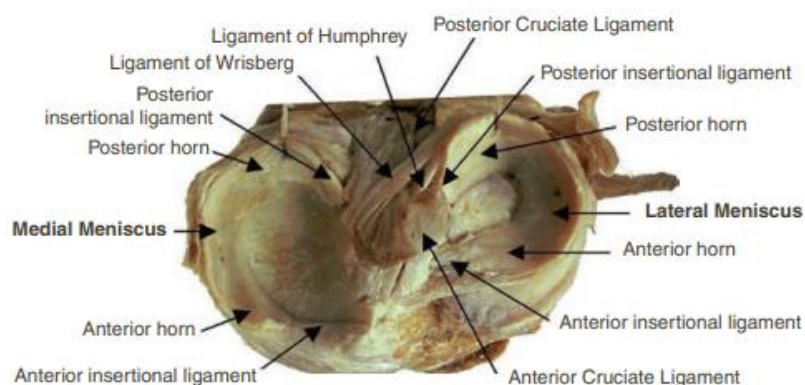
## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Anatomie menisků

V kolenním kloubu dochází ke styku dvou nejdelších kostí, tedy femuru a tibie, s největší sezamskou kostí patelou. Jedná se tedy o složený kloub, který zahrnuje femoropatelární a femorotibiální skloubení (Bartoníček & Heřt, 2004).

Pro správnou funkci kolenního kloubu je nutné zajištění dvou zdánlivě protichůdných vlastností kloubu. Těmi jsou dostatečná stabilita a zároveň výrazná mobilita. Stabilita je zajištěna zejména statickými a dynamickými stabilizátory, tedy vazivovým aparátem a svaly, které mají jeden z úponů v blízkosti kolenního kloubu (Bartoníček & Heřt, 2004). I přes mohutný vazivový aparát dochází často k jeho poškození právě v důsledku velké pohyblivosti kloubu a nedostatečné kongruence kloubních ploch (Kapandji, 1987).

Nízkou kongruencí kloubních ploch femuru a tibie upravují menisky (obrázek 1). Menisky jsou srpovité útvary, které mají na příčném řezu klínovitý tvar se třemi stranami. Vnější konvexní strana je v kontaktu s hlubokou vrstvou kloubního pouzdra. Spodní strana je téměř plochá a leží na mediálním či laterálním kondylu femuru. Vrchní konkávní strana je v kontaktu s kondyly femuru. Menisky jsou v oblasti předního a zadního rohu připojeny k tibiálnímu platu v area intercondylaris anterior a posterior. Mediální tenký okraj je volně v kloubní dutině (Beaufils & Verdonk, 2010). Menisky tak rozdělují kloubní dutinu na femoromeniskální a meniskotibiální (Bartoníček & Heřt, 2004).



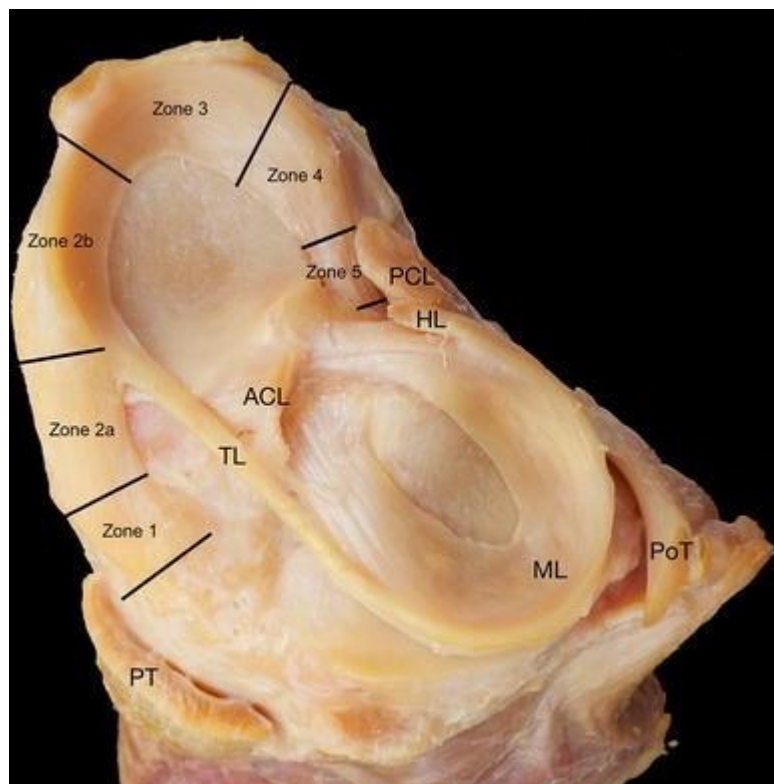
Obrázek 1. Anatomie menisků a okolních struktur (Beaufils & Verdonk, 2010).

Menisky jsou tvořeny vazivovou tkání. Velké procento struktury menisků představuje voda, dále jsou zde kolagenní vlákna převážně typu I a proteoglykany s glykosaminoglykany. Husté vazivo na bázi menisku přechází centrálně ve vazivovou chrupavku (Bartoníček & Heřt, 2004). Uspořádání kolagenových vláken je z velké části longitudinální. Vlákna, která jsou v kontaktu s kloubními plochami, jsou uspořádaná nepravidelně. Ve střední části menisku se nachází paprscitě uspořádaná vlákna, ale i vlákna vertikální (Caterine, Hourigan, & Getgood, 2017).

### 2.1.1 Mediální meniskus

Mediální meniskus je větší než laterální a tvarem připomíná písmeno „C“. Jeho šířka je přibližně 11 mm, rozširuje se směrem k posteriornímu konci a směrem anteriorně se zužuje (Śmigielski, Becker, Zdanowicz, & Ciszek, 2015).

Śmigielski et al. (2015) popsal rozdělení mediálního menisku do pěti nestejných anatomických zón, přičemž zóna 2 je ještě rozdělena na 2a a 2b (Obrázek 2).



Obrázek 2. Anatomické zóny mediálního menisku (Zdanowicz & Śmigielski, 2017).  
(ACL – ligamentum cruciatum anterius (LCA), TL – ligamentum (l.) transversum, PT – l. patellae, PCL – l. cruciatum posterius (LCP), ML – meniscus lateralis, PoT – tendo muscui poplitei, HL – Humpheryovo l.)

### **Zóna 1 – přední roh**

Přední roh začíná proximálně od mediálního okraje mediální části tuberositas tibiae. Dle Berleta a Fowlera (1998) existují 4 typy umístění začátku mediálního menisku, z nichž nejčastější je umístění v ploché části area intercondylaris anterior tibiálního platu. Druhý typ má začátek na sestupné ploše mezi mediální kloubní plochou a area intercondylaris. Třetí typ začíná více anteriorně na tibiálním platu a v případě čtvrtého typu není vytvořena pevná fixace ale pouze koronální vlákna zajišťující stabilitu menisku.

### **Zóna 2 – anteromediální část**

Druhá zóna začíná od okraje předního rohu mediálního menisku a končí na přední hranici mediálního kolaterálního vazy. Tuto zónu můžeme rozdělit ještě na podčásti 2a a 2b. Oddělení těchto dvou podčástí tvoří 1. transversum. V anteromediální části je meniskus připojen k tibií prostřednictvím meniskotibiálního ligamenta. Většina horního okraje mediálního menisku této části se nepřipojuje k žádné okolní tkáni, pouze malá část je připojena k synoviální kloubní vrstvě (Śmigielski et al. 2015).

### **Zóna 3 – mediální část**

Pouze v této části je celá vnější část menisku plně připojena ke kloubnímu pouzdru. Dolní část je připojena pomocí meniskotibiálního ligamenta a horní část pomocí meniskofemorálního ligamenta. Śmigielski et al. (2015) ve studii vyvrací tvrzení autorů Wymenga, Kats, Kooloos a Hillen (2006), že by mediální meniskus byl připojen k hluboké vrstvě l. colaterale mediale.

### **Zóna 4 – zadní část**

Horní část okraje menisku v této zóně není v kontaktu s kloubním pouzdem. Oproti tomu dolní část je připojena k tibií prostřednictvím pojivové tkáně, z níž vzniká l. meniskotibiale. Toto ligamentum se připojuje k tibií 7-10 mm pod úrovní kloubní chrupavky (Śmigielski et al. 2015).

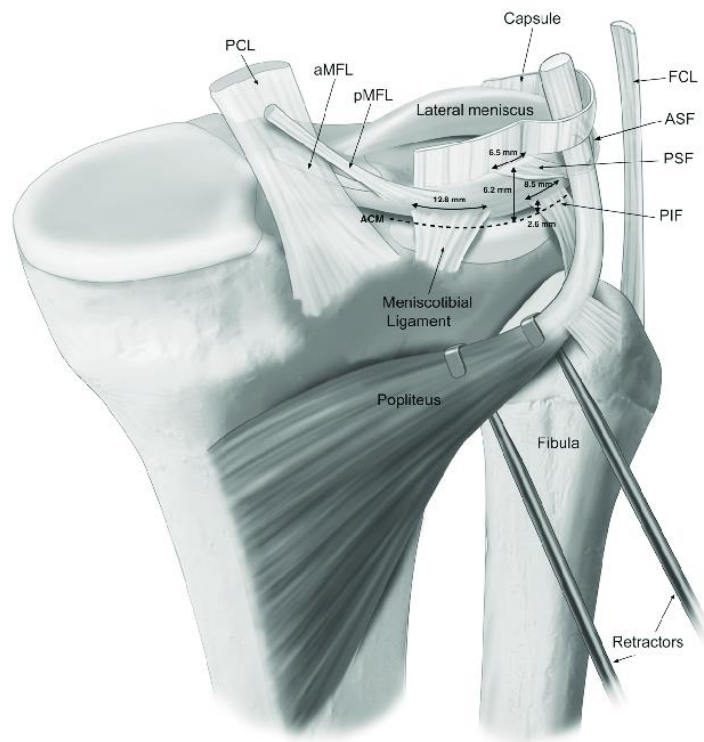
### **Zóna 5 – zadní roh**

Připojení zadního rohu k tibií je posteriorně a laterálně od eminentia intercondylaris tibiae, laterálně od místa změny sklonu kloubního povrchu mediálního tibiálního platu a anteromediálně od tibiálního úponu LCP (Śmigielski et al. 2015).

## **2.1.2 Laterální meniskus**

Přední roh laterálního menisku začíná na tibií hluboko pod tibiálním úponem LCA. Úpon předního zkříženého vazy má tvar písmene „C“ v jehož středu laterální meniskus začíná. Toto uspořádání bývá někdy označováno „kachní noha“ (Zdanowicz & Śmigielski, 2017).

Přední roh laterálního menisku je velmi pohyblivý. Při flexi dochází k posunu této části a při poraněních musí být sutura velmi pečlivá, aby tato pohyblivost zůstala zachována. V oblasti branky tvořené musculus (m.) popliteus vychází z laterálního menisku ligamentum meniscofibulare, připojující se k hlavičce fibuly. Předpokládá se, že při rotačním pohybu fibuly, dochází prostřednictvím tohoto ligamenta k pohybu části laterálního menisku (Zdanowicz & Śmigielski, 2017). V této oblasti je také laterální meniskus stabilizovaný prostřednictvím popliteomeniskálních svazků (Obrázek 3) (Aman et al., 2019).



Obrázek 3. Posteromediální pohled na anatomické struktury připojující se k laterálnímu menisku (Aman et al., 2019).

(*aMFL* – ligamentum meniskofemorale anterius *ASF* – fasciculus popliteomeniscalis anteriosuperius *FCL* – ligamentum colaterale fibulare, *PCL* – ligamentum cruciatum posterius, *PIF* – fasciculus popliteomeniscalis posteroinferioris, *pMFL* – ligamentum meniskofemorale posterius, *PSF* – fasciculus popliteomeniscalis posterosuperius)

V oblasti zadního rohu laterálního menisku se nachází dvě meniskofemorální ligamenta propojující laterální meniskus s mediálním kondylem femuru. Ligamentum meniscofemorale anterius probíhá před LCA a je také známé jako Humphreyovo ligamentum. Ligamentum meniscofemorale posterius neboli Wrisbergovo ligamentum probíhá za LCP (Zdanowicz & Śmigielski, 2017). Výskyt těchto ligamentů však není konstantní (Kohn & Moreno, 1995; Lee, Jee, Kim, Choi, & Kim, 2000).

Zadní roh laterálního menisku má plochou strukturu. You, Park, Park, Jin a Ryu (2014) ve své studii, kde hodnotili 105 snímků kolenního kloubu z magnetické rezonance, uvedli 3 typy připojení laterálního menisku k tibií. U 76 % zjistili dvě místa připojení s hlavní částí vedoucí diagonálně do area intertubercularis anterior, posteromedálně od tibiálního úponu LCA a menší částí svazků jdoucí k zadní straně tuberculum intercondylare laterale před tibiální úpon LCP. U zbylých 24 % byla pouze jedna úponová část z těchto dvou.

## **2.2 Biomechanické vlastnosti a funkce menisků**

Primární funkce menisků kolenního kloubu je rozložení sil vznikajících mezi tibií a femurem. Velikost tlakové síly je úměrná zatížení a nepřímo úměrná velikosti kontaktní plochy. Bez menisků by v kolenním kloubu byl pouze minimální kontakt kloubních ploch a tím by vznikala velká tlaková síla. Zejména v laterální části kloubu, kde dochází ke styku konvexního kondylu femuru s plochým nebo lehce konvexním kondylem tibie (Masouros, McDermott, Bull, & Amis, 2010). Mediální meniskus pokrývá 50 až 54 % kloubního povrchu tibie, laterální meniskus 59 až 71 %. Při nezatíženém kolenním kloubu je kontakt femuru a tibie zajištěn pouze přes menisky. Při zatíženém kolenním kloubu mediální meniskus přebírá 40 až 60 % zatížení a laterální meniskus 65 až 70 % (Catherine et al., 2017).

Přítomnost menisků má vliv také na stabilitu kolenního kloubu. Mediální meniskus omezuje anteriorní translační pohyb tibie. To je dáno jeho nižší pohyblivostí v anteroposteriorním směru, kvůli jeho spojení s kloubním pouzdem ve střední části a pevnému spojení posteriorní části s tibiálním platem. Laterální meniskus hraje významnou roli při zabránění kombinace axiálního a rotačního zatížení (Musahl et al., 2010).

Kromě tvaru a umístění je funkce menisků založena na jejich viskoelastických vlastnostech. Jejich elasticita a pevnost je umožněna díky kolageno-proteoglykanové

strukturu, zatímco viskozita díky velkému podílu vody. Spojení těchto vlastností je dosaženo díky permeabilitě tkáně pro tekutiny. Míra propustnosti menisků je mnohem nižší ve srovnání s kloubní chrupavkou. Díky tomu při zatížení odolávají ztrátám tekutiny a zachovávají si svůj tvar. Tato poréznost je důležitá také pro lubrikaci kloubních ploch a výživu. Během komprese přechází tekutina z menisku do synoviálního prostoru a tím dochází i k přesunu živin (Catherine et al., 2017).

### **2.3 Inervace menisků**

Starší studie nejsou jednotné v přítomnosti nervového zásobení menisků. Kenedy, Alexander a Hayes (1982) ve své studii uvádí přítomnost nervových vláken, volných nervových zakončení, specializovaných receptorů a Golgiho tělísek pouze v perimeniskální části kloubního pouzdra. Proti tomu Wilson, Legg a McNeur (1969) uvádí, že nervová vlákna z periartikulární tkáně přechází až do zevních dvou třetin menisku, což se shoduje i s dalšími autory (Mine, Kimura, Sakka, & Kawai, 1998; Zimny, Albright, & Dabezies, 1988). Největší koncentrace nervových zakončení a receptorů je v oblasti předního a zadního rohu. Větší koncentrace receptorů v oblasti úponů zajišťuje přesné informace o poloze menisku na tibiálním platu, protože při maximální flexi či extenzi jsou nejvíce namáhány právě rohy menisků. Zadní roh, který je méně pohyblivý a nese větší zátěž, je inervován bohatěji, než roh přední (Gray, 1999). Saygi a kol. (2005) prokázali, že při elektrické stimulaci mechanoreceptorů v zadním rohu mediálního menisku vznikají měřitelné korové evokované potenciály (SEPs).

V menisku můžeme najít 3 typy mechanoreceptorů a volná nervová zakončení. Jedním z mechanoreceptorů jsou Rufiniho tělíška, které informují o statické poloze kolenního kloubu, změnách nitrokloubního tlaku, ale i změnách směru, amplitudě a rychlosti pohybu kloubu. Jsou tedy aktivována v klidu i při pohybu. Zdrojem informací o zrychlení a zpomalení pohybu v kloubu jsou Paciniho tělíška. Jedná se o rychle se adaptující receptory, proto je jejich aktivace pouze při změnách rychlosti či směru pohybu. Třetím typem je Golgiho šlachový orgán (GŠO), aktivující se při extrémních pohybech či zatížení (Gray, 1999). Reaguje na nadměrné protažení tkáně a při jeho podráždění dochází ke spuštění inverzního napínacího reflexu, který inhibuje svaly pohybující s kloubem (Ganong, 2005). Posledním receptorem jsou volná nervová zakončení, zprostředkovávající nociceptivní informace. Jsou aktivovány při traumatech, extrémní deformaci tkáně, zranění či zánětu (Gray, 1999).



Přítomnost mechanoreceptorů v kolenním kloubu zajišťuje informace o poloze kloubu, rychlosti, směru pohybu, zrychlení a bolesti. Tato aferentní signalizace z menisku významně přispívá k propiocepci kolenního kloubu (McDermott et al., 2010). Dle Karahan, Kocaoglu, Cabukoglu, Akgun a Nuran (2010) dochází u pacientů po parciální menisektomii ke zhoršení propiocepce. Autoři se zaměřili na hodnocení statestézie při různých stupních flexe v kolenním kloubu. Při menších stupních flexe kolenního kloubu nebyl významný rozdíl mezi pacienty po menisektomii a kontrolní skupinou. Při flexi 75° v koleni byla statestézie horší u skupiny po menisektomii. Zároveň však při testování v 60° flexi byly horší výsledky statestézie u kontrolní skupiny. Zhoršení statestézie po poranění menisku s přidruženým poraněním LCA potvrdili ve své práci také B. Başar, G. Başar, Aybar a Kutun (2020). Zhoršenou propiocepci po izolovaném poškození menisku potvrzuje i práce Al-Dadah a kol. (2011). Ve své práci hodnotili posturální stabilitu při stožení na jedné dolní končetině (DK) pomocí balanční plošiny Biodex Balance System. Výsledky studie ukazují zhoršenou propiocepci DK s poraněním menisku v porovnání s druhostrannou DK, ale i kontrolní skupinou zdravých osob. Z výsledků dosažených při měření posturální kontroly stabilometrií, lze odvodit závěry propioceptivních schopností a neuromuskulární kontroly (Lephart, Pincivero, & Rozzi, 2012).

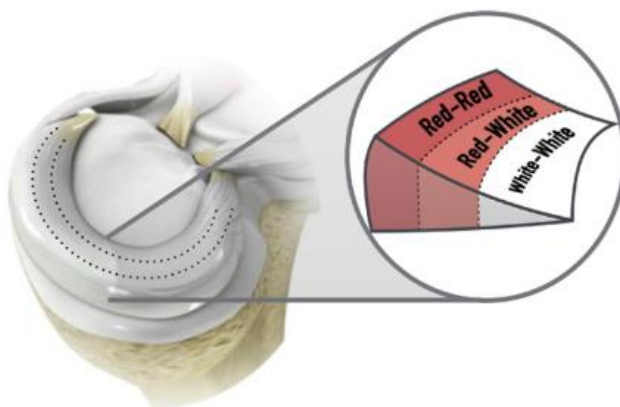
## **2.4 Cévní zásobení menisků**

Cévní zásobení menisků není rovnoměrné, stejně jako jejich inervace, a míra zásobení jednotlivých částí se s věkem mění. Meniskus u novorozenců a 11měsíčního dítěte je vaskularizovaný ve všech částech. Avšak už v roce a půl věku dítěte je vnitřní třetina avaskulární a v dospělosti je vaskularizováno pouze 10-30 % zevní šířky menisku (Petersen & Tillmann, 1995). Zbývajících 70-90 % menisku je vyživováno difuzí. U vyvíjejícího se menisku je cévní zásobení jednotlivých částí až šestinásobně větší než u menisku dospělého člověka. Větší prokrvení tkáně umožňuje lepší hojení při poškození (Lin et al., 2020).

Cévní zásobení menisků je zajištěno především z arteria genicularis. Jejich větvením se vytváří perimeniskální kapilární síť. Z ní vybíhají větve, pronikající do periferie menisku, s bohatším zásobením v oblasti předních a zadních rohů. Na příčném řezu menisku je pak více zásobena centrální část oproti horní a spodní oblasti (Danzig, Resnick, Gonsalves, & Akeson, 1983). V posterolaterální části laterálního

menisku, kde přiléhá šlacha m. popliteus nemá meniskus žádné kapsulární připojení, což způsobuje, že je tato část téměř avaskulární (McDermott et al., 2010).

Nejrozšířenější rozdělení menisku z hlediska vaskularizace je dle Arnoczky a Warren (1982), kteří jej rozdělili na „red-red“, „red-white“ a „white-white“ zónu (Obrázek 4). Klasifikace byla založená na vizuálním zhodnocení krevního zásobení. Nejvíce vaskularizovaná je tedy red-red zóna zevní části menisku. Při poškození menisku se operativní řešení volí právě podle vaskularizace oblasti, ve které k lézi došlo. V klinické praxi se tedy léze v oblasti red-red a red-white zóně řeší nejčastěji suturou. Naopak léze v oblasti white-white zóny se řeší nejčastěji parciální menisektomií, vzhledem k nízké pravděpodobnosti zhojení v avaskulární části (Chahla et al., 2017).



Obrázek 4. Zóny menisku dle míry vaskularizace (Chahla et al., 2021).

## 2.5 Kineziologie menisků

Kontaktní bod kloubních ploch kolenního kloubu se při pohybu do flexe posouvá posteriorně a při pohybu do extenze anteriorně. Aby byla zajištěna kongruence kloubních ploch při pohybu kolenního kloubu do flexe a extenze, následují menisky tento pohyb s kondyly femuru. Tato dynamická kongruence podporuje správný přenos zatížení, stabilitu a lubrikaci kloubu (Vedi et al., 1999). Při úplné extenzi kolenního kloubu je zadní část tibiálního plata odhalena, zatímco ve flexi je pokryta menisky (Kapandji, 1987).

Pohyb laterálního a mediálního menisku neprobíhá ve stejné míře. Kapandji (1987) uvádí pohyb mediálního menisku o 6 mm a laterálního o 12 mm při pohybu z extenze do flexe. Vedi a kol. (1999) ve své práci uvádí posun jak při pohybu v zatížení kolenního kloubu ve stoje, tak při pohybu v sedě v otevřeném kinematickém řetězci. Největší posun provádí přední roh laterálního menisku při zatížení a to 9,5 mm, zatímco bez zatížení

je posun o 5,4 mm. Přední rohy obou menisků se pohybují více než zadní. Nejméně pohyblivý je pak zadní roh mediálního menisku bez zatížení (3,8 mm). Větší pohyb předních rohů je nutný pro zajištění kongruence při pohybu femorálních kondylů. Menší pohyb zadních rohů je důležitý, aby omezil pohyb kondylů dále posteriorně. Tím je zajištěna stabilita a zabráněno anteriornímu posunu tibie. Zadní rohy menisků díky svému tvaru zastavují pohyb kondylů jako klíny pod koly auta. Malá pohyblivost zadního rohu mediálního menisku může odpovídat za četnost poranění této části. Kvůli jeho pevnému připojení dochází k většímu namáhání a tím větší vulnerabilitě (Vedi et al, 1999).

Při posunu menisků dochází ke změně jejich tvaru, protože v oblasti předního a zadního rohu jsou připojeny pevně k tibiálnímu platu, zatímco zbytek jejich struktury je téměř volně pohyblivý. Výraznější změna tvaru laterálního menisku je způsobena tím, že pevné body v předním a zadním rohu jsou u sebe blíže (Kapandji, 1987).

Největší poloměr zakřivení menisku je při plné extenzi kolenního kloubu, naopak nejmenší při úplné flexi. Míra zakřivení je dána poloměrem zakřivení femorálních kondylů, který je menší v zadní části kondylů, a naopak největší v přední části. Při flexi jsou menisky jen částečně v kontaktu s femorálními kondyly, což je zároveň s relaxací kolaterálních vazů příznivé pro mobilitu, ale na úkor stability (Kapandji, 1987).

K pohybům menisků dochází také při axiální rotaci v kolenním kloubu. Menisky následují pohyb femorálních kondylů po tibiálním platu. Při zevní rotaci tibie je laterální meniskus tažen vpřed, zatímco mediální meniskus je tažen k zadní části tibiálního kondylu. Při vnitřní rotaci je tomu naopak, mediální meniskus se pohybuje vpřed a laterální meniskus ustupuje vzad (Kapandji, 1987).

## **2.6 Poranění menisků**

Poranění menisků patří k tzv. poraněním měkkého kolene. U mladých pacientů jsou poranění nejčastěji traumatického původu, zatímco ve starším věku se jedná spíše o degenerativní změny (Greis et al., 2002). Poehling, Ruch a Chabon (in Greis et al., 2002) uvádí, že je častější poranění mediálního menisku u pacientů s porušenou stabilizační funkcí předního zkříženého vazů. Zatímco poranění laterálního menisku je spojeno s akutní rupturou předního zkříženého vazů, což odpovídá výsledkům studie Wilsona, Wyatta, Romera, Sabatina a Ellis (2018). U pacientů s nedostatečnou stabilitou

předního zkříženého vazy plní menisky funkci sekundárních stabilizátorů v předozadním posunu tibie (Greis et al., 2002).

Poranění měkkých tkání kolenního kloubu nejčastěji vzniká působením dvou či více sil na flektované či extendované koleno. Obecně, mohou síly působící na koleno způsobit nárazové poranění v místě působení síly nebo odtržení na opačné straně od působící síly (Hayes, Brigido, Jamadar, & Propeck, 2000).

Léze mohou být kompletní, tedy od jednoho povrchu menisku k druhému, nebo inkompletní. Inkompletní léze nemusí být vždy symptomatické a mohou být zjištěny až při artroskopii kolene (Greis et al., 2002).

Poranění menisků může být spojeno i s poraněním dalších měkkých tkání kolenního kloubu. O'Donoghue jako první popsal kombinaci poranění l. colaterale mediale, LCA a mediálního menisku a označil ji jako unhappy triad. Později ve své práci Shelbourne a Nitz (1991) zjistili častější výskyt poranění laterálního menisku v kombinaci s poraněním LCA a l. colaterale mediale. Ze vzorku 60 pacientů se souběžným poraněním LCA a l. colaterale mediale bylo zjištěno u 55 % pacientů poranění laterálního menisku, zatímco poranění mediálního menisku se vyskytovalo pouze u 10 % pacientů. K podobným výsledkům došel ve svém retrospektivním přehledu i Barber (1992). U pacientů s poraněním l. colaterale mediale a LCA III. stupně (pozitivní Lachmanův test, Flexion-Rotation Drawer test, posteriorní posun tibie o 10 mm a více) se poškození laterálního menisku vyskytovalo u 80 % pacientů, zatímco poranění mediálního menisku pouze u 29 %. Poranění mediálního menisku se vyskytovalo pouze se současným poškozením laterálního menisku. Rozdíly ve výsledcích studií Barbera (1992) a Shelbourne a Nitze (1991) oproti práci O'Donoghua mohou být způsobeny odlišným způsobem hodnocení. O'Donoghue ve své práci hodnotil poranění při artrotomii, při které je obtížně zhodnotitelná posteriorní část laterálního kompartmentu, oproti ostatním autorům, kteří získali data při artroskopické rekonstrukci (Barber, 1992; Shelbourne & Nitze, 1991). Verdonk a Vererfve (2010) uvádí, že tato kombinace poranění LCA, l. colaterale mediale a laterálního menisku je označována jako terrible triad, u dalších autorů však tyto označení nejsou rozlišována. Ferretti a kol. (2019) zjistil navíc doprovodné poranění anterolaterální části kloubního pouzdra ve všech 11 případech léze LCA, l. colaterale mediale a mediálního či laterálního menisku. Anterolaterální ligamentózní aparát kolenního kloubu se podílí na regulaci vnitřní rotace při extenzi kolenního kloubu,

stejně jako LCA (Imbert, 2016). V důsledku této synergie tak vzniká současné natažení a prokrvácení hlubokých struktur anterolaterálního ligamentózního aparátu spolu s poraněním LCA (Ferretti et al., 2019).

### 2.6.1 Klasifikace poranění menisků ISAKOS

V roce 2006 Mezinárodní společnost artroskopie, kolenní chirurgie a ortopedické sportovní medicíny (The International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine – ISAKOS) uvedla mezinárodní standardizovaný systém pro klasifikaci poranění menisků. Je založen na morfologických vlastnostech trhliny menisku zjištěných při artroskopii. Uvádí se délka trhliny, která dosáhla povrchu a její hloubka, která je klasifikována 0-3. Kompletní trhlina prochází jak horním, tak dolním povrchem (Verdonk & Vererfve, 2010).

Dalším důležitým údajem je rozsah trhliny v příčném řezu, kde se nachází 3 zóny podle míry vaskularizace (Obrázek 4). Odpovídají tedy red-red zóně, red-white a white-white zóně. Zóna 1 zahrnuje trhliny, při kterých zůstává šířka zevního okraje méně než 3 mm, trhliny v zóně 2 končí 3-5 mm od okraje a při trhlinách v zóně 3 je šířka okraje více než 5 mm. Lokalizace se uvádí také z hlediska rozdělení na přední a zadní rohy a mediální část menisku (Verdonk & Vererfve, 2010).

Součástí ISAKOS klasifikace je také určení vzoru trhliny (Obrázek 5).

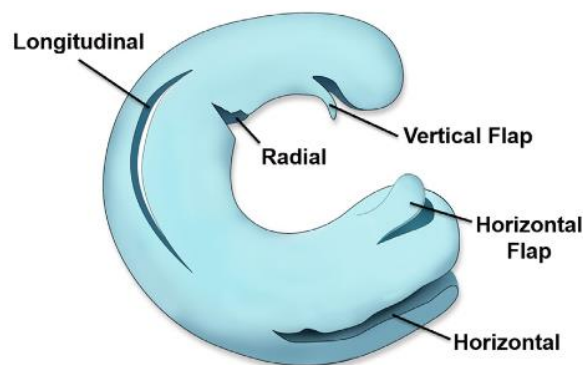
**Longitudinální vertikální trhlina** – bývá způsobena traumatickým poškozením u mladých pacientů společně s poškozením předního zkříženého vazů. Léze je obvykle orientována k okraji menisku. Při protržení menisku k jeho vnitřnímu okraji nazýváme toto poškození vertical flap (Wadhwa, 2016). Pokud je vnitřní fragment longitudinální trhliny dislokován do interkondylární rýhy, nazýváme toto poškození bucket-handle léze (Piedade, 2017). Bucket-handle trhlina obvykle začíná od zadního rohu menisku a může dosahovat až do dvou třetin menisku. Tyto léze jsou často nestabilní a způsobují mechanické symptomy nebo blokády kolene (Greis et al., 2002).

**Horizontální trhlina** – probíhá paralelně s tibiálním plato a dochází k oddělení horního a dolního povrchu trhlinou. Trhlina začíná na vnitřním okraji a pokračuje směrem ke kloubnímu pouzdru. Při protržení trhliny až v horním nebo spodním povrchu vzniká horizontal flap (horizontální klapka), dříve také označovaná jako šikmá trhlina (Verdonk & Vererfve, 2010). Horizontální léze vznikají typicky jako degenerativní poškození

u starších pacientů (Piedade, 2017). Běžné jsou také v laterálním menisku u běžců (Greis et al., 2002).

**Radiální trhlina** – je vertikálně orientovaná a kolmá na podélný průběh menisku, může být kompletní či částečná. Častá lokalizace je mezi střední a posteriorní částí laterálního menisku. Obvykle je tento typ trhliny nestabilní a dříve byl považován za nereparabilní, protože se nachází v avaskulární části menisku (Piedade, 2017). Při rozšíření radiální léze bez dislokace vzniká parrot beak trhlina (Wadhwa, 2016). Pokud se jedná o kompletní radiální lézi, jsou porušeny i kolaterální vlákna menisku a meniskus neplní funkci rozložení váhy při zátěži (Greis et al., 2002). Mezi méně časté radiální léze patří také vytržení rohu menisku. Dle Wilsona a kol. (2018) je častější poranění zadního úponu laterálního menisku oproti mediálnímu. Zároveň bývá velmi často spjato s poraněním LCA.

**Komplexní trhlina** – tento termín označuje kombinaci více trhlín v několika rovinách. Obvykle, se nachází v degenerativně změněném menisku (Piedade, 2017).



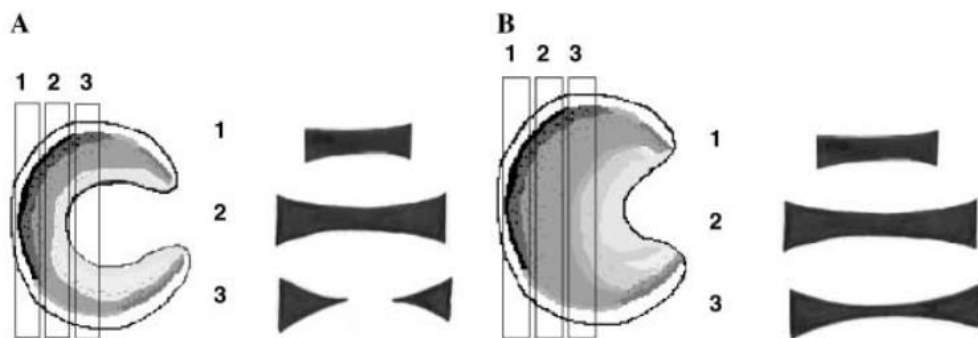
Obrázek 5. Vzory trhlín menisku dle ISAKOS klasifikace (Wadhwa, 2016).

## 2.6.2 Klasifikace diskoidního menisku

Jedná se o vrozenou anomálii ztlustění menisku, která obvykle postihuje laterální meniskus. Mediální meniskus bývá postižen velmi ojediněle (Farlett & Wood, 2020; Fukuta, Masaki, & Korai, 2002). Výskyt laterálního diskoidního menisku se v dostupné literatuře pohybuje od 1,2 % do 16,6 %, zatímco přítomnost mediálního diskoidního menisku autoři uvádí mezi 0,07 % až 0,3 %. Skutečný výskyt diskoidních menisků v populaci však není definován. Přestože díky neinvazivnímu vyšetření magnetickou rezonancí byli vyšetřováni i pacienti s minimálními či mírnými příznaky, je zde

nevyhnutelné zkrácení sledovaného výběru (Dickason et al., 1982; Jordan, 1996; Rohen, Kosarek, & Helms, 2001).

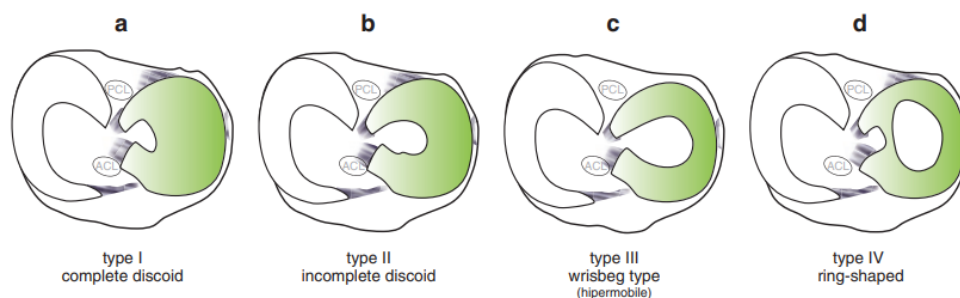
Nejčastěji používanými diagnostickými kritérii pro určení diskoidního menisku jsou šířka menisku v jeho střední části více než 14 mm a přítomnost tří a více segmentů obsahující tělo menisku na sekvenčních sagitálních snímcích (Obrázek 6) (Araki, Yamamoto, Nakamura, & Tsukaguchi, 1994; Rohen et al., 2001).



Obrázek 6. **A** Fyziologický semilunární tvar menisku s méně než třemi segmenty s tělem menisku. **B** Diskoidní meniskus se třemi a více segmenty s tělem menisku (Araki et al., 1994).

Watanabe (in Verdonk & Vererfve, 2010) rozdělil diskoidní meniskus na 3 typy podle připojení menisku a pokrytí tibiálního plata (Obrázek 7). Inkompletní diskoid je širší než fyziologický meniskus a má normální úpony. Kompletní diskoid pokrývá téměř celé tibiální plato a také má zachovány úpony. Třetí typ má šířku fyziologického menisku, ale chybí připojení ke kloubnímu pouzdru a v zadní části je ukotven Wrisbergovým ligamentem. Později Monallu, Leon, Cugat a Ballester (in Piedade, 2017) popsali čtvrtý typ zvaný ring-shape meniskus. Tato varianta menisku má intermeniskální spojení mezi předním a zadním rohem menisku, čímž vytváří kruhový tvar menisku. Při vyšetření zobrazovacími metodami může být kvůli svému tvaru zaměňován za bucket handle trhlinu (Iqbal, Mcloughlin, Botchu, & James, 2020).

Diskoidně změněný meniskus zhoršuje stabilitu kolenního kloubu. S tím souvisí také větší riziko vzniku trhlin a degenerativních změn menisku (Farlett & Wood, 2020). Dle Rohren a kol. (2001) dochází k častějšímu poranění mediálního či laterálního menisku u pacientů s diskoidním laterálním meniskem. Ve své studii zaznamenali výskyt poranění menisku u 71 % probandů s diskoidním laterálním meniskem, oproti kontrolní skupině s fyziologickým tvarem menisku, kde byl výskyt poranění 53 %.



Obrázek 7. Typy diskoidního menisku (Piedade, 2017).

### 2.6.3 Patogeneze lézí menisku

K poranění menisku dochází při působení rotačních nebo střížných sil v tibiofemorálním kloubu, zejména v situacích se zvýšeným axiálním zatížením. Mezi takové situace patří pozice s vysokým stupněm flexe kolenního kloubu v uzavřeném kinetickém řetězci, zvedání těžkých předmětů a aktivity vyžadující rychlé akcelerace a decelerace, změny směru či poskoky (Hayes et al., 2000; Rath & Richmond, 2000).

Léze menisku může vzniknout jako sportovní či nesportovní zranění, či bez zjevné příčiny. Drosos a Pozo (2004) uvádí přibližně stejné zastoupení těchto tří možností poranění u skupiny 392 pacientů. Ve skupině pacientů, u kterých došlo k poranění menisku při sportu, je nejvíce poranění způsobeno při fotbale (39,4 %). U skupiny, kde nedošlo k poranění během sportu je nejčastěji uváděným mechanismem vzniku léze vstávání z pozice dřepu.

Nečastější poranění menisku je longitudinální trhlinka, obvykle v zadní části menisku. Inkompletní i kompletní léze tohoto typu je stejně častá u mediálního i laterálního menisku. Bucket-handle léze je pak častější u menisku mediálního. Hlavní příčina při roztržení mediálního menisku je působení rotační síly na částečně flektované koleno. Při vnitřní rotaci femuru táhnou femorální kondyly mediální meniskus posteriorně. Silné připojení mediálního menisku k tibií v zadní části neumožňuje velký posteriorní posun. Při selhání tohoto připojení se zadní část mediálního menisku zachytí mezi tibií a femurem. Při této pozici menisku způsobí náhlá extenze kolene longitudinální trhlinku mediálního menisku. Pokud je trhlinka velká, centrální část může být uskřinutá v interkondylárním žlábků s nemožností se vrátit do původní pozice, čímž vznikne bucket-handle trhlinka. Longitudinální léze laterálního menisku probíhá podobným způsobem, s tím rozdílem, že při zevní rotaci femuru tlačí kondyly laterální meniskus vpřed (Verdonk & Vererfve, 2010).



Verdonk a Vererfve (2010) uvádí, že v laterálním menisku se nejčastěji vyskytují transversální, radiální či šikmé trhliny. Transversální trhliny vznikají, když je meniskus protahován v předozadním směru a ve střední části vzniká podélné napětí.

Zadní roh laterálního menisku je stabilizován Wrisbergovým a Humphreyovým ligamentem a popliteomesnickální svazky. Díky tomu je tato část laterálního menisku dobře spojena s laterálním femorálním kondylem, což snižuje riziko uskrínutí menisku v centrální části kloubu. Proto je méně obvyklý výskyt transversální trhliny začínající v oblasti zadního rohu laterálního menisku (Verdonk & Vererfve, 2010).

Funkční vlastnosti menisku nejvíce zhoršuje radiální trhlina. Lze to vysvětlit poškozením longitudinálních vláken, které hrají největší roli v přenosu zatížení. Důsledkem je tedy výrazně porušená funkce rozložení axiálního zatížení způsobující vyšší tlak na centrální části femorálního kondylu a tibiálního plata. Toto zvýšení tlaku může vést k degenerativním změnám v této oblasti (Verdonk & Vererfve, 2010).

## **2.7 Klinické vyšetření poranění menisku**

Důležitou součástí pro stanovení diagnózy poranění menisku je anamnéza a klinické vyšetření. Při traumatickém poranění menisku pacient uvádí moment vzniku potíží. Nejčastěji se jedná o rotační mechanismus bérce v zatížení. U pacientů ve vyšším věku, či nadměrném varózním či valgózním postavení kolenního kloubu může být poškození menisku degenerativní (Dungl, 2014).

V anamnéze pacient uvádí bolest při chůzi po nerovném terénu a při rotaci na zatížené končetině. Součástí klinického obrazu je pocit nejistoty a nestability kloubu, přeskakování v koleni či tzv. giving way fenomén (Babu, Shalvoy, & Behrens, 2016; Dungl, 2014). U některých typů trhlín může docházet také k blokádam kolene a nemožnosti plné extenze, typické jsou tyto příznaky u bucket-handle léze (Greis et al., 2002). Při dlouhotrvajícím symptomatickém poranění menisku se může vytvořit kloubní výpotek. Trhliny menisku mohou také poškozovat kloubní chrupavku (Dungl, 2014).

Klinické vyšetření je často zahájeno palpací kloubní štěrbin, která je bolestivá, tento příznak je velmi senzitivní, avšak málo specifický. V literatuře je popsáno velké množství klinických testů k vyšetření poškození menisků, které však nejsou příliš přesné. McMurrayův a Apleyho test jsou považovány za vysoce specifické, ale s nízkou citlivostí. Specificita McMurray testu se podle Ryzewicz, Peterson, Siparsky a Bartz (2007)

pohybuje v rozmezí 69 až 98 %, zatímco Blyth a kol. (2015) uvádí rozmezí 45 až 66 %. Jeho senzitivita je dle obou autorů 49 až 67 %. U Apleyho testu uvádí Blyth a kol. (2015) nižší specifickost (42-63 %) i citlivost (44-62 %). Nejlepší citlivost vykazuje Thessaly test (57-74 %) avšak s nízkou specifickostí (29-50 %). Mezi další používané testy patří Steinmannův příznak I, II, Payerův příznak nebo childress (chůze v dřepu). Většina těchto vyšetřovacích testů je založena na provokaci bolesti při stlačení menisku se současnou rotací bérce. Čím větší je stupeň flexe při vyšetření, tím posteriornější část menisku vyšetřujeme (Dungl, 2014).

### ***McMurrayův test***

Výchozí poloha pacienta je v leže na zádech, terapeut převede testovanou (DK) do maximální flexe. Pro vyšetření mediálního menisku terapeut jednou rukou palpuje mediální kloubní štěrbinu, druhou rukou provádí zevní rotaci bérce uchopením za patu. Při vyšetření zevního menisku terapeut palpuje posterolaterální kloubní štěrbinu a bérce je rotován dovnitř. Z tohoto postavení se provádí postupná extenze kolene do 90°. Bolest a přeskočení v kloubní štěrbině značí pozitivitu tohoto testu (Gallo, 2011). Modifikovaný McMurryho test pro mediální meniskus se dle Teh a Shihabudin (2020) provádí se současným valgotizačním tlakem během převádění do extenze. Pro laterální meniskus pak se současným varotizačním tlakem. Autoři uvádí, že modifikovaný McMurryho test je citlivější pro určení léze mediálního menisku než originální provedení testu.

### ***Appleyův test***

Test pomáhá odlišit poranění menisku od poranění kolaterálních kolenních vazů. Pacient leží na břiše s flektovanou vyšetřovanou DK v koleni. Terapeut při vyšetření menisků provádí axiální kompresi se současnou rotací. Pro vyšetření postranních vazů provádí distrakci. Test je pozitivní při bolesti (Dungl, 2014).

### ***Thessalyho test***

Provádí se pouze u pacientů, u kterých je možný stoj na postižené DK. Pacient stojí na vyšetřované DK s flexí kolenního kloubu 5° nebo 20°. Terapeut přidržuje pacienta za paže. Pacient provádí rotaci těla a kolenního kloubu na obě strany třikrát. Pozitivita testu je bolest mediálního či laterálního kompartmentu kolene, pocit uzamčení nebo zachycení. Specifičtější a citlivější je provedení testu ve 20° flexe (Ryzewicz et al., 2007).

### ***Steinmannův příznak I.***

Pacient sedí na okraji stolu s volně spuštěnými bérce s 90° flexí v kolenních kloubech. Terapeut provádí vnitřní a zevní rotaci bérce. Zevní rotace vyvolá bolest v mediální kloubní štěrbině při poškození mediálního menisku, bolest při vnitřní rotaci poukazuje na poškození laterálního menisku (Gallo, 2011).

### ***Steinmannův příznak II.***

Pacient leží na zádech s extendovanými dolními končetinami. Terapeut prstem vyhmata bolestivé místo v mediální štěrbině a provádí pasivní flexi. Při zvětšování flexe se bolestivé místo přesouvá dorsálněji (Gallo, 2011).

### ***Payerův příznak***

Pacient se posadí do tureckého sedu a může ještě přitlačit kolena k podložce. Při poškození zadního rohu mediálního menisku je přítomna bolest v mediální kloubní štěrbině (Gallo, 2011).

### ***Childress (Chůze v dřepu)***

Tento test slouží k odhalení poranění v zadní části menisku. Při dřepu působí největší tlak právě na zadní části menisku. Při pozitivním testu vyvolá chůze v podřepu či dřep samotný bolest, nebo pacient není schopný tento pohyb provést (Gallo, 2011).

## **2.8 Vyšetření zobrazovacími metodami**

Rentgenové vyšetření má smysl pouze z hlediska diferenciální diagnostiky pro vyloučení poškození kosti a zhodnocení degenerativních změn. U chronických poškození menisku můžeme na rentgenovém snímku najít drobné osteofyty na mediálním kondylu tibie těsně pod kloubní štěrbinou. Označují se jako Rauberovo znamení (Dungl, 2014).

Nejcitlivější neinvazivní zobrazovací metodou je magnetická rezonance (MR). U poškození mediálního menisku je senzitivita MR vyšší než u laterálního, ale specifická je naopak vyšší u vyšetření laterálního menisku (Crawford, Walley, Bridgman, & Maffulli, 2007). Nevýhodou je vysoká míra falešně pozitivních nálezů (Babu et al., 2016). Falešně pozitivní nález trhliny v zadním rohu mediálního menisku, může být způsoben neschopností zcela zobrazit tuto oblast pomocí artroskopie a trhliny, které jdou ke spodnímu okraji, mohou být obtížně viditelné. Obtížně diagnostikovatelné na MR jsou

také radiální trhliny (Crawford et al., 2007). MR je indikována zejména při nejednoznačné anamnéze a klinickém nálezu nebo u reoperací (Dungl, 2014).

MR vyšetření je schopné odhalit i asymptomatické léze, které jsou pouze intrameniskální a nekomunikují s povrchem menisku. Symptomatické léze většinou komunikují s povrchem menisku (Dungl, 2014).

Degenerativní léze menisku můžeme dle nálezu MR rozdělit do 4 stupňů:

stupeň I – menší ložisko mukoidní degenerace uvnitř menisku,

stupeň II – větší ložisko mukoidní degenerace, které nezasahuje na povrch menisku,

stupeň III – jednoduché léze zasahující na povrch menisku,

stupeň IV – vícečetné léze zasahující na povrch menisku (Dungl, 2014).

Klasifikace typu léze při zobrazení MR vychází z originální klasifikace ISAKOS založené na artroskopickém nálezu (Chhabra a kol., 2019).

Nejspolehlivějším způsobem určení poranění menisku je artroskopie. Zároveň se jedná o nejčastější způsob ošetření menisku. Artroskopie umožňuje přímou kontrolu zrakem a palpaci vyšetřovacím háčkem. Díky tomu je možné spolehlivě určit typ, lokalizaci, délku a stabilitu léze. Při artroskopii je důležité zvolit vhodný přístup, aby bylo možné dobře vidět či dosáhnout potřebných struktur kloubu. Pro správné umístění přístupu se využívají orientační body: patela, lig. patellae, kloubní štěrbiny, obrysy mediálního a laterálního kondylu femuru. Nejčastěji je využíván anterolaterální a anteromediální přístup (Dungl, 2014).

## **2.9 Operační řešení poranění menisku**

Dříve než byl popsán biomechanický a funkční význam menisku v kolenním kloubu, se jeho poškození řešilo totální menisektomií při otevřené operaci kolenního kloubu. V roce 1948 Fairbank popsal změny kolenního kloubu na RTG snímcích po totální menisektomii. Jednalo se o zúžení kloubní štěrbiny a oploštění femorálních kondylů. Lze předpokládat, že tyto změny vznikly v důsledku ztráty funkce rozložení váhy, kterou menisky plní. Fairbank (1948) uvádí, že menisektomie způsobuje významný zásah do mechanických vlastností kloubu. V návaznosti na kloubní změny je u pacientů po totální menisektomii výrazně zvýšeno riziko vzniku osteoartrózy (Papalia, Del Buono, Osti, Denaro, & Maffulli, 2011; Pengas et al., 2012; Roos et al., 1998). Není zcela jasné,

zda je rozvoj osteoartrózy spojen častěji s totální menisketomií laterálního nebo mediálního menisku. Pengas et al., (2012) uvádí, že strana provedení menisektomie příliš neovlivňuje radiologický, klinický či funkční nálezn.

Přechod k artroskopickým operacím od otevřených operací měl velký význam pro minimalizaci pooperačních degenerativních změn. Stejně jako upuštění od totální či subtotální menisektomie a provádění méně invazivních operací, tedy parciálních a selektivních menisektomií či sutur menisků (Camillieri, 2017).

### **2.9.1 Resekce menisku**

Pokud se jedná o symptomatické poranění menisku, u kterého se nepředpokládá spontánní zhojení a není možné provést suturu trhliny, je indikována resekce menisku (Chen, Chan, & Gladstone, 2020). Podle velikosti odstraněné části menisku můžeme hovořit o parciální menisektomii, při které jsou odstraněny pouze volné a nestabilní fragmenty, subtotální menisektomii, kdy je zásah také do periferních částí menisku a totální menisektomii (Dungl, 2014).

Přestože se zvyšuje procento pacientů indikovaných k sutuře menisku, nejčastěji prováděnou operací při poranění menisku je parciální menisektomie. Faktory, které ovlivňují rozhodnutí mezi suturou či menisektomií jsou lokalizace léze, typ léze, velikost a chronicita. Za chronické se obecně považují léze po 8 až 12 měsících. Konce těchto trhlín jsou obvykle rozdrčené a degenerují, proto nejsou vhodné k sutuře (Lopez-Vidriero & Johnson, 2013).

Pokud je léze lokalizovaná ve white-white zóně, je indikována resekce. Tato vnitřní část menisku má velmi malou pravděpodobnost pro spontánní zhojení, kvůli nedostatečné vaskularizaci. Pokud se jedná o lézi v oblasti white-red zóny, zvažují se i další faktory. Z hlediska morfologie léze jsou obvykle resekovány trhliny větší než 20 mm. Také laterální radiální léze, degenerativní bucket-handle léze a rozštěpené horizontální léze obvykle nejsou reparable. V úvahu se bere také věk pacienta, kdy s věkem je vaskularizace snížena, proto se snižuje potenciál pro zhojení. Není určena věková hranice pro provedení sutury menisku, avšak u pacientů nad 40 až 50 let věku je upřednostňováno provedení resekce (Lopez-Vidriero & Johnson, 2013).

Během artroskopické parciální menisektomie se využívají zejména anteromediální a anterolaterální přístupy. Anterolaterálním přístupem je veden těsně laterálně

od ligamentum patellae a v úrovni nebo lehce pod apexem pately. Je základním portem pro zvedení artroskopu a je možné z něj prohlédnout téměř všechny intraartikulární struktury. Anteromediálním přístupem se zavádějí nástroje. Provádí se přibližně 1 cm nad kloubní štěrbinou a 1 cm mediálně od l. patellae (Dungl, 2014). Pokud je to nutné, zavádí se ještě mediálním přístupem grasper pro povytažení fragmentu vpřed, což umožní provést resekci na bázi trhliny. V případě úzkého kloubního prostoru, musí být použity úzké nástroje nebo techniky, umožňující lepší přístup zejména k mediální části kloubu. Může se provádět trvalý valgotizační tlak, který umožní zvětšení mediálního kompartmentu (Chen, Chan, & Gladstone, 2020).

Během resekce je doporučeno zachovat tvarovou konturu menisku a vytvořit hladký okraj menisku, aby nedošlo k jeho zachycení nebo opětovnému poškození. Je žádoucí zachovat longitudinální obvodová vlákna a co nejširší okraj menisku. Při operaci by se měla chránit před poškozením meniskokapsulární spojení, aby byla zachována funkce přenosu zatížení zbývající části menisku (Jeong, Lee, & Ko, 2012). Na konci operace se provádí výplach kloubu a odsátí tekutiny, aby se odstranily veškeré volné útržky (Chen, Chan, & Gladstone, 2020).

### **2.9.2 Rekonstrukce menisku**

První otevřenou suturu menisku zaznamenal v roce 1885 Annadale (Barber & McGarry, 2007). Artroskopická sutura menisku byla poprvé provedena v roce 1969 v Tokiu. Sutura menisku je indikována v případech, kdy je dobrý potenciál ke zhojení menisku. Nejlépe se hojí sutury longitudinálních vertikálních ruptur probíhajících méně než 4 mm od periferie menisku (Dungl, 2014). Naopak radiální a šikmé trhliny zasahující do vnitřních avaskulárních částí menisku jsou obvykle řešeny menisektomií (Meislin & Whitney, 2020). Některé studie poukazují na možnost provedení sutury i u radiální léze s dobrými klinickými i biomechanickými výsledky zejména u mladších pacientů, kde léze sahá až k periferii (Wu et al., 2018). Billières a Pujol (2019) popisují slibné subjektivní i objektivní výsledky u pacientů s horizontální rozštěpenou lézí řešenou kombinací parciální menisektomie a otevřené sutury menisku.

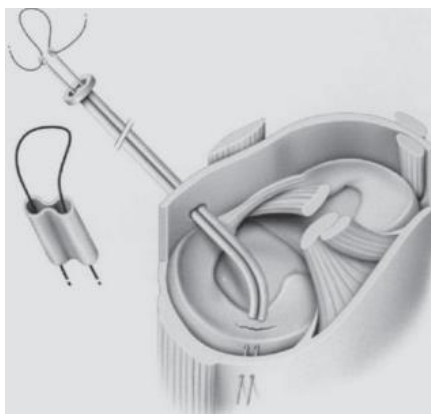
Na hojení sutury má vliv také stabilita kolenního kloubu. U pacientů s poškozeným předním zkříženým vazem, u kterých byla provedena pouze rekonstrukce menisku je větší míra selhání zhojení, než u pacientů se současnou rekonstrukcí LCA (Steenbrugge, Van Nieuwenhuysse, Verdonk, & Verstraete, 2005). Proto se často s rekonstrukcí menisku

provádí také plastika LCA (Dungl, 2014). Lepší předpoklad pro zhojení mají léze operované do 6 týdnů od úrazu. Tengrootenhuysen, Meermans, Pittoors, Van Riet a Victor (2011) uvádí úspěšnost rekonstrukce u pacientů operovaných do 6 týdnů od úrazu 83 %, zatímco u pacientů operovaných později 52 %. Pro úspěšné hojení menisku je vhodné provést debridement trhliny, obroušení přilehlé synoviální membrány a nápichy prokrvené periferní části menisku. K sutuře menisků se používají nevstřebatelné nebo vstřebatelné šicí materiály. Při sutuře delší trhliny se oba typy kombinují. Vzdálenost mezi stehy by měla být 3-5 mm. Meniskus se sešívá buď vertikálním stehem, horizontálním stehem, nebo jejich kombinací (Dungl, 2014).

Techniky pro rekonstrukci menisku zahrnují otevřenou operaci, artroskopicky asistovanou a zcela artroskopickou metodu. V současné době je nejběžnější artroskopicky asistovaná operace z důvodu kratšího operačního času a menšího rizika iatrogenního poškození cévních a nervových struktur jako u otevřené operace (Goldstein & Sgaglione, 2013).

### **2.9.2.1 Inside-Out sutura**

Inside-Out sutura je označována jako zlatý standard pro její všestrannost a dobré klinické výsledky. Výhodou oproti nyní široce rozšířené metodě all-inside je použití pouze tenkých jehel. Také je eliminováno riziko migrace implantátu do kloubní dutiny, který by mohl poškodit kloubní chrupavku (Pace, Inclin, & Matava, 2021). Touto technikou je možné sešít trhliny na horním i spodním povrchu menisku. Název techniky je pojmenován podle průchodu jehly při provedení sutury. Nejprve je jehla s vláknem zavedena do kloubní dutiny, poté prochází meniskem přes trhlinu a ven z kloubu. K sutuře se využívá dlouhá flexibilní jehla zavedena pomocí jednoduché nebo dvojité kanyly. Nevýhodou této techniky je možnost poškození nervus (n.) saphenus na vnitřní straně a n. peroneus communis na zevní straně. Provádí se pomocná posteromediální či posterolaterální incize k zachycení jehly a zavedení retraktoru pro ochranu neurovaskulárních struktur. Incize musí být provedena až za mediálním či laterálním kolaterálním vazem (Jouve, Ovadia, Pujol, & Beaufils, 2010).



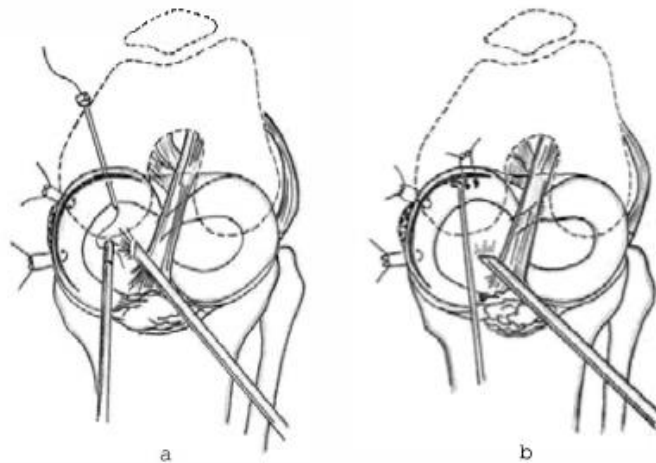
Obrázek 8. Sutura menisku inside-out technikou dvojitou kanylou (Jouve et al., 2010).

Tato technika je nejčastěji využívána pro suturu ruptur rohů a těla menisku a umožňuje dobrou repozici nestabilních lézí (Dungl, 2014). Je možné ji použít u horizontálních trhlin a radiálních lézí ve vaskularizované části menisku (Pace et al., 2020). Youn a kol. (2020) uvádí možnost využití také u bucket-handle lézí, u kterých je tato technika vhodnější než all-inside. Inside-out technika je vhodná také u dvojitě longitudinální trhliny, která vyžaduje více než jednu suturu. Jehly s malým průměrem umožňují přesné nasměrování a preciznější provedení švu (Pace et al., 2020).

### 2.9.2.2 Outside-In

Oproti inside-out technice nevyžaduje speciální instrumentárium a není třeba provádět pomocnou incizi. Díky tomu je sníženo riziko poranění nervových struktur. K založení stehu se využívají spinální nebo standardní injekční jehly. Jehla je vedena perkutánně do kloubního prostoru přes meniskální trhlinu a opět přes meniskus ven. Je popsáno více způsobů, jak vytvořit steh (Goldstein & Sgaglione, 2013). Například pomocí vnitřních interferenčních uzlů. Při tom se jehla s volným vláknem zavede přes bázi menisku na horní povrch menisku do kloubní dutiny. Z anteromediálního přístupu se zavede drapák, kterým se vlákno vytáhne z kloubu a na konci vlákna se vytvoří uzel (Obrázek 9a). Tahem za volný konec vlákna se vtáhne uzel zpět do kloubu až dosedne na povrch menisku (Obrázek 9b). Stejným způsobem se zavede potřebný počet vláken a jejich konce se vzájemně svážou přes kloubní pouzdro. Další možností je využití dvou jehel. Opět se zavede jehla s vláknem přes trhlinu menisku do kloubní dutiny, vedle se zavede druhá jehla s vláknem, které tvoří smyčku. Touto smyčkou se provleče první vlákno a je vytaženo ven z kloubního pouzdra, kde jsou oba konce prvního vlákna spojeny (Jouve et al., 2010).





### 9. Sutura menisku outside-in technikou, uzlíkovou metodou (Dungl, 2014).

Outside-in technika umožňuje provedení vertikálního i horizontálního stehu. Využívá se při suturách předních rohů menisku nebo těla menisku převážně u longitudinálních trhlin (Dungl, 2014). Steiner, Feeley, Ruland a Diduch (2018) uvádí také možnost využití u kompletní radiální léze laterálního menisku.

Marinescu, Laptoiu a Negrusoiu (2003) provedli follow-up studii po pěti letech od outside-in sutury menisku u 68 pacientů. Pro funkční hodnocení využili Lysholmovu stupnici, kde bylo průměrné skóre 92,9 bodů. U 91 % pacientů byly výsledky vyhodnoceny jako výborné s návratem k původním sportovním aktivitám. U šesti pacientů, u kterých byl proveden second-look došlo ke kompletnímu zhojení menisku. Ve 4 případech došlo k opětovné ruptuře ve stejném místě jako při prvním zranění a musela být provedena parciální menisektomie.

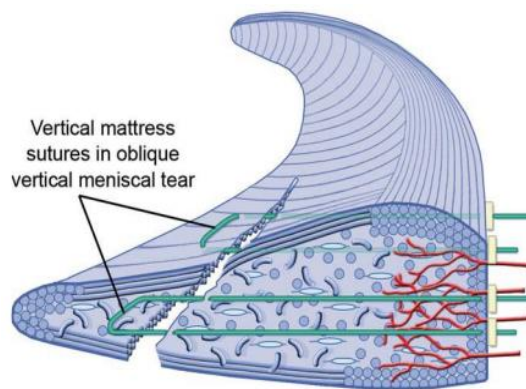
#### 2.9.2.3 All-Inside sutura

U původní all-inside techniky se využívají šicí háčky se zahnutým koncem. Do kloubu se zavádějí z posteromediálního nebo posterolaterálního přístupu. Artroskop se zavádí z anterolaterálního přístupu přes interkondylický prostor. Tato technika je vhodná k sutuře trhlin v zadních rozích mediálního či laterálního menisku (Dungl, 2014).

Další možností all-inside techniky je využití fixátorů, které mají tvar rybího háčku se zpětným ostnem na konci. Tento fixátor aproximuje fragmenty k sobě. Implantované fixátory jsou aplikované kolmo na trhliny a liší se tvarem, velikostí a technikou zavádění (Goldstein & Sgaglione, 2013). Implantáty jsou z biodegradovatelné polymléčné kyseliny

(Jouve et al., 2010). Nevýhodou implantátů je nižší biomechanická odolnost, zpožděná resorpce, pozůstatek polymerních fragmentů, zánětlivá reakce okolních měkkých tkání na cizí těleso a riziko poškození chrupavky. Proto bylo od těchto postupů upuštěno (Goldstein & Sgaglione, 2013).

Novější generace fixačních prvků umožňuje provedení klasického vertikálního či horizontálního stehu s výhodami all-inside techniky (bez pomocné incize, nižší riziko poškození nervové tkáně). Operační systémy jsou složeny z operační jehly se dvěma kotvičkami spojenými nevstřebatelným vláknem (Obrázek 10). Meniskus se propíchně v místě poškození a na jeho zevní stranu se zavede 1. kotvička. Jehla se vytáhne a přibližně 4 mm vedle se znovu vpíchně přes trhlinu a zavede se 2. kotvička (Dungl, 2014). Tyto implantáty umožňují menisku se deformovat a pohybovat při přenosu hmotnosti a pohybu kolenního kloubu. Díky tomu je sníženo riziko poranění chrupavky (Jouve et al., 2010).



Obrázek 10. Vertikální longitudinální trhlina, sešita technikou all-inside vertikálním stehem (Goldstein & Sgaglione, 2013).

### 2.9.3 Alogenní transplantace menisku

Alogenní transplantace menisku je indikována u pacientů s unikompartmentální bolestí po subtotální nebo totální menisektomii. Bolest u pacientů přetrvává při běžných denních činnostech a sportovní aktivity nejsou kvůli intenzitě bolesti možné. Dalšími symptomy může být otok a blokáda kolene. Trvání obtíží by mělo být alespoň 6 měsíců. Pacient by měl být mladší než 55 let, bez známek infekce, zánětlivé artritidy, neuropatie či osteonekrózy, kontraindikací je také poškození chrupavky 3. stupně dle Kellgren-Lawrence (Southworth, Naveen, Tauro, Chahla, & Cole, 2020).

Využívají se dvě hlavní operační techniky. Přišití aloštěpu bez kostěné části nebo štep s kostěnými bloky či můstkem. V obou případech je zmražený meniskus objednan z certifikované tkáňové banky. Důležité je zvolení optimální velikosti menisku, který bude odpovídat původnímu menisku. Zbytky nativního menisku jsou odstraněny (Patel et al., 2021). Mohou se ponechat přední a zadní rohy menisku, které slouží jako značky pro správné umístění aloštěpu. Ponechává se také 1-2 mm široký periferní lem, který zabraňuje radiálnímu posunu alograftu (Southworth et al., 2020). U obou technik se provádí doplňující inside-out sutura menisku s kloubním pouzdrům. U techniky s využitím kostního můstku je můstek 7 mm široký a 10 mm vysoký (Patel et al., 2021). Transplantace menisku s kostním můstkem se využívá zejména u laterálního menisku. Transplantaci mediálního menisku je výhodnější provádět technikou s kostními bloky, kvůli jejich vzdálenějším úponům a přítomnosti úponu LCA. Kostěné bloky jsou zasazeny do tibiálních kostních tunelů. Přes přední a zadní roh menisku je vedeno do každého bloku nevstřebatelné vlákno, které je provlečeno tibiálním kostním tunelem (Robinson & Bonner, 2013). U techniky přišití štepů bez kostěné části je meniskus vtažen do kloubu a rohy menisků jsou fixovány přes tibiální kostní tunel. Tělo menisku je přišité kombinací technik all-inside a inside-out ke kloubnímu pouzdru (Spalding, Parkinson, Smith, & Verdonk, 2015).

#### **2.9.4 Implantace menisku**

Pro meniskální implantáty se využívá kolagen 1 typu extrahovaný z hovězí Achillovy šlachy nebo tvarovaný polyuretan. Využití kolagenového implantátu má podpořit regeneraci buněčné matrix menisku (Patel et al., 2021). Před zavedením implantátu se nejprve provede odstranění poškozené části menisku, zdravá tkáň se ponechává. Podle tvaru a velikosti léze je vytvořen odpovídající implantát. Ten je zaveden do kolenního kloubu do místa poškození menisku. Provádí se fixace inside-out nebo all-inside technikou (Monllau, Pelfort, & Tray, 2010).

#### **2.10 Senzomotorický systém**

Senzomotorický systém je součástí složitějšího systému kontroly a řízení pohybu těla. Jedná se o integraci senzorycké a motorické složky zapojené do řízení pohybu (Azim & Seki, 2019). Senzitivní část senzomotorického systému zahrnuje vnímání bolesti, tlaku, tepla, chladu, polohy a pohybu částí těla včetně vibračního cití. Poslední dva vjemy označujeme pojmem propriocepce. Z příslušných receptorů pro dané vjemy jsou vedeny

aferentní informace senzitivními vlákny periferních nervů do oblastí CNS (Ambler, 2006). Důležité pro řízení pohybu jsou také zrakové a vestibulární aferentní informace. Všechny informace jsou integrovány v několika úrovních CNS, kde se vytváří vhodné motorické odezvy (Biedert, 2000). Koordinovaný pohyb je závislý na neustálé interakci mezi motorickou částí nervového systému a senzoryckými vstupy. Při absenci somatosenzoryckých zpětných informací by byl průběh pohybu nekoordinovaný (Azim & Seki, 2019). Ačkoli vizuální a vestibulární informace jsou podstatné, z hlediska ortopedického jsou nejdůležitější aferentní informace z periferních mechanoreceptorů. Ty jsou umístěny v kůži, svalech, kloubech a ligamentech (Riemann & Lephart, 2002a).

Neustálé vyhodnocování senzoryckých podnětů a reakce na ně je označováno jako feedback kontrola. Druhým mechanismem, který se uplatňuje v řízení pohybu v závislosti na senzoryckých informacích je feedforward. Ten je spjatý s předcházející zkušeností. Při motorické činnosti jsou zapojeny vždy oba systémy, pouze s různou mírou zastoupení. Výsledkem integrace senzoryckého a motorického systému se zapojením feedback a feedforward kontroly je funkční dynamická stabilita kloubů (Riemann & Lephart, 2002a). Na druhé straně kromě senzomotorického systému je součástí motorické kontroly také volní hybnost. Ta je zprostředkována motorickým kortexem, pyramidovými dráhami, periferními alfa-motoneurony a dalšími strukturami podílejícími se na řízení a plánování pohybu a uskutečňována kosterním svalstvem (Kaya, Yertutanol, & Calik, 2018).

## **2.11 Propriocepce**

Jako první popsal „sense of locomotion“ (vjem o pohybu) Julius Caesar Scaliger v roce 1557. Henry Charlton Bastian navrhl označení kinestezie v roce 1880 a poukázal na to, že aferentní informace nejsou pouze ze svalů, ale i z kloubů, kůže a šlach. V roce 1906 představil Charles Scott Sherrington termín propriocepce jako vědomí pohybu (aktivního i pasivního) a držení těla a jeho segmentů (Kaya et al., 2018). Původně termín propriocepce označoval pouze senzoryckou složku. Tedy souhrn všech aferentní informací z kloubů, šlach a svalů. Pozdější definice propriocepce zahrnuje komplexní interakci mezi senzoryckým a motorickým systémem (Hewett, Paterno, & Gregory, 2002). Integrace proprioceptivních informací na mnoha úrovních CNS nám poskytuje vědomé i nevědomé informace o poloze těla (Kaya et al, 2018).

### 2.11.1 Proprioceptory

Obecně jsou mechanoreceptory specializované receptory, které převádějí mechanické události probíhající v hostitelské tkáni na nervové signály. Jednotlivé typy receptorů jsou specifické na určitou modalitu a také na intenzitu, se kterou se aktivují. Do receptorů zajišťujících propriocepci patří svalové vřetenko, Golgiho šlachový orgán (GŠO), Ruffiniho zakončení, Paciniho tělísko, zakončení podobné Golgiho orgánu a volná nervová zakončení (Kaya et al., 2018). V muskulotendinózní části se vyskytují svalová vřetenka a Golgiho šlachová tělíska, zatímco ligamenta a kloubní struktury obsahují Ruffiniho zakončení, Paciniho tělíska, receptory podobné GŠO a volná nervová zakončení (Riemann & Lephart, 2002a).

**Svalové vřetenko** je složeno přibližně ze čtyř až osmi specializovaných intrafuzálních váken a je paralelně vloženo mezi vlákna extrafuzální. Primární úkol svalového vřetenka je přijímání informací o délce svalu a její změně. Svaly zajišťující jemné koordinované pohyby obsahují větší množství svalových vřetének, než svaly vykonávající hrubé pohyby (Kaya et al., 2018).

Svalové vřetenko obsahuje vlákna s jaderným vakem a vlákna s jaderným řetězcem. Vlákna s jaderným vakem jsou většinou dvě, zatímco vláken s jaderným řetězcem bývá 4 a více a jejich konce jsou připojeny ke stranám vláken s jaderným vakem. Oproti extrafuzálním svalovým vláknům, kromě koncových částí nejsou vlákna svalového vřetenka kontraktilní. Na svalovém vřetenku se nachází dva typy senzoryckých zakončení. Primární, anulospirální zakončení jsou zakončením rychle vedoucích aferentních vláken Ia a obalují jaderný vak či jaderný řetězec. Sekundární, keříčková zakončení jsou zakončením aferentních vláken typu II a jsou na koncích vláken s jaderným řetězcem. Aferentní vlákna, vedoucí z oblasti jaderného vaku jsou citlivá na změny délky svalu a vykazují dynamickou odpověď, zatímco vlákna jdoucí od jaderného řetězce vykazují statickou odpověď a jejich výboje jsou generovány po celou dobu protažení (Ganong, 2005).

Při natažení extrafuzálních svalových vláken dochází k natažení také svalového vřetenka, aktivaci jeho receptorů a šíření akčního potenciálu aferentními vlákny. Ty přichází zadními míšními kořeny do míchy, kde se přepojují přímo na  $\alpha$ -motoneurony příslušného svalu, nebo prostřednictvím interneuronu na antagonistický sval. Podráždění motoneuronu způsobí kontrakci příslušného svalu a vřetenko přestává generovat signály,

protože sval se stáhne a nedochází k protažení vřeténka. Tento jednoduchý reflexní oblouk označujeme jako napínací reflex (Ganong, 2005).

Motorická inervace je zajištěna prostřednictvím  $\gamma$ -motoneuronů, které vedou k oběma typům vláken svalového vřeténka a  $\beta$ -motoneurony, které inervují intrafuzální i extrafuzální vlákna (Ganong, 2005).  $\gamma$ -motoneurony končí na kontraktálních částech vřeténka, proto při jejich výboji dochází k protažení střední části vřeténka, čímž se aktivuje aferentní systém. Na úrovni míchy, ovlivňují aktivitu  $\gamma$ -motoneuronů informace z periferních receptorů kůže, kloubů či chemoreceptorů (Riemann & Lephart, 2002a).

**Golgiho šlachový orgán** se nachází na rozhraní svalových vláken a úponové šlachy kosterních svalů. Tento orgán je receptorem inverzního napínacího reflexu a aktivuje se při silném natažení svalu, kdy dojde k reflexní relaxaci příslušného svalu. Na rozdíl od svalového vřeténka je GŠO zapojen sériově ke svalovým vláknům. V důsledku toho je tento orgán drážděn pasivním protažením i aktivní svalovou kontrakcí. Pasivní protažení nezpůsobí výrazné podráždění těchto orgánů, protože většinu napětí přebírá elastická složka svalových vláken. Podráždění vznikne až při výrazném protažení svalu. Naopak při svalové kontrakci dochází kvůli nízkému prahu dráždivosti a protažení úponových částí svalu k pravidelným výbojům. GŠO tedy primárně poskytuje zpětnou vazbu o svalovém napětí během kontrakce a reguluje svalovou sílu analogickým způsobem jako svalové vřeténko reguluje délku svalu (Ganong, 2005; Riemann & Lephart, 2002a).

Aferentní nervová vlákna z tohoto orgánu jsou typu Ib. Tato vlákna končí v míše na inhibičních interneuronech, které jsou přepojeny na motoneuron svalu, z jehož GŠO uloženém ve šlaše přišel aferentní impulz. Dráždění Ib vláken z GŠO tedy způsobí inhibici daného svalu. Kromě přepojení na interneuron agonistického svalu vedou Ib vlákna také na excitační interneuron antagonistického svalu (Ganong, 2005).

**Ruffiniho zakončení** jsou neustále aktivní při kloubním pohybu, mají nízký práh dráždivosti a adaptují se pomalu. Jsou velmi důležitá pro regulaci tonu a kontrolu svalů v oblasti kloubu, protože reagují na axiální zatížení a tahové napětí vazů. Jsou považovány za statické i dynamické receptory (Kaya et al., 2018; Riemann & Lephart, 2002a).

**Paciniho tělíska** jsou umístěna v hlubokých vrstvách kůže a blízko GŠO. Jsou rychle se adaptující receptory a mají vysoký práh dráždivosti. Jsou aktivována při změnách rychlosti a směru pohybu a při hlubokém tlaku. Řadí se mezi dynamické receptory (Kaya et al., 2018).

**Zakončení podobná Golgiho šlachovému orgánu** jsou aktivní pouze při extrémním pohybu v kloubu. Jsou důležitá při monitorování tahového napětí ligament během krajních rozsahů pohybu (Kaya et al., 2018).

**Volná nervová zakončení** jsou smyslovými orgány pro bolest, které jsou za normálních okolností mlčící, reagují až na vznik bolestivého podnětu (Ganong, 2005).

### **2.11.2 Propriocepce kolenního kloubu**

V kolenním kloubu se vyskytují mechanoceptory a volná nervová zakončení ve zkřížených vazech, meniscích a kloubním pouzdře. Intraartikulární ligamenta a laterální struktury obsahují více mechanoceptorů než mediální struktury (Çabuk & Çabuk, 2016). Pravděpodobně je toto nerovnoměrné zastoupení receptorů kvůli většímu pohybu laterálních části kloubních struktur kolenního kloubu, zatímco mediální komplex je méně pohyblivý (Amiri, Cooke, Kim, & Wyss, 2006).

Nejvíce zastoupenými mechanoceptory v okolí kolenního kloubu jsou volná nervová zakončení, následně Ruffiniho tělíska a zakončení podobná GŠO. Největší výskyt Ruffiniho tělísek je dle Çabuk a Çabuk (2016) v úponu m. popliteus. Šlacha m. popliteus zabraňuje anteriorní subluxaci femuru, působí proti přílišné zevní rotaci bérce a podílí se na odolávání varotizačním silám. Ruffiniho tělíska ze šlachy m. popliteus zajišťují masivní aferentaci o poloze kolenního kloubu, protože m. popliteus má dynamickou roli ve všech flekčních a rotačních pohybech (Çabuk & Çabuk, 2016).

Zakončení podobné GŠO a volná nervová zakončení jsou nejvíce zastoupena v LCA a LCP. Tyto ligamenta zabraňují extrémní flexi a extenzi kolenního kloubu. Při hyperflexi či hyperextenzi jsou drážděna zakončení GŠO ve zkřížených vazech a aktivací inverzního napínacího reflexu předcházejí zranění (Çabuk & Çabuk, 2016). Během krokového cyklu jsou při fázi úderu paty drážděny receptory z LCP, které je v této fázi nejvíce protaženo (Fischer-Rasmussen, Krogsgaard, Jensen, & Dyhre-Poulsen, 2001). Tím může dojít k inhibici m. quadriceps femoris a facilitaci antagonistických hamstringů k flexi kolenního kloubu (Çabuk & Çabuk, 2016).

Volná nervová zakončení jsou v koleni nejvíce zastoupenými mechanoceptory. Jsou aktivována pouze pokud je kloub vystaven mechanické deformaci či chemickému dráždění měkkých tkání například zánětlivými mediátory. Biedert, Stauffer a Friederich (1992) pozorovali jejich největší počet v synoviální vrstvě pokrývající l. cruciata, ve šlaše m. popliteus a v mediálním a laterálním retinaculu. Çabuk a Çabuk (2016) zjistili, že jsou volná nervová zakončení přilehlá k cévám pokrývajícím synovii.

Přítomnost Paciniho tělísek v kolenním kloubu není dle různých autorů zcela jednoznačná. Lee, Ladd a Hagert (2012) uvádí jejich výskyt ve všech nosných kloubech, jiní autoři jejich výskyt nepotvrdili. Tato nesourodost informací může být způsobená odlišnými technikami barvení a odběru vzorků tkáně (Çabuk & Çabuk, 2016).

Ligamenta a šlachy v okolí kloubů nejsou pouze statickými strukturami, jsou důležitým zdrojem propioceptivních informací a zajišťují dynamickou neuromuskulární stabilitu. Z toho důvodu může při poranění ligamentózního aparátu či kloubních struktur kolenního kloubu být zhoršená propiocepce a tím i dynamická stabilita kloubu (Çabuk & Çabuk, 2016).

### **2.11.3 Význam propiocepce pro funkční stabilitu kloubu**

Motorické řízení každé motorické činnosti je plastický proces, který podléhá neustálé kontrole a úpravám na základě integrace a vyhodnocení senzoričtých vjemů, motorických příkazů a výsledných pohybů. Základem každé motorické aktivity je zajištění posturální stability a stability jednotlivých segmentů. Pro udržení obou typů stability jsou nezbytné propioceptivní informace (Riemann & Lephart, 2002b). Dříve byl popsán ligamento-muskulární ochranný reflex, který byl spouštěn při potenciálně škodlivém napětí kloubních ligament. Spuštění toho reflexu by mělo za následek přímou aktivaci  $\alpha$ -motoneuronů. Jeho existence však byla zpochybněna. Zdá se pravděpodobnější, že propioceptivní aferentace z ligament se účastní nepřetržité kontroly svalové aktivity prostřednictvím dopředných mechanismů. Mechanoceptory se účastní udržování svalové koordinace a reflexní regulace funkční stability kloubu přednastavením svalové tuhosti prostřednictvím modulace  $\gamma$ -systému (Sjölander, Johansson, & Djupsjöback, 2002). Ke spuštění modulace  $\gamma$ -systému stačí podněty o nižší intenzitě, než při jaké dochází k poškození tkáně a dráždění nociceptorů. Aktivace  $\gamma$ -systému zvyšuje citlivost svalového vřetenka, které přednastavuje svalový tonus na vyšší úroveň (Riemann & Lephart, 2002b).



Svalová tuhost je dána dvěma složkami. Jednak biofyzikálními vlastnostmi svalové tkáně včetně vaziva a fascií, tu označujeme jako vnitřní komponentu. Vnější komponentu svalové tuhosti zajišťuje reflexní neurální aktivace svalu. Z teoretického hlediska se zvýšená svalová tuhost a tím i tuhost kloubů jeví jako výhodná pro funkční stabilitu kloubu a měla by pomoci odolávat destabilizujícím silám působícím na kloub. Navíc svaly s vyšší vnitřní tuhostí zvyšují potenciál i vnější komponenty. Předpokládá se, že tužší svaly v důsledku zvýšené aktivace přenášejí snadněji zátěž na svalová vřeténka, čímž se zmenšuje časová prodleva zahájení reflexní činnosti. To může být zásadní při nedostatečné mechanické stabilitě kloubu. Toto tvrzení koreluje také se zvýšenou tuhostí hamstringů u LCA deficientních pacientů. U pacientů s rupturou LCA navíc dochází ke zvýšené aktivaci hamstringů před zatížením končetiny a udržování většího stupně flexe během působení zatížení. Předpokládá se, že oba z těchto adaptivních mechanismů předcházejí anteriorní translaci tibie při absenci LCA. Současně dochází ke změně aktivace v distálnějších a proximálnějších segmentech. Například při úrazu kotníku je pro udržení posturální kontroly výraznější aktivita proximálních svalů v oblasti kyčle. Tato zjištění poukazují na změnu řízení i ve vyšších motorických centrech po ortopedickém úrazu. Proprioceptivní informace tedy hrají esenciální roli také pro vývoj adaptivních motorických programů pro kompenzaci ztráty mechanické stability (Sjölande et al., 2002).

#### **2.11.4 Následky poranění a operace menisku pro propriocepci**

Radikální zákroky jako je kompletní menisektomie či subtotální menisektomie, způsobují rychlejší vznik degenerativních změn chrupavky (Kaya et al., 2018). Při poranění menisku dochází kromě mechanických změn v kolenním kloubu také ke změnám propriocepce. Důvodem je poškození mechanoceptorů vyskytujících se zejména v mediálním menisku, nejvíce v oblasti laterálního okraje. Ve své práci Van Der Esch a kol. (2013) ověřili souvislost mezi poškozením mediálního menisku při osteoartróze kolenního kloubu a zhoršenou propriocepcí kolenního kloubu. V závislosti na velikosti a počtu lézí mediálního menisku byla zhoršená schopnost určení polohy kolenního kloubu (statestezie). Také práce Jerosch a Prymka (1997) uvádí zhoršení reprodukce úhlu v kolenním kloubu při poškození mediálního menisku v porovnání se zdravou DK.

Artroskopické operace menisku snižují klinické příznaky poranění menisku, avšak mohou vést ke snížení propriocepce z kolenního kloubu. Nejvýhodnější z ohledu zachování propriocepce je sutura menisku, která zachovává co největší část menisku. Proti tomu při částečné menisektomii je větší pravděpodobnost snížení množství mechanoceptorů v menisku. Zhoršenou propriocepci operované DK u pacientů po parciální menisektomii po 1-2 letech od operace oproti neoperované DK popisuje Malliou a kol. (2012). Zhoršení propriocepce a posturální stability ve stoji na jedné DK u pacientů 3 měsíce po parciální menisektomii bez klinických potíží potvrzuje také práce Al-Dadah a kol. (2011). Bařar a kol. (2020) zjiřovali rozdíl v propriocepci u pacientů po parciální menisektomii a sutuře menisku se současným poraněním LCA. Po operaci dořlo ke zlepření propriocepce u obou skupin. Ve skupině pacientů, u kterých byla provedena menisektomie, byla schopnost statestie horří oproti zdravé DK při 45°, 60° a 75° flexe v kolenním kloubu. U pacientů se suturou menisku pouze při 60° flexi. Také v Lysholmově skórovacím dotazníku vykazovali lepří výsledky pacienti po sutuře menisku.

Alogenní transplantace menisku se zdá být výhodná pro zlepření vnímání polohy kolenního kloubu. Thijs a kol. (2006) uvádí, že i pões nevýrazné zlepření bolesti a funkčních schopností operované DK má transplantace alograftu menisku pozitivní efekt na zlepření propriocepce oproti předchozí menisektomii. Hodnocení bylo provedeno před operací a 6 měsíců po operaci. Autoři uvádí hypotetickou možnost, že při zavedení alotransplantátu může dojít k funkční reinervaci menisku. Tím se zvýří počet mechanoceptorů v kolenním kloubu, což způsobí zlepření propriocepce. Záleži ovšem na typu použitého řtěpu. Thijs a kol. (2006) použili pro transplantaci viabilní meniskus. U zmrazeného řtěpu by mohly být výsledky jiné v závislosti na množství zachovalých mechanoceptorů.

## **2.12 Vibrace**

Termínem vibrace označujeme kmitání hmotných částic okolo jejich rovnovážné polohy s určitou frekvencí, amplitudou a rychlostí. Vnímání vibrací je komplexní vjem zprostředkovaný receptory a dalšími strukturami nervového systému. Vliv vibrací na organismus je dán délkou působení, intenzitou a směrem vibrace. Může být modulován postavením končetin, hlavy, psychickým a fyzickým stavem. V praxi

je možné využívat celotělové či lokální vibrace. Lokální aplikace vibrací má však vliv na celý organismus (Paráková et al., 2008; Pavlů & Strachotová, 2011).

Mechanická vibrace aplikovaná na sval či šlachy, způsobuje opakované změny délky svalu, které jsou stimulem pro svalové vřetenko. Aktivují se tak Ia aferentní vlákna, která vedou aferentní informace o rychlých dynamických změnách délky svalu, ale i o dlouhodobých posturálních změnách svalu. Se změnami délky dochází ke vzniku depolarizačního potenciálu v závislosti na velikosti a rychlosti změny délky svalu. Při opakovaných změnách dochází k časové sumaci po sobě jdoucích potenciálů a vzniku akčního potenciálu. Pro depolarizaci Ia vláken stačí změna délky o malé amplitudě (1 mm), ale poměrně vysoké frekvenci (100 Hz). Depolarizace Ia vláken způsobí excitaci  $\alpha$ -motoneuronů a kontrakci svalů. Tento neurální okruh označujeme jako tonický vibrační reflex. Kromě této monosynaptické dráhy, je součástí tonického vibračního reflexu také polysynaptický okruh, který způsobuje zvýšení náboru motorických jednotek (Paráková et al., 2008). Tímto mechanismem je vysvětlován účinek na zvýšení svalové síly po aplikaci vibrace (Chanou, Gerodimos, Karatrantou, & Jamurtas, 2012).

Kromě vyvolání svalové kontrakce bývají současně během aplikace vibrací popisovány také iluze pohybu. Vysvětlením může být klesající aferentace ze svalového vřetenka během reflexní kontrakce, zatímco výboje z Golgiho orgánu jsou zvýšeny (Rittweger, 2010). Tím, že vibrace působí na svalové vřetenko, ale současně narušují informaci vedenou z Ia vláken může být vibrace v CNS vyhodnocena jako informace o narůstající délce svalu. Výrazněji se tyto vjemy projeví při vyloučení zrakové kontroly nebo při aplikaci na sval v protažení. To poukazuje na fakt, že vnímání polohy a pohybu končetin vychází z interakce více aferentních informací jako je propiocepce, hmat a zrak (Paráková et al., 2008).

Kromě svalového vřetenka registruje vibraci také Golgiho orgán. Ten působí prostřednictvím polysynaptického okruhu při aplikaci vibrace inhibičně na agonistický sval, ale excitačně na antagonistický sval. Tato interakce agonistů a antagonistů je výhodná pro udržení funkční stability segmentů (Chanou et al., 2012)

Obvykle se vibrace využívá pro zvýšení neuromuskulárního výkonu zdravých jedinců například ve sportovním tréninku, nebo v rehabilitační praxi. I přes časté použití nejsou fyziologické odpovědi na lokální vibraci zcela objasněny. Ačkoli dochází k excitačnímu účinku na  $\alpha$ -motoneurony, může docházet také k paradoxní inhibici, pokud

je vibrace aplikována delší dobu. Inhibice se projeví při elektromyografickém (EMG) vyšetření jako pokles H-reflexu (Škarabot, Mesquita, & Ansdell, 2019).

Bongiovanni, Hagbarth a Stjernberg (1990) vysvětluje inhibiční efekt prolongované aplikace vibrace na maximální volní kontrakci. Svaly vystavené prolongované vibraci vykazují snížení EMG aktivity a snížení aktivace motorických jednotek. Inhibice se vyvíjí v průběhu 1 minuty při ustálení vibrací a mizí 10-20 s po skončení. Útlum se zvyšuje s předcházejícím cvičením. Autoři tvrdí, že tento útlum nevzniká inhibicí  $\alpha$ -motoneuronů, ale omezením volních eferentních stimulů. Předpokládá se, že útlum vzniká v důsledku presynaptické inhibice a/nebo vyčerpáním mediátorů v excitačních drahách vláken Ia, které tvoří aferentní spojení k  $\alpha$ -motoneuronům. Novější studie zabývající se postvibračním útlumem maximální volní kontrakce předpokládá zvýšení kortikální inhibice s dlouhým intervalem u svalů vystavených vibraci. Aplikovaná vibrace v této práci byla o malé amplitudě (0,2-0,5 mm), aby nedošlo k aktivaci tonického vibračního reflexu či iluzi o pohybu. Závěrem autoři uvádí, že vibrační aferentní signály ze svalů mohou modulovat excitabilitu v motorických kortikálních okruzích (Rosenkranz & Rothwell, 2003).

### **2.12.1 Efekt vibrace v terapii**

Působení vibrace v terapii se využívá lokálně na svalové břicho nebo jeho šlachy nebo jako celotělová vibrace (Paráková et al., 2008). Vibrační terapie může být aplikována prostřednictvím vibračních činek, vibrační tyče, vibrační plošiny, lokálně na svalové břicho nebo přeneseně přes lana závěsného systému, ve kterém pacient provádí cviky. Přidání vibrace u cviků v závěsném systému narušuje stabilitu při cvičení a vyžaduje větší svalové úsilí (Gwon, Kim, & Oh, 2018; Pavlů, Pánek, & Čemusová, 2012; Pedro & Rhea, 2010).

Množství autorů uvádí pozitivní efekt vibrační terapie na zvýšení svalové síly či výkonu. Z přehledové studie Luo a kol. (2005) vyplývá, že dochází k okamžitému i dlouhodobému zlepšení svalové síly a výkonnosti. Výsledky jsou však závislé na charakteru vibrací, na způsobu aplikace, amplitudě a frekvenci, ale také na rozvržení cvičení. Amplituda a frekvence je určující pro vliv vibrace na neuromuskulární systém. Autoři uvádí, že pro nejefektivnější aktivaci svalů je ideální rozmezí frekvence 30-50 Hz. Stejně rozmezí frekvence je využíváno také při elektrogymnastice ve fyzikální terapii (Poděbradský & Poděbradská, 2009). Frekvence nižší než 20 Hz dle Rittweger,

Mutschelknauss a Felsenberg (2003) vyvolávají svalovou relaxaci, zatímco Luo a kol. (2005) uvádí, že při celotělové aplikaci vibrací by neměly být frekvence nižší než 20 Hz využívány kvůli možnosti rezonance lidského těla a rizika vzniku poranění.

Při porovnání dvou identických studií, které se liší pouze velikostí amplitudy (4 mm a 1 mm), se ukazuje vyšší amplituda výhodnější pro aktivaci svalů. V obou pracích byl hodnocen efekt 4minutového cvičení na vibrační plošině pomocí EMG parametrů. Hodnocenými svaly byly m. soleus a m. vastus lateralis. Při cvičení s vibracemi o vyšší amplitudě byl výraznější akutní reziduální efekt, projevující se signifikantně vyšší silou maximální volní kontrakce a výškou skoku (Luo et al., 2005). Výraznější efekt vibrační terapie o vyšší amplitudě vibrace potvrzuje i další práce s využitím amplitudy vibrace 6 mm (Rittweger et al., 2003).

Starší studie poukazují na rychlejší svalovou únavu při využití vibrační terapie, což je kontrastní k tvrzení jiných autorů, že aplikace vibrace na šlachu při současné izometrické kontrakci svalu způsobí akutní zvýšení výkonu a síly. Krátké salvy vibrací mohou navíc obnovit amplitudu EMG signálu ve svalu unaveném izometrickou kontrakcí. Toto zlepšení výkonu však trvá pouze 10 sekund a poté dochází opět ke zrychlenému postupu únavy svalu. Je nepravděpodobné, že by tato únava byla způsobena nedostatečností metabolického či transportního systému svalu. Stejná únava je pozorována také při krátkých přerušovaných maximálních kontrakcích a nepřetržité aplikaci vibrace. Svalovou inhibici po aplikaci vibrace pravděpodobně způsobuje presynaptická inhibice, kdy dochází ke zvýšení prahu dráždivosti motorických jednotek. Tato svalová únava ustupuje 10-20 s po skončení vibrace (Bongiovanni et al., 1990; Rittweger, 2010).

I když většina autorů potvrzuje pozitivní efekt cvičení se současnou aplikací vibrací na zvýšení svalové síly a výkonu (Delecuse, Roelants, & Verschueren, 2003; Pedro & Rhea, 2010; Rittweger, 2010), někteří autoři ve své práci tento efekt nezaznamenali (Cochrane, Legg, & Hooker, 2004). Pravděpodobně výraznější je zlepšení svalové síly z dlouhodobého hlediska, zatímco názory na akutní efekt vibrace se v literatuře liší (Chanou et al., 2012).

Ačkoli se předpokládá, že při využití celotělové vibrace může být ovlivněno větší množství svalových skupin, výhodou metody přímé vibrace je stimulace svalu bez snížení amplitudy vibrace. Vibrace přenášená na cílový sval je tedy o stejné amplitudě jako

vibrační zdroj. Největší efekt aplikované vibrace je na svaly blízko vibračního zdroje. Ve vzdálenějších svalech je efekt menší nebo žádný, kvůli postupnému snižování amplitudy při průchodu tkáněmi. Snižování amplitudy je pravděpodobně větší u vyšších frekvencí (Luo et al., 2005).

Review Chanou et al. (2012) uvádí využití celotělové vibrace (CV) také u neurologických onemocnění. Terapie CV byla zkoumána u Parkinsonovi nemoci, roztroušené sklerózy nebo míšních lézí. Broekmans a kol. (2010) neprokázali zlepšení funkčních kapacity a svalové síly u pacientů s roztroušenou sklerózou s průměrným stupněm na Kurtzkeho škále 4,3. Ve studii však autoři využili vibrace s amplitudou pouze 2,5 mm. Jak již bylo zmíněno výše, větší amplituda vibrací má výraznější efekt na zlepšení svalové síly (Luo et al., 2005; Rittweger, 2010). Nicméně ani studie Arias, Chouza, Vivas a Cudeiro (2009) neprokázala pozitivní efekt CV terapie na rovnováhu a chůzi u pacientů s Parkinsonovou nemocí. Většina autorů se shoduje, že terapie s CV má pozitivní efekt na zvýšení svalové síly u neurologických pacientů, a to jak krátkodobě, tak dlouhodobě avšak bez signifikantního rozdílu v porovnání s kontrolní skupinou (Schyns, Paul, Finlay, Ferguson, & Noble, 2009; Tihanyi, Horváth, Fazekas, Hortobágyi, & Tihanyi, 2007). Nelze tedy říct, že by terapie s CV byla výhodnější než jiná konvenční terapie (Chanou et al., 2012).

U starších pacientů se sníženou funkční soběstačností má terapie zahrnující cvičení se současnou CV pozitivní efekt na rovnováhu a mobilitu. Oproti kontrolní skupině došlo ke zlepšení skóre v timed up and go testu a hodnocení rovnováhy a chůze podle Tinnetiové (Bautmans et al., 2005).

Při aplikaci lokální vibrace (LV) se efekt příliš neliší od CV terapie. V přehledu Alghadir, Anwer, Zafar a Iqbal (2018) bylo zahrnuto 29 studií, které hodnotí efekt terapie s LV. Frekvence vibrací byla v uvedených studiích v rozmezí 8 až 300 Hz s amplitudou 0,4 až 6 mm. Nejčastěji byla ve studiích hodnocena svalová síla. Autoři se shodují na zvýšení svalové síly při cvičení s přidáním LV oproti kontrolní skupině bez aplikace vibrací (Couto, Silva, Barbosa, & Szmuchrowski, 2011; Silva, Couto, & Szmuchrowski, 2008).

Karatrantou, Gerodimos, Dipla a Zafeiridis (2013) se zabývali vlivem CV terapie na sílu flexorů a extenzorů kolenního kloubu, funkční poměr síly hamstring/quadriceps a vertikální skok. Hodnoty byly zjišťovány před a 2 dny po skončení 16 cvičebních

jednotek. Výsledky ukazují zlepšení izokinetické i izometrické svalové síly flexorů kolenního kloubu, a tedy i hamstring/quadriceps poměru u skupiny středně aktivních žen s průměrným věkem 20,5 let oproti kontrolní skupině. Zlepšení svalové síly hamstringů snižuje častou asymetrii v poměru hamstring/quadriceps. Autoři uvádí, že je tento typ cvičení vhodný jako prevence či rehabilitace u pacientů s poraněním měkkých tkání kolenního kloubu, především předního zkříženého vazů. Asymetrie v síle antagonistických svalových skupin kolenního kloubu může být přispívajícím faktorem pro vznik poranění kolenního kloubu. Zvýšení svalové síly hamstringů snižuje riziko vzniku poranění kolenního kloubu a zlepšuje funkční stabilitu kloubu (Aagaard, Simonsen, Trolle, Bangsbo, & Klausen, 1995).

Přestože pravidelné a dlouhodobé vystavování lidského těla vibracím může způsobovat bolesti pohybového aparátu, při terapeutickém využití může vibrace naopak bolest tlumit. Neurofyziologické vysvětlení snížení bolesti při aplikaci vibrací podává vrátková teorie bolesti dle Melzacka a Walla. Tato teorie je využívána také v elektroterapii s analgetickým efektem. Kromě tohoto vysvětlení mohou být do procesu vibracemi indukovaného tlumení bolesti zapojeny také supraspinální mechanismy (Rittweger, 2010). Předpokládá se tak proto, že u pacientů s komplexním regionálním bolestivým syndromem I, u kterého je pravděpodobně nesoulad v aferentních vstupech a programování motorických odpovědí na kortikální úrovni, došlo po terapii s LV bolestivé oblasti ke snížení bolesti o 50 % oproti kontrolní skupině (Gay et al., 2007).

Pozitivní efekt vibrace na snížení bolesti u pacientů s low back pain popisuje i Bednářiková, Smékal, Krejčířiková a Hanzlíková (2018). Ve své práci využili aplikaci LV prostřednictvím systému Redcord Stimula s frekvencí vibrací 20 Hz.

Muceli a kol. (2011) uvádí, že muskuloskeletální bolest je způsobena nedostatečnou koordinací svalové aktivity a nedostatečným množstvím propioceptivních informací z postiženého segmentu. Terapie s využitím LV nebo CV způsobuje aktivaci propioceptorů, zejména svalového vřeténka a GŠO, proto se zdá být jako vhodná u pacientů s muskuloskeletální bolestí.

V současných studiích se objevuje také využití vibrační terapie pro stabilizaci kolenního kloubu. Předpokládá se, že je terapie s využitím vibrací výhodná pro rehabilitaci po plastice LCA, kvůli zlepšení propiocepce z kolenního kloubu. Moezy a kol. (2008) ve své práci využili trénink s CV a hodnotili kinestezii v 30° a 60° pomocí

systemu Biodex dynamometer a pro hodnocení bilaterální posturální stability (anteroposteriorní, mediolaterální a index celkové stability) využili Biodex Stability System. Skupina s CV vykazovala ve všech měřených parametrech výraznější zlepšení než kontrolní skupina. Zajímavé je, že ke zlepšení propriocepce došlo na neoperované straně ve stejné nebo dokonce větší míře. Z toho vyplývá, že zlepšení propriocepce při vibrační terapii je spíše obecné povahy než specifické pro LCA štěp. Vliv vibrační terapie na zlepšení propriocepce kolenního kloubu potvrzují také další autoři (Han, Jung, Lee, & Kim, 2013). Při jednorázové aplikaci vibrace však ke zlepšení propriocepce dle Hannah, Minshull a Folland (2013) nedochází. Sañudo a kol. (2012) zjistili signifikantně kratší čas pro stabilizaci dolní končetiny při stoji na 1 DK bezprostředně po jednodominutovém stoji na vibrační plošině. Pro hodnocení stabilizace byly použity akcelerometry umístěné na laterální kondyl femuru a laterální kotník stojné DK a reflexní body umístěné v oblasti laterálního kotníku, laterálního kondylu femuru a velkého trochanteru snímané 2-D kamerovým systémem.

### 1. 13 Závěsný aparát Redcord

Závěsný aparát Redcord (Obrázek 11) se skládá ze systému závěsných lan, které jsou součástí posuvného traverzu na stropní konstrukci. Na konce lan se připevňují různé typy popruhů. Kromě závěsných lan lze využít také pružná lana, a to buď k odlehčení segmentu nebo vytvoření odporu pro prováděný pohyb. Díky odlehčení pomocí pružných lan lze jemně a plynule dávkovat zátěž cvičení. Systém umožňuje provádět cviky v uzavřeném i otevřeném kinematickém řetězci s využitím vlastní váhy těla (Anonymous a, n.d.).



Obrázek 11. Závěsný aparát Redcord (Kirkesola, 2009).

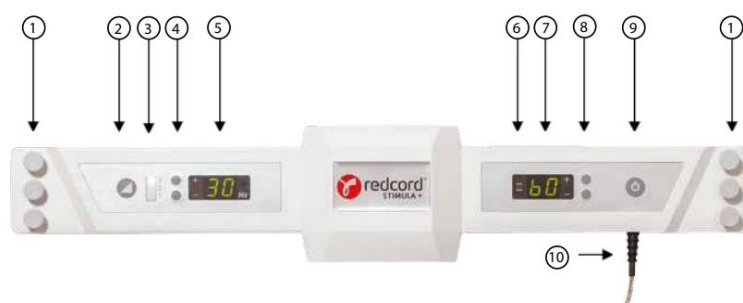
Terapeutická metoda využívající systém Redcord pocházející z Norska se nazývá Neurac. Neurac neboli Neuromuskulární aktivace zahrnuje diagnostiku a cvičení



v systému Redcord. Diagnostický proces má odhalit svalové dysbalance a „Weak Link“ (slabý článek) pohybového systému. Terapie je orientována na korekci Weak Link a snížení zátěže přetížených svalů. Neurac metoda využívá cviky s vlastní vahou ve všech rovinách v labilním prostředí lan. Díky tomu dochází k masivní neuromuskulární stimulaci. Cílem metody Neurac je zlepšení svalové souhry, odstranění bolesti muskuloskeletálního systému a obnovení funkčních motorických vzorů. Výhodou je možnost modifikace cviků od velmi lehkých až po cviky vhodné pro vrcholové sportovce (Kirkesola, 2009).

### ***Redcord Stimula***

Přístroj Redcord Stimula (Obrázek 11), patentovaný společností Redcord, vytváří kontrolovanou vibraci. Pro jeho použití v terapii se připevňuje na systém lan závěsného aparátu Redcord. Jednoduché ovládání umožňuje nastavit intenzitu ve 3 stupních, frekvenci (15–99 Hz) a dobu vibrace (0–99 s). Metoda Neurac využívá třístupňový model cvičení s využitím přístroje Redcord Stimula. V prvním stupni je pacient terapeutem nastaven do pozice, kdy je jeho tělo odlehčeno závěsným systémem s využitím pružných lan. Kontrolovaná vibrace je aplikována ve statické pozici. Cviky jsou postupně ztíženy odebráním odlehčení. Ve druhém stupni pacient vykonává dynamické pohyby z výchozí pozice. Ve třetím stupni pacient cvičí bez vibrací, které v předchozích dvou stupních slouží ke zmírnění bolesti (Kirkesola, 2009).



Obrázek 12. Popis přístroje Redcord Stimula (Anonymous b, n. d.).

(1 - lanové zavěšení, 2 – tlačítko pro regulaci úrovně energie (úrovně intenzity vibrací), 3 – indikátor pro úrovně energie (úrovně intenzity vibrací), 4 – tlačítko pro nastavení frekvence (+ -), 5 – displej pro zobrazení frekvence v Hz, 6 – symbol pro odpočítávání času, 7 – displej zobrazující nastavený / zbývající čas v sekundách, 8 – tlačítko pro nastavení času (+ -), 9 – tlačítko ON / OFF, 10 – pevně připojený kabel.

### **3 CÍLE A HYPOTÉZY**

#### **3.1 Cíl diplomové práce**

Cílem diplomové práce je posoudit, zda terapie u pacientů po artroskopické operaci kolenního kloubu s využitím systému Redcord Stimula má lepší efekt na funkční stav a rozsah pohybu operované dolní končetiny v porovnání s konvenční terapií.

#### **3.2 Hypotézy**

**H<sub>01</sub>:** Není statisticky významný rozdíl v efektu konvenční terapie a terapie s využitím systému Redcord Stimula na funkční stav dolní končetiny u pacientů po artroskopické operaci kolenního kloubu.

**H<sub>01</sub>:** Není statisticky významný rozdíl v efektu konvenční terapie a terapie s využitím systému Redcord Stimula na hodnoty vizuální analogové stupnice u pacientů po artroskopické operaci kolenního kloubu.

#### **3.3 Výzkumná otázka**

**V<sub>1</sub>:** Dochází při terapii s využitím systému Redcord Stimula u pacientů po artroskopické operaci kolenního kloubu k výraznějšímu ovlivnění rozsahu pohybu kolenního kloubu v porovnání s konvenční terapií?

## **4 METODIKA**

Studie byla provedena formou kvantitativního výzkumu se statistickým zpracováním dat. Jedná se o klinickou experimentální (kvazi-experiment) randomizovanou dvojitě zaslepenou studii. Terapeut č. 1 náhodně rozdělil pacienty do kontrolní a experimentální skupiny. Terapeut č. 2 provedl vstupní a výstupní vyšetření bez znalosti rozdělení pacientů do skupin. Terapeut č. 3 provedl terapii kontrolní i experimentální skupiny v rozsahu 10 třicetiminutových cvičebních jednotek. Terapeut č. 3 neznal výsledky vyšetření a dotazníků prováděné terapeutem č. 2.

### **4.1 Charakteristika výzkumného souboru**

Do výzkumného souboru bylo zahrnuto 14 probandů po artroskopické operaci kolenního kloubu z důvodu léze mediálního menisku. Probandi absolvovali rehabilitaci v RRR centru – Centrum léčby bolestivých stavů a pohybových poruch v Olomouci. Výzkumný soubor se skládal ze 7 mužů a 7 žen ve věku od 20 do 67 let. Průměrný věk probandů byl 44,6 let. Výzkum probíhal v období červen 2020–březen 2021.

Probandi byli náhodně rozděleni terapeutem č. 1 do kontrolní (K) a experimentální (E) skupiny. Věkové rozmezí probandů ve skupině E bylo 21–67 let s průměrným věkem 47,4 let. Ve skupině K byl průměrný věk 41,9 let ve věkovém rozmezí 20-53 let.

Všichni probandi byli odesláni na rehabilitaci pro ošetření pooperačního stavu artroskopie kolenního kloubu. Celkem u 10 pacientů byla provedena parciální menisektomie mediálního menisku. Z toho u 6 pacientů se jednalo o operaci pravého KOK, u 4 pacientů levého KOK. U jednoho pacienta byla současně s parciální menisektomií mediálního menisku levého KOK odstraněna synoviální plika. U jednoho pacienta byla provedena subtotální menisektomie mediálního menisku pravého KOK. Dvěma pacientům byla provedena sutura mediálního menisku pravého KOK. Pouze u jednoho pacienta se jednalo o poranění laterálního menisku pravého KOK, které bylo řešeno parciální menisektomií. Terapie byla zahájena do 14 dnů od operace. Vylučovacím kritériem bylo současné poranění zkřížených či postranních vazů kolenního kloubu.

#### **4.1.1 Informovanost účastníků výzkumu**

Všichni účastníci byli při prvním setkání seznámeni s průběhem a jednotlivými částmi výzkumného projektu. Byly jim vysvětleny jednotlivé části výzkumu: vstupní vyšetření s odebráním anamnézy a provedením kineziologického rozboru, vyplnění

Lysholmova skórovacího dotazníku a vizuální analogové stupnice bolesti (VAS), vyšetření pomocí přístroje Biodex balance System (BBS), průběh cvičební jednotky a výstupní vyšetření zahrnující kineziologický rozbor, vyplnění Lysholmova dotazníku a VAS a vyšetření na BBS. Každý účastník podepsal informovaný souhlas o dobrovolné účasti na studii (Příloha 1), schválený Etickou komisí FTK UP (Příloha 2).

## **4.2 Metodika vyšetření**

Při vstupním vyšetření byla pacientům odebrána anamnéza a provedeno vstupní kineziologické vyšetření s hodnocením celkového držení těla a chůze. Pozornost byla věnována především funkčnímu stavu dolních končetin (DKK), zejména stavu operované DK. Pro objektivní hodnocení stavu bylo provedeno měření aktivního a pasivního rozsahu pohybu kolenního kloubu dvouramenným goniometrem. Dále byl měřen obvod kolenního kloubu přes patelu, u experimentální skupiny byl měřen navíc obvod 10 cm nad patelou a přes tuberositas tibiae. U experimentální skupiny byla také měřena svalová síla dle Jandova svalového testu pro extenzorovou a flexorovou skupinu svalů kolenního kloubu. Součástí vstupního vyšetření bylo také vyplnění Lysholmova skórovacího dotazníku a vizuální analogové stupnice bolesti. Současně byli probandi vyšetřeni na přístroji BBS, kde byly využity tři programy: limity stability, test posturální stability, riziko pádu. Data z tohoto přístroje budou zveřejněna a zpracována v samostatné práci.

Po absolvování 10 terapií bylo provedeno výstupní vyšetření. Opět byly vyplněny dotazníky (VAS a Lysholmův skórovací dotazník), provedeno kineziologické vyšetření, měření rozsahu pohybu, obvodů a svalové síly. Výstupní vyšetření opět zahrnovalo i testování na přístroji BBS.

### **4.2.1 Lysholmův skórovací dotazník**

Lysholmův skórovací dotazník (Příloha 3) byl poprvé prezentován v roce 1982 a původně zahrnoval pouze subjektivní položky. Nyní se skládá z 8 položek s maximálním skórem 100 bodů. Při dosažení skóre 100 bodů se jedná o bezpříznakového pacienta. Jsou hodnoceny tyto položky: kulhání, berle, zablokování kolene, podklesávání kolene, bolest, otok, chůze do schodů, dřep. U každé otázky jsou nabídnuté možnosti s příslušným počtem bodů, z nichž je vždy vybrána pouze jedna (Briggs, Kocher, Rodkey, & Steadman, 2006; Briggs et al., 2009)

Lysholmův dotazník je zaměřený na funkční stav pacienta po operaci či poranění kolenního kloubu. Využívá se například u pacientů po poranění LCA (Briggs et al., 2009), při lézi menisků a jejich operaci (Al-Dadah et al., 2011, Briggs et al., 2006), modifikovanou formu je možné využít u pacientů s poškozením chrupavky kolenního kloubu (Smith, Richardson, & Tennant, 2009). Ozel, Yucel, Mutli, Orman a Mutlu (2017) jej využili také pro hodnocení klinického stavu po klínové tibiální osteotomii.

#### **4. 2. 2 Vizuální analogová stupnice bolesti**

Vizuální analogová stupnice bolesti (Příloha 4) je využívána k zaznamenání subjektivně vnímané intenzity bolesti. Pacienti zaznamenávají bod na 10 cm dlouhé úsečce, který koreluje s intenzitou jejich bolesti. 0 znamená bez bolesti, 10 maximální bolest, jakou si dovedou představit. Pro svou jednoduchost je VAS nejběžněji využívaným nástrojem pro zhodnocení analgetického účinku různé terapie (Reed & Van Nostran, 2014).

#### **4. 3 Metodika terapie**

V rámci studie probandi absolvovali sérii deseti 30minutových cvičebních jednotek. Terapie byla realizována v souladu se zásadami pooperačního stavu kolenního kloubu a doporučení ošetřujícího lékaře. Pro každého jedince byl sestaven individuální rehabilitační plán přizpůsobený stavu pacienta. U experimentální skupiny byly do terapie navíc zařazeny 2 cviky s využitím systému Redcord Stimula. V kontrolní skupině byly tyto cviky nahrazeny jejich alternativou bez vibrační složky a závěsného systému. Jednotlivé cviky byly do terapie zasazeny, jakmile byly pacientem tolerovány.

##### ***Cviky v závěsném systému Redcord s využitím Redcord Stimula***

Prvním cvikem prováděným v závěsném systému byl cvik v poloze v leže na zádech. Závěsný systém byl umístěn v úrovni kolenních kloubů. Pacientovy DKK byly zavěšeny do popruhů na pevných lanech s oporou DKK o patu. Horní končetiny byly uloženy volně podél těla. Pacient provedl elevaci pánve a poté prováděl pohyb do trojflexe střídavě operované a neoperované DK. Operovaná končetina tak byla zapojena do fázičké i opěrné funkce. Pokud bylo udržení elevace pánve pro pacienta příliš náročné, byla použita červená pružná lana s popruhem pod pánev. Současně byly aplikovány vibrace systémem Redcord Stimula. U kontrolní skupiny byl tento cvik

nahrazen posouváním operované DK po podložce do trojflexe s overballem umístěným pod patou v poloze v leže na zádech.

Druhý cvik na závěsném systému byl prováděn z výchozí polohy v leže na břiše. Závěsný systém byl umístěn opět v úrovni kolenních kloubů. Kotníky byly umístěny do popruhů na pevných lanech. Výška závěsu kotníků byla zvolena, tak aby bylo možné provést následně flexi v kolenních a kyčelních kloubech. Pacient v opoře o předloktí či dlaně přitahoval střídavě DKK pod sebe. Při potížích s udržení požadované pozice ve vzporu byl umístěn pod pánev popruh na červených pružných lanech. Současně byly aplikovány vibrace systémem Redcord Stimula. U pacientů v kontrolní skupině byl tento cvik nahrazen cvikem s využitím gymballu. Pacient s oporou horních končetin o dlaně a gymballem umístěným pod bérce postupně přitahoval DKK do flexe se současným posouváním gymballu pod sebe.

Uvedené cviky byly prováděny ve 3 sériích po 4, 6, 8, až 10 opakováních dle aktuální kondice a stavu pacienta. Vibrace byly aplikovány systémem Redcord Stimula, který byl umístěn na pevných závěsných lanech ve vzdálenosti 40 cm od závěsného oka. Nastaven byl mírný stupeň vibrace a frekvence 50 Hz. Vibrace byly přenášeny přes pevná závěsná lana.

### ***Cvičební jednotka druhý týden po operaci***

- Byly aplikovány měkké techniky pro ošetření pooperačních jizev a zjištěných reflexních změn okolních svalů a mobilizace pately,
- posouvání operované DK po podložce do 90° flexe v koleni (KOK) s overballem,
- cviky v uzavřeném kinematickém řetězci (CKC) – sed na gymballu, dril m. quadriceps femoris (QF) v sedě na lehátku s DKK v extenzi, operovaný KOK podložený overballem v semiflexi – pacient provádí tlak do overballu za současné extenze KOK, tento cvik byl prováděn i ve variantě se zevní rotací v kyčelním kloubu,
- podpoření plného rozsahu pohybu do extenze v sedě na lehátku s extendovanými DKK, operovaná DK podložena pod patou, pacient provádí extenzi pro dosažení plného rozsahu pohybu do extenze,
- nácvik či korekce chůze o berlích,
- nácvik tzv. „malé nohy“ v sedě,

- aplikace fyzikální terapie – elektrogymnastika m. vastus lateralis et medialis spojenými impulzními proudy pomocí vakuových elektrod, 1. okruh m. vastus lateralis, 2. okruh m. vastus medialis, doba aplikace 10 min. v intenzitě prahově motorické.

#### ***Cvičební jednotka třetí týden po operaci***

- Postupně byla zvyšována zátěž dle tolerance pacienta a doporučení lékaře na 50 %, 75 %, 90 % až 100 % váhy pacienta,
- ošetření pooperačních jizev a reflexních změn v okolních svalech měkkými technikami a mobilizace pately,
- zvyšování rozsahu KOK do flexe s využitím muscle energy technique na m. QF,
- cviky v CKC – opora zády o stěnu s 60° flexí v KOK, vstávání do stoje z vysokého sedu, v leže na zemi s DKK v trojflexi s oporou chodidel o stěnu tlak do stěny,
- pacientům v experimentální skupině byl přidán cvik v závěsném systému s Redcord Stimula v poloze na zádech v rozsahu pohybu do 120° flexe v KOK, pacienti v kontrolní skupině vykonávali modifikaci tohoto cviku s overballem,
- aplikace fyzikální terapie – viz výše.

#### ***Cvičební jednotka čtvrtý týden po operaci***

- Využití technik z předchozích terapií,
- cviky v CKC – přidání dřepů do 90° flexe v kolenních kloubech, vstávání z vysokého sedu do stran,
- senzomotorické cvičení – nácvik korigovaného stoje dle Jandy, přenášení váhy latero-laterálně a antero-posteriorně,
- využití metody propioceptivní neuromuskulární facilitace 1. diagonála, flekční vzor, extenční varianta, techniky rytmická iniciace a zvrát agonistů,
- cvičení v závěsném systému s Redcord Stimula v poloze na zádech v plném rozsahu pohybu a nácvik pronační polohy u pacientů v experimentální skupině, v kontrolní skupině pacienti prováděli modifikované cviky s využitím gymballu a overbalu.

#### ***Cvičební jednotka pátý týden po operaci***

- Využití technik z předchozích terapií,

- přidán stretching m. QF a hamstringů,
- senzomotorické cvičení – ná kroky vpřed a do stran, stoj na 1 DK, výpady dle tolerance pacienta,
- využití metody propioceptivní neuromuskulární facilitace 1. diagonála, flekční vzor, extenční varianta, techniky kombinace izotonických kontrakcí a rytmická stabilizace,
- cviky v závěsném systému s Redcord Stimula v poloze na zádech a na bříše v plném rozsahu pohybu v experimentální skupině, u kontrolní skupiny modifikace cviků s využitím gymballu a overballu.

#### ***Cvičební jednotka šestý a sedmý týden po operaci***

- Využití předcházejících technik a cviků,
- korigovaný stoj, přenášení váhy a stoj na 1 DK na balanční podložce Airex, podle tolerance pacienta zařazeny ná kroky či výpady na balanční podložku,
- využití balančních pomůcek – bosu
- cviky v závěsném systému s Redcord Stimula v poloze na zádech i na bříše v plném rozsahu pohybu v experimentální skupině, u kontrolní skupiny modifikace cviků s využitím gymballu a overballu.

#### **4.4. Statistické zpracování dat**

Hodnoty rozsahu pohybu, VAS a Lysholmovy škály získané při vstupním a výstupním vyšetření byly zapsány do programu Excel Office 365, kde byly vypočteny průměrné hodnoty všech parametrů. Dále byly hodnoty zpracovány v programu STATISTICA 14.0.0. Pro testování obou hypotéz byl použit Mann-Whitneyův test.



## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Výsledky k hypotéze H<sub>01</sub>

**H<sub>01</sub>:** Není statisticky významný rozdíl v efektu konvenční terapie a terapie s využitím systému Redcord Stimula na funkční stav dolní končetiny u pacientů po artroskopické operaci kolenního kloubu.

Pro určení funkčního stavu operované dolní končetiny byl využit Lysholmův skórovací dotazník. V tabulce 1 je uvedena základní statistická charakteristika zjištěného skóre experimentální a kontrolní skupiny. U kontrolní skupiny je výraznější rozdíl průměrného skóre před a po terapii než u skupiny experimentální, avšak průměrné skóre experimentální skupiny po terapii je o 7,1 bodu vyšší než u kontrolní skupiny.

K ověření hypotézy H<sub>01</sub> byl použit Mann-Whitneyův test (Tabulka 2) pro dvě nezávislé skupiny (kontrolní a experimentální). Při hladině statistické významnosti  $p < 0,05$  není dle tohoto testu statisticky významný rozdíl v Lysholmově skóre mezi kontrolní a experimentální skupinou. Na základě tohoto výsledku byla hypotéza **H<sub>01</sub> přijata**.

**Tabulka 1.** Skóre Lysholmova dotazníku, popisná statistika

Skupina	Počet	M1 ± SD	M2 ± SD	M2 - M1
<b>Experimentální</b>	7	71,1 ± 6,6	91,4 ± 5,3	20,3
<b>Kontrolní</b>	7	59,7 ± 22,5	84,3 ± 14,2	24,6

*Vysvětlivky:* M1 – průměrné skóre před terapií

M2 – průměrné skóre po terapii

SD – směrodatná odchylka

**Tabulka 2.** Skóre Lysholmova dotazníku, Man-Whitneyův test pro skupinu E a K

	Z-skóre	P-hodnota
<b>Skóre před terapií</b>	0,702764	0,482203
<b>Skóre po terapii</b>	0,383326	0,701478

### 5.2 Výsledky k hypotéze H<sub>02</sub>

**H<sub>02</sub>:** Není statisticky významný rozdíl v efektu konvenční terapie a terapie s využitím systému Redcord Stimula na hodnoty vizuální analogové stupnice u pacientů po artroskopické operaci kolenního kloubu.

V tabulce 3 je uvedena základní statistická charakteristika hodnot VAS u experimentální a kontrolní skupiny. Dle výsledků Mann-Whitneyova testu není statisticky významný rozdíl v hodnotách VAS mezi kontrolní a experimentální skupinou po terapii (Tabulka 3). Na základě těchto výsledků byla hypotéza **H<sub>02</sub> přijata**

**Tabulka 3.** VAS, popisná statistika

Skupina	počet	M1 ± SD	M2 ± SD	M2 - M1
<b>experimentální</b>	7	2,7 ± 2,1	0,3 ± 0,5	2,4
<b>kontrolní</b>	7	2,9 ± 1,6	0,1 ± 0,3	2,7

*Vysvětlivky:* M1 – průměrná hodnota před terapií

M2 – průměrná hodnota po terapii

SD – směrodatná odchylka

**Tabulka 4.** VAS, Man-Whitneyův test pro skupinu E a K

	Z-skóre	P-hodnota
<b>Skóre před terapií</b>	0,000000	1,000000
<b>Skóre po terapii</b>	0,383326	0,701478

### 5.3 Výsledky k výzkumné otázce V<sub>1</sub>

**V<sub>1</sub>:** Dochází při terapii s využitím systému Redcord Stimula u pacientů po artroskopické operaci kolenního kloubu k výraznějšímu ovlivnění rozsahu pohybu kolenního kloubu v porovnání s konvenční terapií?

V tabulce 5 je uvedena základní statistická charakteristika naměřených hodnot rozsahu pohybu kolenního kloubu. Průměrný aktivní i pasivní rozsah pohybu do flexe v kolenním kloubu dosahoval větších hodnot u kontrolní skupiny, a to jak před terapií, tak po terapii. Rozdíl hodnot výstupního měření byl podle Mann-Whitneyova testu statisticky významný a průměrně byl tento rozdíl 7°. Rozdíl mezi skupinami při vstupním měření byl v průměru 27°, ale nebyl statisticky významný. U experimentální skupiny sice došlo průměrně k výraznějšímu zvýšení rozsahu pohybu po terapii oproti kontrolní skupině, ale to lze předpokládat pro nižší vstupní hodnoty rozsahu pohybu. Z uvedených výsledků nelze uvažovat o výraznějším efektu systému Redcord Stimula na aktivní rozsah pohybu do flexe v kolenním kloubu. Nicméně vzhledem k malému výzkumnému souboru by bylo vhodné ověřit tento výsledek rozsáhlejší studií. Případně by bylo zajímavé

provést dlouhodobější sledování pro zjištění, jestli dojde ke srovnání rozsahu pohybu mezi skupinami.

**Tabulka 5.** Rozsah pohybu operovaného kolenního kloubu, popisná statistika

	skupina	M1 ± SD	M2 ± SD	M2 - M1
<b>FLX aktivní</b>	E	90,7 ± 24,7	130 ± 4,6	39,3
	K	117,9 ± 18,7	137,1 ± 5,2	19,3
<b>FLX pasivní</b>	E	101,4 ± 16,6	135,7 ± 3,2	34,3
	K	122,9 ± 17,3	139,3 ± 4,9	16,4
<b>EX aktivní</b>	E	0	0	0
	K	0	0	0
<b>EX pasivní</b>	E	0	0	0
	K	0	0	0

*Vysvětlivky:* M1 – průměrné skóre před terapií

M2 – průměrné skóre po terapii

SD – směrodatná odchylka

FLX – flexe

EX – extenze

E – experimentální skupina

K – kontrolní skupina

Hodnoty jsou uvedeny ve stupních

**Tabulka 6.** Rozsah pohybu, Man-Whitneyův test pro skupinu E a K

	Před terapií		po terapii	
	Z-skóre	P-hodnota	Z-skóre	P-hodnota
<b>FLX aktivní</b>	-1,66108	0,096699	-2,29996	0,021451*
<b>FLX pasivní</b>	-1,59719	0,110224	-1,14998	0,250154
<b>EX aktivní</b>	0,00	1,000000	0,00	1,000000
<b>EX pasivní</b>	0,00	1,000000	0,00	1,000000

*Vysvětlivky:* FLX – flexe

EX – extenze

\*p < 0.05 mezi kontrolní e experimentální skupinou

## 6 DISKUZE

Smyslem této diplomové práce bylo zhodnotit efekt kinezioterapie doplněné o cviky ve vibračním závěsném systému Redcord Stimula na funkční stav kolenního kloubu po artroskopické operaci z důvodu poranění menisku. Podnětem pro tuto práci byly studie, které popsaly souvislost mezi poraněním menisku a poruchou propriocepce. Nejčastěji byla porucha propriocepce testována schopností reprodukce úhlu v kolenním kloubu (statestzie) (Al-Dadah et al., 2011; Başar et al., 2020; Jerosch & Prymka, 1997; Malliou et al., 2012; Van Der Esch et al., 2013). Propriocepce je nezbytná pro přesnou modulaci svalové aktivity, díky níž zajišťuje adekvátní neuromuskulární kontrolu polohy a pohybu kolenního kloubu během pohybových úkolů, a tím přispívá ke stabilitě kloubů. Příčinou zhoršené propriocepce je poškození mechanoceptorů uložených v kloubním pouzdře, ligamentech a meniscích (Lephart & Fu, 2000). Podle některých autorů může být důsledkem nedostatečné propriocepce limitace aktivit či vznik bolesti (Esch et al., 2013), zatímco jiná práce uvádí, že deficit propriocepce nemá dopad na funkční stav kolene (Bennell et al., 2003). Podle Esch a kol. (2007) dojde ke zhoršení funkčního stavu, pouze pokud je při poruše propriocepce také oslabení aktivních stabilizátorů kolenního kloubu, které je při poranění či operaci menisku časté.

Podle Başar a kol. (2020) je pro obnovení či zachování co nejlepší propriocepce kolenního kloubu z hlediska operace výhodnější sutura menisku než parciální menisektomie. U obou zmíněných technik došlo po operaci ke zlepšení propriocepce i funkčního stavu dle Lysholmova skórovacího dotazníku oproti předoperačnímu stavu. Skupina, která podstoupila suturu menisku, měla oproti skupině s menisektomií lepší výstupní Lysholmovo skóre průměrně o 5 bodů. Při testování statestzie přetrvával deficit pouze při flexi kolenního kloubu 60°, zatímco u skupiny s parciální menisektomií byl deficit při 45°, 60° a 75° i když ne tak výrazný jako před operací. Starší studie (Al-Dadah et al., 2011; Malliou et al., 2012) popisují naopak zhoršení propriocepce u pacientů po parciální menisektomii.

Kromě negativních účinků při nadměrném či dlouhodobém vystavování lidského těla vibracím, se v posledních letech pozornost obrací zejména na pozitivní vliv vibrace při vhodném využití v terapii (Kučera & Hlaváč, 2011; Luo et al., 2005). Z neurofyziologického hlediska dochází při aplikaci vibrace k dráždění mechanoceptorů, registrujících změnu délky svalu a šlachy během vibrace. Těmito receptory jsou svalová

vřeténka a Golgiho šlachové orgány. Při jejich podráždění dochází k aktivaci monosynaptických a polysynaptických nervových okruhů, které označujeme jako tonický vibrační reflex. Monosynaptická část způsobí depolarizaci aferentních Ia vláken, které excitují  $\alpha$ -motoneurony synergistického svalu a způsobí jeho kontrakci. Polysynaptický okruh je zodpovědný za zvýšení náboru motorických jednotek (Paráková et al., 2008). Důsledkem aktivace Golgiho šlachového orgánu dochází ke kontrakci antagonistického svalu, zatímco agonista je inhibován. Tato interakce agonisty a antagonisty je nezbytná pro kloubní stabilitu (Luo et al., 2005).

Vibrace byly nejprve používány ruskými vědci, kteří je kombinovali s odporovým tréninkem ve snaze dosáhnout lepšího neuromuskulárního výkonu oproti klasickému odporovému cvičení (Luo et al., 2005). V současnosti je vibrační terapie nejčastěji využívána pro zvýšení svalové síly a výkonu a snížení bolesti (Delecuse, Roelants, & Verschueren, 2003; Pedro & Rhea, 2010; Rittweger, 2010). Některé práce uvádí i pozitivní efekt vibrační terapie pro zlepšení rovnováhy a mobility u starších pacientů se sníženou funkční soběstačností (Bautmans et al., 2005).

Účinky vibrací do velké míry závisí na zvolené frekvenci, amplitudě vibrací a způsobu aplikace. Frekvence vibrací v této práci byla nastavena na 50 Hz. Z dostupných zdrojů jsou pro aktivaci svalů nejčastěji používané frekvence 30-50 Hz (Hannah et al., 2013; Luo et al., 2005; Melnyk, Kofler, Faist, Hodapp, & Gollhofer, 2008). Kihlberg, Attebrant, Gemne a Kjellberg (1995) ve své práci hodnotili vliv vibrací o frekvenci 137 Hz a 50 Hz na EMG aktivitu svalů předloktí. Z výsledků jejich studie vyplývá, že při frekvenci 50 Hz vzniká ve svalech vyšší EMG aktivita oproti frekvenci 137 Hz. K podobnému závěru došli také Jackson a Turner (2003), kteří zjistili, že ihned po prolongované aplikaci vibrace o frekvenci 30 Hz dochází ke snížení maximální volní kontrakce výrazněji než při frekvenci 120 Hz. Z větší míry svalové únavy lze dle Luo a kol. (2005) předpokládat také jejich efektivnější aktivaci během vibrace. Kim, Oh a Yoo (2014) ve své práci porovnávali efekt vibrace o frekvencích 30, 50 a 90 Hz aplikovaných prostřednictvím lan závěsného systému Redcord z vibračního zdroje Redcord Stimula na EMG aktivitu m. serratus anterior. Probandi byli během měření v poloze planku, přičemž horními končetinami se opírali o popruhy systému Redcord a dolní končetiny byly v opoře o podložku. Autoři došli k závěru, že při aplikaci vibrace o frekvenci 50 Hz je statisticky významný rozdíl EMG aktivity m. serratus anterior při srovnání EMG svalu bez vibrace. U ostatních frekvencí nebyl tento rozdíl statisticky významný.

Nastavení amplitudy systém Redcord Stimula neumožňuje, ale je možné zvolit mezi třemi stupni intenzity vibrací. Pro tuto práci byla zvolena nejnižší intenzita vibrací, protože vyšší stupně intenzity vibrací byly pacienti při prvních terapiích vnímány nepříjemně. V dostupných studiích je nejčastěji používána amplituda 4-6 mm (Luo et al., 2005; Melnyk et al., 2008; Moezy et al., 2008)

Délka aplikace vibrace byla určena počtem opakování cviků v závěsném systému podle kondice pacienta, nejdéle však 60 s v kuse po třech sériích dvou cviků. Celkem tedy maximálně 6 x 60 s. Podobné časy se vyskytovaly také v šesti studiích, které uvádí Luo a kol. (2005). Při použití delších aplikačních časů dochází bezprostředně po aplikaci ke snížení maximální volní kontrakce. Autoři Jackson a Turner (2002) a Kouzaki, Shinohara a Fukunaga (2000) popsali útlum svalové aktivity při aplikačním čase 30 minut.

V dostupných studiích se výrazně neliší efekt vibrace aplikované lokálně na sval či šlachy od vibrace celotělové prostřednictvím vibrační plošiny. Častěji se v literatuře vyskytuje využití celotělové vibrace. V rámci této diplomové práce byla aplikována lokální vibrace přenášená přes lana závěsného systému Redcord, přičemž pacienti se opírali do závěsného lana v oblasti patní kosti v supinační poloze, v pronační poloze pak v oblasti talokrurálního skloubení. Při lokální aplikaci je vibrace přenášena na cílový sval o stejné amplitudě jako vibrační zdroj. Na rozdíl od celotělové vibrace, kde sice může být ovlivněno více svalových skupin, ale s rostoucí vzdáleností od zdroje dochází ke snižování amplitudy a tím i účinků vibrace (Luo et al., 2005). Při použití zařízení Redcord Stimula je ale vibrace přenášena přes závěsná lana, v důsledku toho má pravděpodobně vibrace přenášená na cílovou oblast rozdílnou amplitudu od vibračního zdroje.

Cvičení v závěsném systému umožňuje jemné nastavení zátěže prováděných cviků pomocí odlehčení částí těla. Cvičení v labilním prostředí lan ale klade vyšší nároky na stabilizaci cvičených segmentů, a tím zvyšuje neuromuskulární koordinaci (Kirkesola, 2009). Cvičení v závěsném systému je často využíváno u pacientů s nespecifickou bolestí zad, kde se předpokládá nedostatečná stabilizace a propiocepce segmentů bederní páteře (Lee et al., 2014). Pozitivní efekt cvičení v závěsném systému pozorovali Linek a kol. (2016), kteří použili NEURAC metodu pro zlepšení funkčních pohybových schopností u volejbalistů. U probandů došlo ke statisticky významnému rozdílu v hodnotách

Functional Movement Screen (baterie motorických testů umožňující posoudit pohybový deficit) po absolvovaném osmítýdenním cvičení, které probíhalo dvakrát týdně. Cvičení v závěsném systému doplněné o vibrace ještě více narušuje stabilitu a klade vyšší nároky na neuromuskulární stabilizaci (Kirkesola, 2009). Bednářiková a kol. (2018) ve své práci uvádí pozitivní efekt terapie v závěsném systému Redcord s využitím vibračního systému Redcord Stimula u pacientů s nespecifickou bolestí dolní části zad na snížení bolesti, ale i zlepšení kvality provedení testů na hluboký stabilizační systém. Proti tomu Yoo a Lee (2012) nezjistili významný rozdíl v efektu terapie v závěsném systému oproti kontrolní skupině u pacientů s bolestmi dolní části zad. Z rozdílných výsledků těchto dvou prací lze usuzovat na pozitivní vliv vibrace přidané ke cvičení v závěsném systému.

Cílem této diplomové práce bylo posoudit, zda kinezioterapie s využitím vibračního zařízení Redcord Stimula bude mít výraznější efekt na zlepšení funkčního stavu a rozsahu pohybu než konvenční kinezioterapie u pacientů po artroskopické operaci z důvodu poranění menisku. Tato práce navazuje na diplomovou práci Pala (2020), ve které nebylo kvůli malému výzkumnému souboru provedeno statistické zpracování. Při porovnání výsledných hodnot skóre Lyholmova dotazníku a rozsahů pohybu mezi jednotlivými pacienty měli pacienti v experimentální skupině větší rozdíly hodnot před terapií a po terapii oproti kontrolní skupině. Rozsah pohybu byl u experimentální skupiny při výstupním vyšetření větší nebo stejný jako u skupiny bez vibrační terapie. V návaznosti na zjištěné výsledky má tato diplomová práce určit, zda se jedná o statisticky významné rozdíly při větším počtu probandů. Přestože praktická část výzkumu probíhala téměř rok, do studie bylo nakonec zapojeno celkem pouze 14 pacientů, kteří byli náhodně rozděleni do kontrolní a experimentální skupiny. Součástí vstupního i výstupního vyšetření bylo měření na přístroji Biodex Balance System, kde byli použity tři testovací programy: limity stability, test posturální stability, riziko pádu. Kompletní výsledky tohoto měření budou dostupné v samostatné diplomové práci, zde budou prezentovány jen částečně.

Všichni probandi zapojení do studie diplomové práce docházeli do ambulantního zařízení RRR centrum v Olomouci, kde byla prováděna terapie. U všech pacientů byla indikována rehabilitace pro pooperační stav kolenního kloubu pro poranění menisku. Častější výskyt poranění mediálního menisku oproti laterálnímu potvrzuje i tato práce, kde ze 14 pacientů byl mediální meniskus poraněn u 13 pacientů. Nejčastější ošetření bylo parciální menisektomií a to u 11 pacientů, jeden pacient podstoupil subtotální

menisektomii a u dvou pacientů byla provedena sutura trhliny menisku. Zastoupení počtu mužů a žen bylo v této studii shodné. Vylučovacím kritériem bylo poranění jiných stabilizátorů kolenního kloubu jako je poranění zkřížených či postranních vazů pro jiný postup rehabilitace u tohoto typu poranění.

Při vstupním i výstupním vyšetření byl u všech pacientů vyplněn Lysholmův skórovací dotazník. U obou skupin došlo ve všech osmi hodnocených oblastech ke zlepšení průměrného skóre (Příloha 5, 6). Dle Wilcoxonova testu bylo statisticky významné zlepšení u položky berle/hole u experimentální skupiny (Příloha 7), kde byl rozdíl průměrného skóre před terapií a po terapii 3 body. Výstupní průměrné skóre v této oblasti bylo stejné pro kontrolní i experimentální skupinu. Statisticky významná změna byla také v oblasti hodnocení chůze do schodů s průměrným zlepšením o 2,9 bodů. Výstupní skóre bylo v této oblasti o 1,1 bodů vyšší u experimentální skupiny. Dále byla statisticky významně vyhodnocena položka dřep, kde byl rozdíl průměrného skóre o 3,7 bodu, zde však bylo výstupní skóre lepší u kontrolní skupiny a to o 0,5 bodu. U kontrolní skupiny bylo statisticky významné zlepšení v oblasti kulhání, průměrné výstupní skóre bylo u obou skupin totožné, stejně jako v oblasti hodnocení bolesti. Významné zlepšení kontrolní skupiny bylo také v oblasti podklesávání kolene, kde ale výstupní průměrné skóre bylo lepší u experimentální skupiny. Dále byl statisticky významný rozdíl u kontrolní skupiny před a po terapii v oblasti chůze do schodů a dřepu, kde se výstupní průměrné hodnoty obou skupin příliš nelišily. Při porovnání výstupního skóre mezi skupinami pomocí Mann-Whitneyova testu nebyl v žádné oblasti zjištěn statisticky významný rozdíl.

Maximálního možného skóre Lysholmova skórovacího dotazníku dosáhli při výstupním měření pouze dva probandi (Příloha 5, 6). Skóre 95-100 bodů (výborná stabilita kolenního kloubu) dosáhlo celkem 6 pacientů, 3 v kontrolní i experimentální skupině. Skóre 84-94 bodů (dobrá stabilita) dosáhli 4 pacienti z experimentální skupiny a jeden z kontrolní skupiny. 65-83 bodů (uspokojivá stabilita) dosáhli 3 pacienti z kontrolní skupiny. Nejnižší skóre při výstupním hodnocení bylo 65 bodů, kterého dosáhl pacient z kontrolní skupiny. Celkové průměrné skóre Lysholmova dotazníku při výstupním měření bylo vyšší u experimentální skupiny o 7,1 bodů oproti kontrolní skupině. Tento rozdíl však nebyl dle Mann-Whitneyova testu zhodnocen jako statisticky významný. Park a kol. (2013) ve své práci hodnotili efekt celotělové vibrace u pacientů s gonartrózou na funkční stav kolenního kloubu, pro jehož hodnocení také využili



Lysholmův skórovací dotazník. Stejně jako v této diplomové práci byly zjištěny vyšší hodnoty výstupního celkového skóre u experimentální skupiny oproti kontrolní, ani v jejich práci nebyl rozdíl statisticky významný. Berschin, Sommer, Behrens a Sommer (2014) hodnotili vliv celotělové vibrace na funkční stav kolenního kloubu po operaci předního zkříženého vazy. Tito autoři nezjistili významný rozdíl v Lysholmově skóre mezi kontrolní a experimentální skupinou.

Hodnoty vyznačené na vizuální analogové stupnici byly u obou skupin po absolvování terapie sníženy. U obou skupin se jednalo o statisticky významnou změnu hodnot dle Wilcoxonova testu. Při porovnání mezi skupinami nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl.

Při hodnocení rozsahu pohybu došlo u obou skupin ke statisticky významnému zvýšení aktivního i pasivního rozsahu pohybu do flexe. Všichni probandi dosáhli již na začátku terapie nulového postavení v kolenním kloubu, tedy úplné extenze, a po terapii se tento rozsah pohybu nijak nezměnil (Tabulka 5). Kontrolní skupina dosáhla ve výstupním měření většího rozsahu pohybu v průměru o 7 stupňů. Rozdíl mezi skupinami byl statisticky významný (Tabulka 6). U experimentální skupiny bylo zjištěno větší průměrné zlepšení rozsahu pohybu oproti kontrolní skupině, což se dalo předpokládat pro nižší vstupní hodnoty rozsahu pohybu experimentální skupiny. Nelze tedy říct, že kinezioterapie s použitím vibračního zařízení Redcord Stimula má lepší efekt na rozsah pohybu oproti konvenční terapii. Bylo by zajímavé provést i pozdější měření a zjistit, jestli by došlo ke srovnání rozsahu pohybu mezi skupinami. Berschin a kol. (2014), kteří hodnotili efekt celotělové vibrace na rozsah pohybu při terapii po operaci ACL neuvádí významný rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou.

Při testování stability probandů pomocí Biodex Balance System nebyly zjištěny výrazné rozdíly mezi skupinami po absolvování terapie. Na tomto systému byly provedeny 3 testy: test limitů stability, test posturální stability a riziko pádu. Při testu limitů stability se hodnotí schopnost jedince aktivně měnit polohu těžiště do osmi směrů (vpřed (F), vzad (B), vpravo (R), vlevo (L), diagonálně vlevo a vpřed (FL), vpravo a vpřed (FR), vlevo a vzad (BL), vpravo a vzad (BR)). Výsledným parametrem testu je úhel, který svírá těžnice při maximálním vychýlení těla s rovinou opěrné báze. U experimentální skupiny došlo ke zlepšení průměrných výsledků ve směrech F, FR, BR. Největší zlepšení o 0,7° bylo pro směr diagonálně vpravo a vpřed. Žádný z výsledků

nebyl zhodnocen jako statisticky významný při použití Wilcoxonova testu. Stejně tak nebyl statisticky významný rozdíl mezi skupinami dle Mann-Whitneova testu. Průměrné výstupní hodnoty byly ve všech směrech lepší u kontrolní skupiny, ale pouze o desetiny stupňů.

Druhým testem byl test posturální stability, který hodnotí schopnost pacienta udržet průmět těžiště do opěrné báze na stejném místě. Pacient se tedy snaží o co nejmenší výchylky těla. Skóre udává odchylky od středu, proto je žádoucí nižší skóre. Statisticky významný rozdíl byl u experimentální skupiny ve snížení výchylek medio-laterálně a zlepšení celkového skóre. Při porovnání mezi skupinami nebyl zaznamenán žádný statisticky významný rozdíl. Také Park a kol. (2013) využili ve své práci Biodex Balance System pro hodnocení vlivu celotělové vibrační terapie na posturální stabilitu u pacientů s gonartrózou. Jejich výsledky jsou podobné výsledkům této diplomové práce, kdy u experimentální skupiny došlo k signifikantnímu zlepšení, které ale nebylo významně odlišné od kontrolní skupiny. V kontrastu s těmito poznatky jsou výsledky práce Berschin a kol. (2014), kteří zjistili statisticky významné zlepšení při hodnocení posturální stability pomocí Biodex Balance System u pacientů s rekonstrukcí předního zkříženého vazů, kteří absolvovali celotělovou vibrační terapii. Významný rozdíl autoři uvádí také v porovnání s výsledky výstupního měření kontrolní skupiny, u které nedošlo ke statisticky významné změně.

Další test, který byl proveden, má u pacientů odhalit riziko pádu. Pacient se opět snaží o neměnnou pozici průmětu těžiště do opěrné báze a to ve 4 situacích: stoj o široké bázi s otevřenými očima, se zavřenými očima a stoj o úzké bázi s otevřenými a se zavřenými očima. Výsledky tohoto testu jsou porovnávány s normativními hodnotami pro danou věkovou skupinu. Ve všech případech kromě stoje o úzké bázi s otevřenými očima došlo u experimentální skupiny ke zlepšení. U kontrolní skupiny došlo ke zlepšení ve všech sledovaných situacích. Žádná z těchto změn v rámci skupiny ani mezi skupinami navzájem nebyla vyhodnocena jako statisticky významná.

Bylo by vhodné pokračovat ve výzkumu efektu vibrační terapie na pooperační stav kolenního kloubu, který by navíc obsahoval skupinu, která by cvičila v závěsném systému, avšak bez aplikace vibrací. Tímto by se odlišil efekt vibrací a samotného závěsného systému na funkční stav a rozsah pohybu kolenního kloubu.

## 7 ZÁVĚR

Vypracování této diplomové práce si kladlo za cíl posoudit, zda kinezioterapie doplněná o cviky s vibračním zařízením Redcord Stimula má lepší efekt na funkční stav a rozsah pohybu kolenního kloubu než konvenční kinezioterapie bez vibračního zařízení u pacientů po artroskopické operaci kolenního kloubu z důvodu poranění menisku. Po zpracování a vyhodnocení získaných dat lze vyvodit tyto závěry:

1. Přestože zlepšení průměrného celkového skóre Lysholmova dotazníku kontrolní skupiny bylo výraznější, průměrná hodnota celkového skóre experimentální skupiny při výstupním měření byla o 7,1 bodu vyšší oproti kontrolní skupině. Průměrně tedy probandi v experimentální skupině dosahovali podle Lysholmova skórovacího dotazníku lepšího funkčního stavu po absolvování terapie zahrnující cviky s vibračním zařízením Redcord Stimula oproti kontrolní skupině. Tyto rozdíly mezi skupinami nebyly dle Mann-Whitneyova testu statisticky významné.

2. Rozdíl hodnot, které probandi zaznačili na vizuální analogové stupnici před terapií a po terapii, je u obou skupin dle Wilcoxonova testu statisticky významný. V obou skupinách tedy došlo ke snížení bolesti. Rozdíl mezi skupinami není podle Mann-Whitneyova testu statisticky významný.

3. U obou skupin došlo dle Wilcoxonova testu ke statisticky významnému zvýšení aktivního i pasivního rozsahu pohybu do flexe v kolenním kloubu. V kontrolní skupině byl zjištěn v průměru o 7° větší aktivní rozsah pohybu do flexe oproti experimentální skupině. Rozdíl výstupního měření mezi skupinami byl dle Mann-Whitneyova testu zhodnocen jako statisticky významný. U experimentální skupiny byl větší rozdíl průměrného vstupního a výstupního rozsahu pohybu oproti kontrolní skupině. Tento výsledek bylo možné předpokládat pro nižší vstupní hodnoty v porovnání s kontrolní skupinou. Z tohoto výsledku nelze předpokládat pozitivní efekt terapie obohacené o cviky s vibračním zařízením Redcord Stimula na rozsah pohybu do flexe.

## 8 SOUHRN

Tato diplomová práce se zabývá efektem kinezioterapie doplněné o cviky v závěsném systému s vibračním zařízením Redcord Stimula na funkční stav a rozsah pohybu kolenního kloubu u pacientů po artroskopické operaci kolenního kloubu z důvodu poranění menisku. Pro hodnocení funkčního stavu byl použit Lysholmův skórovací dotazník a rozsah pohybu byl měřen dvouramenným goniometrem, pro hodnocení bolesti byla použita vizuální analogová stupnice.

První kapitoly teoretické části popisují anatomii a kineziologii menisků. Další kapitoly se věnují poranění menisků včetně klasifikace ISAKOS, patogeneze, klinického vyšetření a operačního řešení. Dále jsou shrnuty poznatky o senzomotorickém systému a propriocepti vztažené ke kolennímu kloubu a její změny v důsledku úrazu či operace. Důležitým podkladem pro praktickou část práce je kapitola o využití a efektu vibrace v terapii. Je popsán neurofyziologický efekt vibrace, jehož výsledkem je tonický vibrační reflex. Také jsou uvedeny nejčastěji popisované účinky vibrační terapie a způsoby aplikace vibrační terapie. Poslední kapitola je věnována popisu závěsného systému Redcord a vibračního zařízení Redcord Stimula.

Metodika praktického výzkumu popisuje průběh vstupního a výstupního vyšetření a terapii experimentální a kontrolní skupiny. Výzkumný soubor tvořilo 14 pacientů po artroskopické operaci kolenního kloubu po poranění menisku. Pacienti byli náhodně rozděleni do experimentální a kontrolní skupiny. Kontrolní skupina absolvovala konvenční terapii zahrnující ošetření měkkých tkání, kinezioterapii pro zvýšení rozsahu pohybu, svalové síly a zlepšení stability kolenního kloubu a elektrogymnastiku pro aktivaci m. vastus medialis et lateralis. Terapie experimentální skupiny zahrnovala kromě terapie pro kontrolní skupinu dva cviky v závěsném systému Redcord s aplikací vibrace zařízením Redcord Stimula. Všichni pacienti absolvovali 10 třicetiminutových rehabilitačních jednotek v RRR centru v Olomouci.

Pacienti v experimentální skupině dosáhli při výstupním vyšetření průměrně o 7,1 bodu vyššího skóre v Lysholmově skórovacím dotazníku než pacienti v kontrolní skupině. I když tento výsledek nebyl vyhodnocen jako statisticky významný, může být patrný z klinického hlediska. Je otázkou, zda by se statistická významnost projevila při větším počtu probandů.

Hodnoty získané z vizuální analogové stupnice se u obou skupin po terapii významně snížily. Výstupní výsledky při porovnání mezi skupinami nebyly statisticky významné. Také v rozsahu pohybu došlo u obou skupin k významnému zlepšení. U experimentální skupiny byl zjištěn větší rozdíl průměrného rozsahu pohybu před terapií a po terapii oproti kontrolní skupině. Pacienti kontrolní skupiny ale dosáhli průměrně o 7° většího rozsahu pohybu v porovnání s experimentální skupinou a tento rozdíl hodnot byl zhodnocen jako statisticky významný. Z těchto výsledků můžeme říct, že přidání cviků v závěsném systému s vibračním zařízením Redcord Stimula nemá lepší efekt na rozsah pohybu oproti konvenční terapii.

## 9 SUMMARY

This Master's thesis deals with the effect of kinesiotherapy supplemented by exercises using the Redcord suspension system with the Redcord Stimula vibration tool on the functional status and range of motion of the knee joint in patients after knee arthroscopy following a meniscus injury. The Lysholm knee scoring scale was used to assess functional status, the range of motion was measured with a two-arm goniometer, and a visual analogue scale was used to assess pain.

The first chapters of the theoretical part describe the physiological properties of menisci, their injuries and the possibilities of surgical solution. Furthermore, the findings on proprioception related to the knee joint and its changes due to injury or surgery are summarized. An important basis for the practical part of the paper is the chapter on the use and effect of vibration in therapy. The last chapter is devoted to the description of the Redcord suspension system and the Redcord Stimula vibration tool.

The methodology of practical research describes the course of initial and final examination and therapy of experimental and control groups. The research group consisted of 14 patients after knee arthroscopy following a meniscus injury. The patients were randomly divided into experimental and control groups. The control group underwent conventional therapy including soft tissue treatment, kinesiotherapy to increase range of motion, muscle strength and improve knee joint stability, and electrogymnastics to activate the vastus medialis et lateralis muscle. The therapy of the experimental group included, in addition to the therapy of the control group, two exercises with the Redcord suspension system and the application of vibration by the Redcord Stimula tool. All patients attended 10 thirty-minute rehabilitation sessions at RRR Centrum in Olomouc.

The patients in the experimental group achieved an average of 7.1 points higher on the Lysholm knee scoring scale at the final examination than patients in the control group. Although this result was not evaluated as statistically significant, the significance may be evident from a clinical point of view. The question is whether statistical significance would manifest itself in a larger number of probands.

The values obtained from the visual analogue scale decreased significantly in both groups after therapy. The final results were not statistically significant when comparing

the groups. There was also a significant improvement in the range of motion in both groups. In the experimental group, there was a larger difference in the average range of motion before and after therapy compared to the control group. However, the patients in the control group achieved an average of 7° greater range of motion compared to the experimental group, and this difference in values was assessed as statistically significant. Based on these results, it can be said that the addition of exercises using the Redcord suspension system with the Redcord Stimula vibration tool has no better effect on the range of motion compared to conventional therapy.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Trolle, M., Bangsbo, J., & Klausen, K. (1995). Isokinetic Hamstring/quadriceps Strength Ratio: Influence From Joint Angular Velocity, Gravity Correction and Contraction Mode. *Acta Physiologica Scandinavica*, 154(4), 421-427. Retrieved 7. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1111/j.1748-1716.1995.tb09927.x>
- Al-Dadah, O., Shepstone, L., & Donell, S. T. (2011). Proprioception Following Partial - Meniscectomy in Stable Knees. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 19(2), 207-213. Retrieved 31. 1. 2021 from the World Wide Web: [https://kopernio.com/viewer?doi=10.1007%2Fs00167-010-1237-7&token=WzIyMzU5MjEsIjEwLjEwMDcvczAwMTY3LTAxMC0xMjM3LTciXQ.4J7whUS5daz8SJFBCSdexKTr\\_bA](https://kopernio.com/viewer?doi=10.1007%2Fs00167-010-1237-7&token=WzIyMzU5MjEsIjEwLjEwMDcvczAwMTY3LTAxMC0xMjM3LTciXQ.4J7whUS5daz8SJFBCSdexKTr_bA)
- Alghadir, A. H., Anwer, S., Zafar, H., & Iqbal, Z. A. (2018). Effect of Localised Vibration on Muscle Strength in Healthy Adults: A Systematic Review. *Physiotherapy*, 104(1), 18-24. Retrieved 7. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.physio.2017.06.006>
- Aman, Z. S., DePhillipo, N. N., Storaci, H. W., Moatshe, G., Chahla, J., Engebretsen, L., & LaPrade, R. F. (2019). Quantitative and Qualitative Assessment of Posterolateral Meniscal Anatomy. *The American Journal of Sports Medicine*, 47(8), 1797-1803. Retrieved 21. 1. 2021 from the World Wide Web: [https://www.researchgate.net/publication/333436281\\_Quantitative\\_and\\_Qualitative\\_Assessment\\_of\\_Posterolateral\\_Meniscal\\_Anatomy\\_Defining\\_the\\_Popliteal\\_Hiatus\\_Popliteomeniscal\\_Fascicles\\_and\\_the\\_Lateral\\_Meniscotibial\\_Ligament](https://www.researchgate.net/publication/333436281_Quantitative_and_Qualitative_Assessment_of_Posterolateral_Meniscal_Anatomy_Defining_the_Popliteal_Hiatus_Popliteomeniscal_Fascicles_and_the_Lateral_Meniscotibial_Ligament)
- Ambler, Z. (2006). *Základy neurologie (6th ed.)*. Praha: Galén
- Amiri, S., Cooke, D., Kim, I. Y., & Wyss, U. (2006). Mechanics of the Passive Knee Joint. Part 1: The Role of the Tibial Articular Surfaces in Guiding the Passive Motion. *Journal of Engineering in Medicine*, 220(8), 813-822. Retrieved 1. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1243/09544119JEIM180>
- Anonymous a (n. d.). *Vybavení pro fyzioterapeutu*. Retrieved 9. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://www.redcord.cz/vybaveni/vybaveni/>



- Anonymous b (n. d.). *Návod k použití a technický popis Redcord Stimula+*. Retrieved 9. 4. 2021 from the World Wide Web: [https://obchod.redcord.cz/index.php?controller=attachment&id\\_attachment=37](https://obchod.redcord.cz/index.php?controller=attachment&id_attachment=37)
- Araki, Y., Yamamoto, H., Nakamura, H., & Tsukaguchi, I. (1994). MR Diagnosis of Discoid Lateral Menisci of the Knee. *European Journal of Radiology*, 18(2), 92-95. Retrieved 22. 3. 2021 from the World Wide Web: [https://doi.org/10.1016/0720-048x\(94\)90271-2](https://doi.org/10.1016/0720-048x(94)90271-2)
- Arias, P., Chouza, M., Vivas, J., & Cudeiro, J. (2009). Effect of Whole Body Vibration in Parkinson's Disease: A Controlled Study. *Movement Disorders*, 24(6), 891-898. Retrieved 7. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1002/mds.22468>
- Azim, E., & Seki, K. (2019). Gain Control in the Sensorimotor System. *Current Opinion in Physiology*, 8, 177-187. Retrieved 29. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2019.03.005>
- Babu, J., Shalvoy, R. M., & Behrens, S. B. (2016). Diagnosis and Management of Meniscal Injury. *Rhode Island Medical Journal*, 99(10), 27-30. Retrieved 28. 3. 2021 from the World Wide Web: <http://www.rimed.org/rimedicaljournal/2016/10/2016-10.pdf#page=27>
- Barber, F. A. (1992). What is the Terrible Triad? *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 8(1), 19-22. Retrieved 21. 3. 2021 from the World Wide Web: [https://doi.org/10.1016/0749-8063\(92\)90130-4](https://doi.org/10.1016/0749-8063(92)90130-4)
- Barber, F. A., & McGarry, J. E. (2007). Meniscal Repair Techniques. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 15(4), 199-207. Retrieved 22. 2. 2021 from the World Wide Web: [sci-hub.se/10.1097/JSA.0b013e3181595bed](http://sci-hub.se/10.1097/JSA.0b013e3181595bed)
- Bartoniček, J., & Heřt, J. (2004). *Základy klinické anatomie pohybového aparátu*. Praha: Maxdorf.
- Başar, B., Başar, G., Aybar, A., Kurtan, A., & Başar, H. (2020). The Effects of Partial Meniscectomy and Meniscal Repair on the Knee Proprioception and Function. *Journal of Orthopaedic Surgery*, 28(1), 1-5. Retrieved 5. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://click.endnote.com/viewer?doi=10.1177%2F2309499019894915&token=WzIyMzU5MjEsIjEwLjExNzcvMjMwOTQ5OTAxOTg5NDkxNSJd.OFdaHcBFOnpcKWU6-cac-Xz5g6o>

- Bautmans, I., Van Hees, E., Lemper, J.-C., & Mets, T. (2005). The Feasibility of Whole Body Vibration in Institutionalised Elderly Persons and Its Influence on Muscle Performance, Balance and Mobility: A Randomised Controlled Trial. *BMC Geriatrics*, 5(1). Retrieved 7. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1186/1471-2318-5-17>
- Bednářiková, H., Smékal, D., Krejčířiková, P., & Hanzlíková, I. (2018). Effect of Locally Applied Vibration on Pain Reduction in Patients With Chronic Low Back Pain: A Pilot Study. *Acta Gymnica*, 48(2), 77-82. Retrieved 9. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.5507/ag.2018.010>
- Bennell, K. L., Hinman, R. S., Metcalf, B. R., Crossley, K. M., Buchbinder, R., Smith, M., & Mccoll, G. (2003). Relationship of Knee Joint Proprioception to Pain and Disability in Individuals with Knee Osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic Research*, 21(5), 792-797. Retrieved 29. 6. 2021 from the World Wide Web: [http://doi.org/10.1016/s0736-0266\(03\)00054-8](http://doi.org/10.1016/s0736-0266(03)00054-8)
- Berlet, G. C., & Fowler, P. J. (1998). The Anterior Horn of the Medial Meniscus. *The American Journal of Sports Medicine*, 26(4), 540-543. Retrieved 20. 1. 2021 from the World Wide Web: <https://kopernio.com/viewer?doi=10.1177%2F03635465980260041201&token=WzIyMzU5MjEsIjEwLjExNzcvMDM2MzU0NjU5ODAyNjAwNDEyMDEiXQ.sFSbLYueDIJICXw2WF57f-mZZJU>
- Berschin, G., Sommer, B., Behrens, A., & Sommer, H. M. (2014). Whole Body Vibration Exercise Protocol versus a Standard Exercise Protocol after ACL Reconstruction: A Clinical Randomized Controlled Trial with Short Term Follow-Up. *Journal of sports science & medicine*, 13(3), 580-589. Retrieved 3. 6. 2021 from the World Wide Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4126295/>
- Biedert, R. M. (2000). Contribution of the Three Levels of Nervous System Motor Control: Spinal Cord, Lower Brain, Cerebral Cortex. In *Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability* (pp. 23-29). Champaign: Human Kinetics.
- Biedert, R. M., Stauffer, E., & Friederich, N. F. (1992). Occurrence of Free Nerve Endings in the Soft Tissue of the Knee Joint. *The American Journal of Sports Medicine*,

20(4), 430-433. Retrieved 1. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1177/036354659202000411>

Billières, J., & Pujol, N. (2019). Meniscal Repair Associated with a Partial Meniscectomy for Treating Complex Horizontal Cleavage Tears in Young Patients May Lead to Excellent Long-term Outcomes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 27(2), 343-348. Retrieved 22. 2. 2021 from the World Wide Web: <https://kopernio.com/viewer?doi=10.1007%2Fs00167-018-5219-5&token=WzIyMzU5MjEsIjEwLjEwMDcvczAwMTY3LTAxOC01MjE5LTUiXQ.js1QA1XfSDtk5ivvExCjO7oeE2M>

Bongiovanni, L. G., Hagbarth, K. E., & Stjernberg, L. (1990). Prolonged Muscle Vibration Reducing Motor Output in Maximal Voluntary Contractions in Man. *The Journal of Physiology*, 423(1), 15-26. Retrieved 6. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1990.sp018008>

Briggs, K. K., Kocher, M. S., Rodkey, W. G., & Steadman, J. R. (2006). Reliability, Validity, and Responsiveness of the Lysholm Knee Score and Tegner Activity Scale for Patients with Meniscal Injury of the Knee. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 88(4), 698–705. Retrieved 2. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.2106/jbjs.e.00339>

Briggs, K. K., Lysholm, J., Tegner, Y., Rodkey, W. G., Kocher, M. S., & Steadman, J. R. (2009). The Reliability, Validity, and Responsiveness of the Lysholm Score and Tegner Activity Scale for Anterior Cruciate Ligament Injuries of the Knee. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(5), 890-897. Retrieved 2. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/0363546508330143>

Broekmans, T., Roelants, M., Alders, G., Feys, P., Thijs, H., & Eijnde, B. (2010). Exploring the Effects of a 20-week Whole-body Vibration Training Programme on Leg Muscle Performance and Function in Persons With Multiple Sclerosis. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 42(9), 866-872. Retrieved 7. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.2340/16501977-0609>

Çabuk, H., & Çabuk, F. K. (2016). Mechanoreceptors of the Ligaments and Tendons Around the Knee. *Clinical Anatomy*, 29(6), 789-795. Retrieved 1. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1002/ca.22743>

- Camillieri, G. (2017). Meniscectomy: Updates on Techniques and Outcomes. In R. F. LaPrade, E. A. Arendt, A. Getgood, & S. C. Faucett, *The Menisci* (pp. 31-48). Berlin: Springer.
- Caterine, S., Hourigan, M., & Getgood, A. (2017). The Biomechanical Function of the Menisci. In R. F. LaPrade, E. A. Arendt, A. Getgood, & S. C. Faucett, *The Menisci* (pp. 9-20). Berlin: Springer.
- Cochrane, D. J., Legg, S. J., Hooker, M. J. (2004). The Short-term Effect of Whole-body Vibration Training on Vertical Jump, Sprint and Agility Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 828-832. Retrieved 7. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.461.2472&rep=rep1&type=pdf>
- Couto, B., Silva, H., Barbosa, M., & Szmuchrowski, L. (2011). Chronic Effects of Different Frequencies of Local Vibrations. *International Journal of Sports Medicine*, 33(2), 123-129. Retrieved 7. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://scihub.se/10.1055/s-0031-1286294>
- Crawford, R. Walley, G., Bridgman, S., & Maffulli, N. (2007). Magnetic Resonance Imaging Versus Arthroscopy in the Diagnosis of Knee Pathology, Concentrating on Meniscal Lesions and ACL Tears: a Systematic Review. *British Medical Bulletin*, 84, 5-23. Retrieved 28. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1093/bmb/ldm022>
- Danzig, L., Resnick, D., Gonsalves, M., & Akeson, W. H. (1983). Blood Supply to the Normal and Abnormal Menisci of the Human Knee. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 172, 271-276. Retrieved 31. 1. 2021 from the World Wide Web: [scihub.se/10.1097/00003086-198301000-000](https://scihub.se/10.1097/00003086-198301000-000)
- Delecuse, C., Roelants, M., Verschueren, S. (2003). Strength Increase after Whole-Body Vibration Compared with Resistance Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(6), 1033-1041. Retrieved 7. 4. 2021 from the World Wide Web: [https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2003/06000/Effect\\_of\\_four\\_month\\_vertical\\_whole\\_body\\_vibration.21.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2003/06000/Effect_of_four_month_vertical_whole_body_vibration.21.aspx)

- Dickason, J. M., Pizzo, W. D., Blazina, M. E., Fox, J. M., Friedman, M. J., & Snyder, S. J. (1982). A Series of Ten Discoid Medial Menisci. *Orthopaedics and Related Research*, 168, 75-79. Retrieved 22. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://scihub.se/10.1097/00003086-198208000-00014>
- Doros, G. I., & Pozo, J. L. (2004). The Causes and Mechanisms of Meniscal Injuries in the Sporting and Non-sporting Environment in an Unselected Population. *The Knee* 11(2), 143-149. Retrieved 7. 2. 2021 from the World Wide Web: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0968016003001054?token=F19354438D07ABCE3BE4CBFD52A54C148C7EC43D7C3F8A1BC8DEB8CC5F0129BB8D2FB73D3AFAD2001980369D246E4E42>
- Dungl, P. (2014). *Ortopedie* (2nd ed.). Praha: Grada.
- Fairbank, T. J. (1948). Knee Joint Changes After Meniscectomy. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 30(4), 664-670. Retrieved 8. 2. 2021 from the World Wide Web: <https://online.boneandjoint.org.uk/doi/pdf/10.1302/0301-620X.30B4.664>
- Ferretti, A., Monaco, E., Ponzio, A., Dagget, M., Guzzini, M., Mazza, D., Redler, A., & Conteduca, F. (2019). The Unhappy Triad of the Knee Re-revisited. *International Orthopaedics*, 43(1), 223-228. Retrieved 21. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00264-018-4181-7>
- Fischer-Rasmussen, T., Krogsgaard, M., Jensen, D. B., & Dyhre-Poulsen, P. (2001). Inhibition of Dynamic Thigh Muscle Contraction by Electrical Stimulation of the Posterior Cruciate Ligament in Humans. *Muscle & Nerve*, 24(11), 1482-1488. Retrieved 1. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1002/mus.1172>
- Fukuta, S., Masaki, K., & Korai, F. (2002). Prevalence of Abnormal Findings in Magnetic Resonance Images of Asymptomatic Knees. *Journal of Orthopaedic Science*, 7(3), 287-291. Retrieved 22. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://scihub.se/10.1007/s007760200049>
- Gallo, J. (2011). *Ortopedie pro studenty lékařských a zdravotnických fakult*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Ganong, W. F. (2005). *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: Galén.

- Gay, A., Parratte, S., Salazard, B., Guinard, D., Pham, T., Legré, R., & Roll, J. P. (2007). Proprioceptive Feedback Enhancement Induced by Vibratory Stimulation in Complex Regional Pain Syndrome Type I: An Open Comparative Pilot Study in 11 Patients. *Joint Bone Spine*, 74(5), 461-466. Retrieved 9. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2006.10.010>
- Goldstein, M. J., & Sgaglione, N. A. (2013). All-Inside Arthroscopic Meniscal Repair. In J. H. Johnson, A. Amendola, F. A. Barber, L. D. Field, J. C. Richmond, & N. A. Sgaglione, *Operative Arthroscopy* (4th. ed., pp. 627-638). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Gray, J. G. (1999). Neural and Vascular Anatomy of the Human Knee. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 29(1), 23-30. Retrieved 24. 1. 2021 from the World Wide Web: <https://kopernio.com/viewer?doi=10.2519%2Fjosp.1999.29.1.23&token=WzIyMzU5MjEsIjEwLjI1MTkvam9zcHQUMTk5OS4yOS4xLjIzIl0.GpTzXCQva1UP1iwbg5MoXZ7Emw4>
- Greis, P. E., Bardana, D., Holmstrom, M. C., & Burks, R. T. (2002). Meniscal Injury: I. Basic Science and Evaluation. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 10(3), 168-176. Retrieved 4. 2. 2021 from the World Wide Web: [https://www.researchgate.net/publication/11331111\\_Meniscal\\_Injury\\_I\\_Basic\\_Science\\_and\\_Evaluation](https://www.researchgate.net/publication/11331111_Meniscal_Injury_I_Basic_Science_and_Evaluation)
- Gwon, A.-J., Kim, S.-Y., & Oh, D.-W. (2018). Effects of Integrating Neurac Vibration into a Side-lying Bridge Exercise on a Sling in Patients with Chronic Low Back Pain: A Randomized Controlled Study. *Physiotherapy Theory and Practice*, 36(8), 1-9. Retrieved 6. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://scihub.se/10.1080/09593985.2018.1513616>
- Han, J., Jung, J., Lee, J., & Kim, E. (2013). Effects of Vibration Stimuli on the Knee Joint Reposition Error of Elderly Women. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(1), 93-95. Retrieved 9. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1589/jpts.25.93>
- Hannah, R., Minshull, C., & Folland, J. P. (2013). Whole-body Vibration Does Not Influence Knee Joint Neuromuscular Function or Proprioception. *Scandinavian Journal*

*of Medicine & Science in Sports*, 23(1), 96-104. Retrieved 9. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01361.x>

Hayes, C. W., Brigido, M. K., Jamadar, D. A., & Propeck, T. (2000). Mechanism-based Pattern Approach to Classification of Complex Injuries of the Knee Depicted at MR Imaging. *Radiographics*, 20(1), 121-134. Retrieved 3. 2. 2021 from the World Wide Web:

[https://kopernio.com/viewer?doi=10.1148%2Fradiographics.20.suppl\\_1.g00oc21s12&token=WzIyMzU5MjEsIjEwLjExNDgvcnFkaW9ncmFwaGljcy4yMC5zdXBwbFwLmcwMG9jMjFzMTIxIl0.6dgc1l\\_AFOTBZjyTgZOKrqhDQ7k](https://kopernio.com/viewer?doi=10.1148%2Fradiographics.20.suppl_1.g00oc21s12&token=WzIyMzU5MjEsIjEwLjExNDgvcnFkaW9ncmFwaGljcy4yMC5zdXBwbFwLmcwMG9jMjFzMTIxIl0.6dgc1l_AFOTBZjyTgZOKrqhDQ7k)

Hewett, T. E., Paterno, M. V., & Myer, G. D. (2002). Strategies for Enhancing Proprioception and Neuromuscular Control of the Knee. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 402, 76-94. Retrieved 31. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1097/00003086-200209000-00008>

Chahla, J., Cinque, M. E., Godin, J. A., Geeslin, A. G., Moatshe, G., & LaPrade, R. F. (2017). Review of Arnoczky and Warren on the Microvasculature of the Human Meniscus. *Journal of ISAKOS: Joint Disorders & Orthopaedic Sports Medicine*, 2(4), 229–232. Retrieved 31. 1. 2021 from the World Wide Web: [sci-hub.se/10.1136/jisakos-2017-000130](https://sci-hub.se/10.1136/jisakos-2017-000130)

Chahla, J., Papalamprou, A., Chan, V., Arabi, Y., Salehi, K., Nelson, T. J., Limpisvasti, O., Mandelbaum, B. R., Tawackoli, W., Metzger, M. F., & Sheyn, D. (2021). Assessing the Resident Progenitor Cell Population and the Vascularity of the Adult Human Meniscus. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 37(1), 252-265. Retrieved 20. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2020.09.021>

Chanou, K., Gerodimos, V., Karatrantou, K., & Jamurtas, A. (2012). Whole-body Vibration and Rehabilitation of Chronic Diseases: A Review of the Literature. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(2), 187-200. Retrieved 6. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3737877/>

Chen, K. K., Chan, J. J., & Gladstone, J. N. (2020). Management of Meniscal Injuries: Resection to Repair. In E. J. Strauss, & L. M. Jazrawi, *The Management of Meniscal Pathology* (pp. 61-73). New York: Springer.

- Chhabra, A., Ashikyan, O., Hlis, R., Cai, A., Planchard, K., Xi, Y., Mccrum, C., & Shah, J. (2019). The International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine Classification of Knee Meniscus Tears: Three-dimensional MRI and Arthroscopy Correlation. *European Radiology*, 29(11), 6372-6384. Retrieved 29. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06220-w>
- Imbert, P., Lutz, C., Daggett, M., Niglis, L., Freychet, B., Dalmay, F., & Sonnery-Cottet, B. (2016). Isometric Characteristics of the Anterolateral Ligament of the Knee: A Cadaveric Navigation Study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 32(10), 2017-2024. Retrieved 21. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2016.02.007>
- Iqbal, A., Mcloughlin, E., Botchu, R., & James, S. L. (2020). The Ring-shaped Meniscus: A Case Series Demonstrating the Variation of Imaging Appearances on MRI. *Skeletal Radiology*, 49(2), 281-289. Retrieved 26. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00256-019-03277-y>
- Jackson, S. W., & Turner, D. L. (2003). Prolonged Muscle Vibration Reduces Maximal Voluntary Knee Extension Performance in Both the Ipsilateral and the Contralateral Limb in Man. *European Journal of Applied Physiology*, 88(4), 380-386. retrieved 1. 7. 2021 from the World Wide Web: <http://doi.org/10.1007/s00421-002-0701-6>
- Jeong, H.-J., Lee, S.-H., & Ko, C.-S. (2012). Meniscectomy. *Knee Surgery*, 24(3), 129-36. Retrieved 22. 2. 2021 from the World Wide Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3438273/pdf/ksrr-24-129.pdf>
- Jerosch, J., & Prymka, M. (1997). Propriozeptive Defizite des Kniegelenks nach Ruptur des Medialen Meniskus. *Der Unfallchirurg*, 100(6), 444-448. Retrieved from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s001130050140>
- Jordan, M. R. (1996). Lateral Meniscal Variants: Evaluation and Treatment. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 4(4),191-200. Retrieved 22. 3. 2021 from the World Wide Web: [https://journals.lww.com/jaaos/Fulltext/1996/07000/Lateral\\_Meniscal\\_Variants\\_\\_Evaluation\\_and.3.aspx](https://journals.lww.com/jaaos/Fulltext/1996/07000/Lateral_Meniscal_Variants__Evaluation_and.3.aspx)
- Jouve, F., Ovadia, H., Pujol, N., & Beaufils. P. (2010). Meniscal Repair: Technique. In P. Beaufils, & R. Verdonk, *The Meniscus* (pp. 119-128). New York: Springer.



- Kapandji, A. I. (1987). *The Physiology of the Joints, Volume Two Lower Limb* (5th ed.). Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Karatrantou, K., Gerodimos, V., Dipla, K., & Zafeiridis, A. (2013). Whole-body Vibration Training Improves Flexibility, Strength Profile of Knee Flexors, and Hamstrings-to-quadriceps Strength Ratio in Females. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *16*(5), 477-481. Retrieved 7. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.11.888>
- Kaya, D., Yertutanol, F. D. K., & Calik, M. (2018). Neurophysiology and Assessment of the Proprioceptio. In D. Kaya, B. Yosmaoglu, & M. N. Doral, *Proprioception in Orthopaedics, Sports Medicine and Rehabilitation*. (pp. 3-12). New York: Springer.
- Kennedy, J. C., Alexander, I. J., & Hayes, K. C. (1982). Nerve Supply of the Human Knee and its Functional Importance. *The American Journal of Sports Medicine*, *10*(6), 329–335. Retrieved 24. 1. 2021 from the World Wide Web: <sci-hub.se/10.1177/036354658201000601>
- Kihlberg, S., Attebrant, M., Gemne, G., & Kjellberg, A. (1995). Acute Effects of Vibration from a Chipping Hammer and a Grinder on the Hand-arm System. *Occupational and Environmental Medicine*, *52*(11), 731-737. Retrieved 30. 6. 2021 from the World Wide Web: <http://doi.org/10.1136/oem.52.11.731>
- Kim, E.-R., Oh, J.-S., & Yoo, W.-G. (2014). Effect of Vibration Frequency on Serratus Anterior Muscle Activity during Performance of the Push-up Plus with a Redcord Sling. *Journal of Physical Therapy Science*, *26*(8), 1275-1276. Retrieved 1. 7. 2021 from the World Wide Web: <http://doi.org/10.1589/jpts.26.1275>
- Kirkesola, G. (2009). Neurac – A New Treatment Method for Long-term Musculoskeletal Pain. *Fysioterapeuten*, *76*(12), 16-25. Retrieved 9. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://provisiontherapy.com/wp-content/uploads/2013/01/Neurac-study.pdf>
- Kohn, D., & Moreno, B. (1995). Meniscus Insertion Anatomy as a Basis for Meniscus Replacement: A Morphological Cadaveric Study [Abstract]. *The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, *11*(1), 96-103. Retrieved 23. 1. 2021 from the World Wide Web: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0749806395900950>
- Kouzaki, M., Shinohara, M., & Fukunaga, T. (2000). Decrease in Maximal Voluntary Contraction by Tonic Vibration Applied to a Single Synergist Muscle in Humans.

- Journal of Applied Physiology*, 89(4), 1420-1424. Retrieved 1. 7. 2021 from the World Wide Web: <https://journals.physiology.org/doi/pdf/10.1152/jappl.2000.89.4.1420>
- Kučera, I., & Hlaváč, P. (2011). Hodnocení rizikových faktorů pracovního prostředí a nemoci z povolání. *Praktický lékař*, 91(4), 288-292. Retrieved 29. 6. 2021 from the World Wide Web: <https://www.prolekare.cz/casopisy/prakticky-lekar/2011-5/hodnoceni-rizikovych-faktoru-pracovniho-prostredi-a-nemoci-z-povolani-35232>
- Lee, B. Y., Jee, W. H., Kim, J. M., Kim, B. S., & Choi, K. H. (2000). Incidence and Significance of Demonstrating the Meniscomfemoral Ligament on MRI. *The British Journal of Radiology*, 73(867), 271–274. Retrieved 23. 1. 2021 from the World Wide Web: [sci-hub.se/10.1259/bjr.73.867.10817042](http://sci-hub.se/10.1259/bjr.73.867.10817042)
- Lee, J., Ladd, A., & Hagert, E. (2012). Immunofluorescent Triple-Staining Technique to Identify Sensory Nerve Endings in Human Thumb Ligaments. *Cells Tissues Organs*, 195(5), 456-464. Retrieved 1. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1159/000327725>
- Lee, J.-S., Yang, S.-H., Koog, Y.-H., Jun, H.-J., Kim, S.-H., & Kim, K.-J. (2014). Effectiveness of Sling Exercise for Chronic Low Back Pain: A Systematic Review. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(8), 1301-1306. Retrieved 2. 7. 2021 from the World Wide Web: <http://doi.org/10.1589/jpts.26.1301>
- Lephart, S. M., & Fu, H. F. (2000). *Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability*. Champaign: Human Kinetics.
- Lephart, S. M., Pincivero, D. M., & Rozzi, S. L. (1998). Proprioception of the Ankle and Knee. *Sports Medicine*, 25(3), 149-155. Retrieved 19. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.2165/00007256-199825030-00002>
- Lin, K. M., Gadinsky, N. E., Klinger, C. E., Dyke, J. P., Rodeo, S. A., Green, D. W., Fabricant, P. D., Helfet, D. L., Shea, K. G., & Lazaro, L. E. (2020). Increased Vascularity in the Neonatal versus Adult Meniscus: Evaluation with Magnetic Resonance Imaging. *Cartilage*. Retrieved 31. 1. 2021 from the World Wide Web: [sci-hub.se/10.1177/1947603520923143](http://sci-hub.se/10.1177/1947603520923143)
- Linek, P., Saulicz, E., Myśliwiec, A., Wójtowicz, M., & Wolny, T. (2016). The Effect of Specific Sling Exercises on the Functional Movement Screen Score in Adolescent Volleyball Players: A Preliminary Study. *Journal of Human Kinetics*, 54(1), 83-90.

Retrieved 2. 6. 2021 from the World Wide Web: <http://doi.org/10.1515/hukin-2016-0037>

Lopez-Vidriero, E., & Johnson, D. H., (2013). Meniscus Resection. In J. H. Johnson, A. Amendola, F. A. Barber, L. D. Field, J. C. Richmond, & N. A. Sgaglione, *Operative Arthroscopy* (4th. ed., pp. 615-626). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Luo, J., Mcnamara, B., & Moran, K. (2005). The Use of Vibration Training to Enhance Muscle Strength and Power. *Sports Medicine*, 35(1), 23-41. Retrieved 6. 5. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.2165/00007256-200535010-00003>

Malliou, P., Gioftsidou, A., Pafis, G., Rokka, S., Kofotolis, N., Mavromoustakos, S., & Godolias, G. (2012). Proprioception and Functional Deficits of Partial Menisectomized Knees [Abstract]. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 48(2), 231-236. Retrieved 5. 2. 2021 from the World Wide Web: <https://europepmc.org/article/med/22240579>

Marinescu, R., Laptoiu, D., & Negrusoiu, M. (2003). Outside-in Meniscus Suture Technique: 5 Years' Follow-up. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 11(3), 167-172. Retrieved 26. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00167-003-0347-x>

Masouros, S. D., McDermott, I. D., Bull, A. M. J., & Amis, A. A. (2010) Biomechanics. In P. Beaufils, & R. Verdonk, *The Meniscus* (pp. 29-38). New York: Springer.

McDermott, I. D., Masouros, S. D., Bull, A. M. J., & Amis, A. A. (2010) Anatomy. In P. Beaufils, & R. Verdonk, *The Meniscus* (pp. 11-18). New York: Springer.

Meislin, R., & Whitney, D. (2020) Meniscus Repair. In E. J. Strauss, & L. M. Jazrawi, *The Management of Meniscal Pathology* (pp. 75-90). New York: Springer

Melnyk, M., Kofler, B., Faist, M., Hodapp, M., & Gollhofer, A. (2008). Effect of a Whole-Body Vibration Session on Knee Stability. *International Journal of Sports Medicine*, 29(10), 839-844. Retrieved 1. 6. 2021 from the World Wide Web: <https://scihub.se/10.1055/s-2008-1038405>

Mine, T., Kimura, M., Sakka, A., & Kawai, S. (2000). Innervation of Nociceptors in the Menisci of the Knee Joint: An Immunohistochemical Study. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 120(3-4), 201-204. Retrieved 24. 1. 2021 from the EBSCO

database on the World Wide Web:  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=10738884&lang=c&site=ehost-live>

- Moezy, A., Olyaei, G., Hadian, M., Razi, M., & Faghihzadeh, S. (2008). A Comparative Study of Whole Body Vibration Training and Conventional Training on Knee Proprioception and Postural Stability after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *British Journal of Sports Medicine*, *42*(5), 373-385. Retrieved 9. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.038554>
- Monllau, J. C., Pelfort, X., & Tey, M. (2010). Collagen Meniscus Implant: Technique and Results. In P. Beaufils, & R. Verdonk, *The Meniscus* (pp. 373-382). New York: Springer.
- Muceli, S., Farina, D., Kirkesola, G., Katch, F., & Falla, D. (2011). Reduced Force Steadiness in Women with Neck Pain and the Effect of Short Term Vibration. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *21*(2), 283-290. Retrieved 9. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2010.11.011>
- Musahl, V., Citak, M., O'Loughlin, P. F., Choi, D., Bedi, A., & Pearle, A. D. (2010). The Effect of Medial Versus Lateral Meniscectomy on the Stability of the Anterior Cruciate Ligament-Deficient Knee. *The American Journal of Sports Medicine*, *38*(8), 1591-1597. Retrieved 23. 1. 2021 from the World Wide Web: <https://kopernio.com/viewer?doi=10.1177%2F0363546510364402&token=WzIyMzU5MjEsIjEwLjExNzcvMDM2MzU0NjUxMDM2NDQwMiJd.KUt6wD9HbpWrNZM1CYroZDGoKkY>
- Pala, R. (2020). *Vliv terapie s využitím Redcord stimula na funkční stav dolní končetiny a rozsah pohybu u pacientů po arthroscopické operaci kolenního kloubu*. Diplomová práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Pace, J. L., Inclan, P. M., & Matava, M. J. (2021). Inside-out Medial Meniscal Repair: Improved Surgical Exposure With a Sub-semimembranosus Approach. *Arthroscopy Techniques*, *10*(2), 507-517. Retrieved 26. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.eats.2020.10.032>
- Papalia, R., Del Buono, A., Osti, L., Denaro, V., & Maffulli, N. (2011). Meniscectomy as a Risk Factor for Knee Osteoarthritis: A Systematic Review. *British Medical*

*Bulletin*, 99(1), 89-106. Retrieved 9. 2. 2021 from the World Wide Web: <https://kopernio.com/viewer?doi=10.1093%2Fbmb%2Fldq043&token=WzIyMzU5MjEsIjEwLjEwOTMvYm1iL2xkcTA0MyJd.GGt04ZEa-x-NK5TMuM75-kW-WHs>

Paráková, B., Míková, M., & Krobot, A. (2008). Vibrace: neurofyziologické aspekty a možnosti klinického využití. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 15(1), 11-17. Retrieved 6. 5. 2021 from the World Wide Web: <https://www.prolekare.cz/casopisy/rehabilitace-fyzikalni-lekarstvi/2008-1/vibrace-neurofyziologicke-aspekty-a-moznosti-klinickeho-vyuziti-1328>

Park, Y. G., Kwon, B. S., Park, J.-W., Cha, D. Y., Nam, K. Y., Sim, K. B., ... Lee, H. J. (2013). Therapeutic Effect of Whole Body Vibration on Chronic Knee Osteoarthritis. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 37(4), 505-515. Retrieved 3. 6. 2021 from the World Wide Web: <http://doi.org/10.5535/arm.2013.37.4.505>

Patel, H., Skalski, M. R., Patel, D. B., White, E. A., Tomasian, A., Gross, J. S., Vangsness, C. T., & Matcuk, G. R. (2021). Illustrative Review of Knee Meniscal Tear Patterns, Repair and Replacement Options, and Imaging Evaluation. *Clinical Imaging*, 69, 4-16. Retrieved 27. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2020.06.045>

Pavlů, D., & Strachotová, H. (2011). Terapie a trénink s využitím vibrací: současný trend nebo účinný prostředek? *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 18(3), 138-144. Retrieved 6. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://www.prolekare.cz/casopisy/rehabilitace-fyzikalni-lekarstvi/2011-3/terapie-a-trenink-s-vyuzitim-vibraci-soucasny-trend-nebo-ucinny-prostredek-37014>

Pavlů, D., Pánek, D., & Čemusová, J. (2012). EMG aktivita m. biceps brachii a m. triceps brachii při držení vibrační činky. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 19(1), 25-29. Retrieved 6. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://www.prolekare.cz/casopisy/rehabilitace-fyzikalni-lekarstvi/2012-1/emg-aktivita-m-biceps-brachii-a-m-triceps-brachii-pri-drzeni-vibracni-cinky-37937>

Pedro, P. J., & Rhea, M. R. (2010). Effects of Vibration Training on Muscle Strength: A Meta-Analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(2), 548-556. Retrieved 6. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://journals.lww.com/nsca->

jsr/Fulltext/2010/02000/Effects\_of\_Vibration\_Training\_on\_Muscle\_Strength\_.36.aspx

- Pengas, I. P., Assiotis, A., Nash, W., Hatcher, J., Banks, J., & McNicholas, M. J. (2012). Total Meniscectomy in Adolescents: A 40-Year Follow-up. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 94(12), 1649-1654. Retrieved 9. 2. 2021 from the World Wide Web: <https://online.boneandjoint.org.uk/doi/pdf/10.1302/0301-620X.94B12.30562>
- Petersen, W., & Tillman, B. (1995). Age-related Blood and Lymph Supply of the Knee Menisci. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 66(4), 308-312. Retrieved 31. 1. 2021 from the World Wide Web: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3109/17453679508995550>
- Piedade, S. R. (2017). Classification of Meniscal Tears. In R. F. LaPrade, E. A. Arendt, A. Getgood, & S. C. Faucett, *The Menisci* (pp. 21-29). Berlin: Springer.
- Poděbradský, J., & Poděbradská, R. (2009) *Fyzikální terapie: Manuál a algoritmy*. Praha: Grada.
- Rath, E., & Richmond, J. C. (2000). The Menisci: Basic Science and Advances in Treatment. *British Journal of Sports Medicine*, 34(4), 252-257. Retrieved 6. 2. 2021 from the World Wide Web: <https://bjsm.bmj.com/content/bjsports/34/4/252.full.pdf>
- Reed, M. D., & Van Nostran, W. (2014). Assessing Pain Intensity with the Visual Analog Scale: A Plea for Uniformity. *The Journal of Clinical Pharmacology*, 54(3), 241-244. Retrieved 2. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1002/jcph.250>
- Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002a). The Sensorimotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability. *Journal of Athletic Training*, 37(1), 71-79. Retrieved 29. 3. 2021 from the World Wide Web: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC164311/pdf/attr\\_37\\_01\\_0071.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC164311/pdf/attr_37_01_0071.pdf)
- Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002b). The Sensorimotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability. *Journal of Athletic Training*, 37(1), 80-84. Retrieved 4. 4. 2021 from the World Wide Web: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC164312/pdf/attr\\_37\\_01\\_0080.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC164312/pdf/attr_37_01_0080.pdf)
- Rittweger, J. (2010). Vibration as an Exercise Modality: How it May Work, and What its Potential Might Be. *European Journal of Applied Physiology*, 108(5), 877-904.

Retrieved 6. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1303-3>

Rittweger, J., Mutschelknauss, M., & Felsenberg, D. (2003). Acute Changes in Neuromuscular Excitability after Exhaustive Whole Body Vibration Exercise as Compared to Exhaustion by Squatting Exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 23(2), 81-86. Retrieved 6. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1046/j.1475-097x.2003.00473.x>

Robinson, S. P., & Bonner, K. F. (2013). Meniscus Transplantation. In J. H. Johnson, A. Amendola, F. A. Barber, L. D. Field, J. C. Richmond, & N. A. Sgaglione, *Operative Arthroscopy* (4th. ed., pp. 646-658). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Rohren, E. M., Kosarek, F. J., & Helms, C. A. (2001). Discoid Lateral Meniscus and the Frequency of Meniscal tears. *Skeletal Radiology*, 30(6), 316-320. Retrieved 22. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s002560100351>

Roos, H., Laurén, M., Adalbert, T., Roos, E. M., Jonsson, K., & Lohmander, L. S. (1998). Knee Osteoarthritis after Meniscectomy: Prevalence of Radiographic Changes after Twenty-one Years, Compared with Matched Controls. *Arthritis & Rheum*, 41(4), 687-693. Retrieved 9. 2. 2021 from the World Wide Web: [https://kopernio.com/viewer?doi=10.1002%2F1529-0131%28199804%2941%3A4&token=WzIyMzU5MjEsIjEwLjEwMDIvMTUyOS0wMTMxKDE5OTgwNk0MT00II0.7S\\_3YfFalYs6gnCoajlmB8GXWfw](https://kopernio.com/viewer?doi=10.1002%2F1529-0131%28199804%2941%3A4&token=WzIyMzU5MjEsIjEwLjEwMDIvMTUyOS0wMTMxKDE5OTgwNk0MT00II0.7S_3YfFalYs6gnCoajlmB8GXWfw)

Ryzewicz, M., Peterson, B., Siparsky, P. N., & Bartz, R. L. (2007). The Diagnosis of Meniscus Tears. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 455, 123-133. Retrieved 28. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1097/BLO.0b013e31802fb9f3>

Sañudo, B., Feria, A., Carrasco, L., De Hoyo, M., Santos, R., & Gamboa, H. (2012). Does Whole Body Vibration Training Affect Knee Kinematics and Neuromuscular Control in Healthy People? *Journal of Sports Sciences*, 30(14), 1537-1544. Retrieved 9. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.713503>

Saygi, B., Yildirim, Y., Berker, N., Ofluoglu, D., Karadag-Saygi, E., & Karahan, M. (2005). Evaluation of the Neurosensory Function of the Medial Meniscus in Humans.

- The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 21(12), 1468-1472. Retrieved 30. 1. 2021 from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1016/j.arthro.2005.09.006#>
- Shelbourne, K. D., & Nitz, P. A. (1991). The O'Donoghue Triad Revisited. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(5), 474-477. Retrieved 21. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1177/036354659101900509#>
- Schyns, F., Paul, L., Finlay, K., Ferguson, C., & Noble, E. (2009). Vibration Therapy in Multiple Sclerosis: A Pilot Study Exploring its Effects on Tone, Muscle Force, Sensation and Functional Performance. *Clinical Rehabilitation*, 23(9), 771-781. Retrieved 7. 4. 2021 from the World Wide Web: [sci-hub.se/10.1177/0269215508101758](https://sci-hub.se/10.1177/0269215508101758)
- Silva, H. R., Couto, B. P., & Szmuchrowski, L. A. (2008). Effects of Mechanical Vibration Applied in the Opposite Direction of Muscle Shortening on Maximal Isometric Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1031-1036. Retrieved 7. 4. 2021 from the World Wide Web: [https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2008/07000/effects\\_of\\_mechanical\\_vibration\\_applied\\_in\\_the.1.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2008/07000/effects_of_mechanical_vibration_applied_in_the.1.aspx)
- Sjölander, P., Johansson, H., & Djupsjöbacka, M. (2002). Spinal and Supraspinal Effects of Activity in Ligament Afferents. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 12(3), 167-176. Retrieved 4. 4. 2021 from the World Wide Web: [https://doi.org/10.1016/s1050-6411\(02\)00017-2](https://doi.org/10.1016/s1050-6411(02)00017-2)
- Smith, H. J., Richardson, J. B., & Tennant, A. (2009). Modification and Validation of the Lysholm Knee Scale to Assess Articular Cartilage Damage. *Osteoarthritis and Cartilage*, 17(1), 53-58. Retrieved 2. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1016/j.joca.2008.05.002>
- Spalding, T., Parkinson, B., Smith, N. A., & Verdonk, P. (2015). Arthroscopic Meniscal Allograft Transplantation with Soft-Tissue Fixation Through Bone Tunnels. *Arthroscopy Techniques*, 4(5), 559-563. Retrieved 11. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.eats.2015.06.001>
- Steenbrugge, F., Van Nieuwenhuysse, W., Verdonk, R., & Verstraete, K. (2005). Arthroscopic Meniscus Repair in the ACL-deficient Knee. *International Orthopaedics*, 29(2), 109-112. Retrieved 22. 2. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00264-004-0616-4>



- Steiner, S. R. H., Feeley, S. M., Ruland, J. R., & Diduch, D. R. (2018). Outside-in Repair Technique for a Complete Radial Tear of the Lateral Meniscus. *Arthroscopy Techniques*, 7(3), 285-288. Retrieved 26. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.eats.2017.09.006>
- Southworth, T. M., Naveen, N. B., Tauro, T. M., Chahla, J., & Cole, B. J. (2020). Meniscal Allograft Transplants. *Clinics in Sports Medicine*, 39(1), 93-123. Retrieved 27. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1016/j.csm.2019.08.013#>
- Śmigielski, R., Becker, R., Zdanowicz, U., & Ciszek, B. (2015). Medial Meniscus Anatomy-from Basic Science to Treatment. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(1), 8-14. Retrieved 20. 1. 2021 from the World Wide Web: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00167-014-3476-5>
- Škarabot, J., Mesquita, R. N. O., & Ansdell, P. (2019). Elucidating the Neurophysiology of Local Vibration: Changes in Neuromodulatory Drive Rather than Presynaptic Inhibition? *The Journal of Physiology*, 597(24), 5753-5755. Retrieved 6. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1113/jp279018>
- Teh, W. C., & Shihabudin, T. M. T. M. (2020). Accuracy of McMurray's test, the Modified Version, and Joint-line Tenderness in Diagnosing Chronic Meniscal Tear in the Knee Joint: A Cross-sectional Study. *Current Orthopaedic Practice*, 31(1), 13-17. Retrieved 28. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://sci-hub.se/10.1097/BCO.00000000000000823>
- Tengrootenhuysen, M., Meermans, G., Pittoors, K., Van Riet, R., & Victor, J. (2011). Long-term Outcome after Meniscal Repair. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19(2), 236-241. Retrieved 22. 2. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1286-y>
- Thijs, Y., Witvrouw, E., Evens, B., Coorevits, P., Almqvist, F., & Verdonk, R. (2006). A Prospective Study on Knee Proprioception after Meniscal Allograft Transplantation. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(3), 223-229. Retrieved 5. 4. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00565.x>

- Van Der Esch, M., Knoop, J., Hunter, D. J., Klein, J.-P., Van Der Leeden, M., Knol, D. L., Reiding, D., Voorneman, R. E., Gerritsen, M., Roorda, L. D., Lems, W. F., & Dekker, J. (2013). The Association between Reduced Knee Joint Proprioception and Medial Meniscal Abnormalities Using MRI in Knee Osteoarthritis: Results from the Amsterdam Osteoarthritis Cohort. *Osteoarthritis and Cartilage*, *21*(5), 676-681. Retrieved 5. 2. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.joca.2013.02.002>
- Van Der Esch, M., Steultjens, M., Harlaar, J., Knol, D., Lems, W., & Dekker, J. (2007). Joint Proprioception, Muscle Strength, and Functional Ability in Patients With Osteoarthritis of the Knee. *Arthritis & Rheumatism*, *57*(5), 787-793. Retrieved 28. 6. 2021 from the World Wide Web: <http://doi.org/10.1002/art.22779>
- Vedi, V., Williams, A., Tennant, S. J., Spouse, E., Hunt, D. M., & Gedroyc, W. M. W. (1999). Meniscal Movement - An in-vivo Study Using Dynamic MRI. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, *81*(1), 37-41. Retrieved 4. 2. 2021 from the World Wide Web: <https://online.boneandjoint.org.uk/doi/pdf/10.1302/0301-620X.81B1.0810037>
- Verdonk. P., & Vererfve, P. (2010). Traumatic Lesions: Stable Knee, ACL Knee. In P. Beaufils, & R. Verdonk, *The Meniscus* (pp. 45-49). New York: Springer
- Wadhwa, V., Omar, H., Coyner, K., Khazzam, M., Robertson, W., & Chhabra, A. (2016). ISAKOS Classification of Meniscal Tears—Illustration on 2D and 3D Isotropic Spin Echo MR Imaging. *European Journal of Radiology*, *85*(1), 15-24. Retrieved 21. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2015.10.022>
- Wilson, A. S., Legg, P. G., & McNeur, J. C. (1969). Studies on the Innervation of the Medial Meniscus in the Human Knee Joint. *The Anatomical Record*, *165*(4), 485–491. Retrieved 24. 1. 2021 from the World Wide Web: [sci-hub.se/10.1002/ar.1091650404](http://sci-hub.se/10.1002/ar.1091650404)
- Wilson, P. L., Wyatt, Ch. W., Romero, J., Sabatino, M. J., & Ellis, H. B. (2018). Incidence, Presentation, and Treatment of Pediatric and Adolescent Meniscal Root Injuries. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, *6*(11). Retrieved 6. 2. 2021 from the World Wide Web: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6240976/pdf/10.1177\\_2325967118803888.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6240976/pdf/10.1177_2325967118803888.pdf)

- Wu, I. T., Hevesi, M., Desai, V. S., Camp, C. L., Dahm, D. L., Levy, B. A., Stuart, M. J., & Krych, A. J. (2018). Comparative Outcomes of Radial and Bucket-Handle Meniscal Tear Repair: A Propensity-Matched Analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 46(11), 2653–2660.
- Wymenga, A. B., Kats, J. J., Kooloos, J., & Hillen, B. (2006). Surgical Anatomy of the Medial Collateral Ligament and the Posteromedial Capsule of the Knee. *Knee Surgery Sports Traumatology, Arthroscopy*, 14(3), 229-234. Retrieved 20. 1. 2021 from the World Wide Web: [https://www.researchgate.net/publication/7516581\\_Surgical\\_anatomy\\_of\\_the\\_medial\\_collateral\\_ligament\\_and\\_the\\_posteromedial\\_capsule\\_of\\_the\\_knee](https://www.researchgate.net/publication/7516581_Surgical_anatomy_of_the_medial_collateral_ligament_and_the_posteromedial_capsule_of_the_knee)
- Yoo, Y.-D., & Lee, Y.-S. (2012). The Effect of Core Stabilization Exercises Using a Sling on Pain and Muscle Strength of Patients with Chronic Low Back Pain. *Journal of Physical Therapy Science*, 24(8), 671-674. Retrieved 6. 2. 2021 from the World Wide Web: <http://doi.org/10.1589/jpts.24.671>
- You, M.-W., Park, J., Park, S., Jin, W., & Ryu, K. (2014). Posterior Root of Lateral Meniscus: The Detailed Anatomic Description on 3T MRI. *Acta Radiologica*, 55(3), 359-365. Retrieved 23. 1. 2021 from the World Wide Web: [sci-hub.se/10.1177/0284185113496677](http://sci-hub.se/10.1177/0284185113496677)
- Youn, G. M., Van Gogh, A. M. R., Mirvish, A. B., Chakrabarti, M. O., McGahan, P. J., & Chen, J. L. (2020). Inside-Out Bucket-Handle Meniscus Repair With a Single-Handed Self-Advancing Zone-Specific Meniscus Repair Device. *Arthroscopy Techniques*, 9(1), 117-121. Retrieved 26. 3. 2021 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.eats.2019.09.007>
- Zdanowicz, U., & Śmigielski, R. (2017). Meniscus Anatomy. In R. F. LaPrade, E. A. Arendt, A. Getgood, & S. C. Faucett, *The Menisci* (pp. 1-8). Berlin: Springer.
- Zimny, M. L., Albright, D. J., & Dabezies, E. (1988). Mechanoreceptors in the Human Medial Meniscus. *Cells Tissues Organs*, 133(1), 35-40. Retrieved 24. 1. 2021 from the World Wide Web: [sci-hub.se/10.1159/000146611](http://sci-hub.se/10.1159/000146611)

## 11 PŘÍLOHY

Seznam příloh:

Příloha 1	Informovaný souhlas
Příloha 2	Vyjádření etické komise FTK UP
Příloha 3	Lysholmův skórovací dotazník
Příloha 4	Vizuální analogová stupnice
Příloha 5	Tabulka s výsledky experimentální skupiny Lysholmova skórovacího dotazníku
Příloha 6	Tabulka s výsledky kontrolní skupiny Lysholmova skórovacího dotazníku
Příloha 7	Tabulka s výsledky Lysholmova skórovacího dotazníku, Wilcoxonův test
Příloha 8	Potvrzení o překladu

## **Příloha 1.** Informovaný souhlas

### Informovaný souhlas

**Název studie:** Ovlivnění funkčního stavu a rozsahu pohybu kolenního kloubu u pacientů po artroskopické operaci kolenního kloubu s využitím systému Redcord Stimula.

Jméno:

Datum narození:

Účastník byl do studie zařazen pod číslem:

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Pokud je studie randomizovaná, beru na vědomí pravděpodobnost náhodného zařazení do jednotlivých skupin lišících se léčbou.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:

Podpis fyzioterapeuta pověřeného touto studií:

Datum:

Datum:

## Příloha 2. Vyjádření etické komise FTK UP



Fakulta  
tělesné kultury

### Vyjádření Etické komise FTK UP

**Složení komise:** doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně  
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.  
doc. MUDr. Pavel Maňák, CSc.  
Mgr. Filip Neuls, Ph.D.  
Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.  
prof. Mgr. Erik Sigmund, Ph.D.  
doc. Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D.

Na základě žádosti ze dne 6.4.2021 byl projekt diplomové práce

Autor /hlavní řešitel/: **Bc. Lucie Poláchová**

s názvem: **Ovlivnění funkčního stavu a rozsahu pohybu kolenního kloubu u pacientů po arthroscopické operaci kolenního kloubu s využitím systému Redcord Stimula**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: **66/2021**  
dne: **4. 5. 2021**

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

**Řešitelka projektu splnila podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.**

za EK FTK UP  
doc. PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.  
předsedkyně

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury  
Komise etická  
třída Míru 117 | 771 01 Olomouc

Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci  
třída Míru 117 | 771 01 Olomouc | T: +420 585 636 009  
www.ftk.upol.cz

## Lysholm Knee Scoring Scale

Jméno:	Doba od operace:
Datum:	Typ operace:
Věk:	

V následujících otázkách zaškrtněte vždy jednu odpověď, která nejlépe odpovídá Vašemu zdravotnímu stavu.

### 1. Kulhání

- Vůbec (5)
- Mírně nebo občas (3)
- Výrazně, stále (0)

### 2. Využití berlí/hole

- Vůbec (5)
- Při vyšší zátěži (2)
- Nemožnost zatížit končetinu (0)

### 3. Pocit zablokování kolene

- Žádný pocit zablokování/zadrhávání (15)
- Pocit zadrhávání, ale ne zablokování (10)
- Občas pocit zablokování (6)
- Často pocit zablokování (2)
- Neustálý pocit blokace (0)

### 4. Pocit podklesávání kolene (nestability v rotacích)

- Nepodklesává, není nestabilní (25)
- Vzácně – při náročnějších aktivitách (20)
- Často při náročnějších aktivitách (15)
- Občas během rutinních denních aktivit (10)
- Často během rutinních denních aktivit (5)
- Koleno podklesává/je nestabilní stále (0)

**5. Bolest**

- Žádná (25)
- Občasná nebo mírná bolest při náročných aktivitách (20)
- Silná bolest při náročných aktivitách (15)
- Silná bolest při nebo po chůzi delší než 1 km (10)
- Silná bolest při nebo po chůzi kratší než 1 km (5)
- Neustálá bolest (0)

**6. Otok**

- Nepřítomný (10)
- Objeví se jen po náročné aktivitě (6)
- Objeví se po běžné aktivitě (2)
- Neustále přítomný (0)

**7. Chůze do schodů**

- Bez problému (10)
- Mírné problémy (6)
- Jsem občas schopen chůze do schodů (2)
- Nejsem schopen chůze do schodů (0)

**8. Dřep**

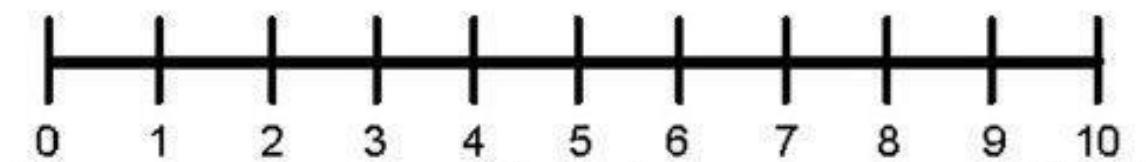
- Bez problému (5)
- S mírnými problémy (4)
- Neprovedu dřep pod 90° ohybu kolene (1)
- Nejsem vůbec schopen provést dřep (0)

**Celkové skóre**



#### Příloha 4. Vizuální analogová stupnice

Do přímký zakreslete Vaši aktuálně pociťovanou bolest (0 = žádná bolest, 10 = maximální možná bolest)



#### Příloha 5. Tabulka s výsledky experimentální skupiny Lysholmova skórovacího dotazníku

č. probanda		Experimentální skupina						
		1	2	3	4	5	6	7
Kulhání	před	0	3	3	3	5	3	3
	po	5	3	5	5	5	5	3
Berle	před	2	2	2	2	2	2	2
	po	5	5	5	5	5	5	5
Zablokování kolene	před	15	10	15	15	15	15	6
	po	15	15	15	15	15	15	6
Podklesávání kolene	před	25	20	20	15	25	25	25
	po	25	25	25	20	25	25	25
Bolest	před	20	15	20	20	20	20	20
	po	20	20	25	25	25	20	20
Otok	před	10	6	6	0	0	2	10
	po	2	6	10	10	10	10	10
Chůze do schodů	před	10	6	6	6	6	6	6
	po	10	10	10	10	10	6	10
Dřep	před	0	0	1	1	1	0	0
	po	5	4	1	5	5	4	5
Celkové skóre	před	82	62	73	62	74	73	72
	po	87	88	96	95	100	90	84

**Příloha 6.** Tabulka s výsledky kontrolní skupiny Lysholmova skórovacího dotazníku

č. probanda		Kontrolní skupina						M(E) ± SD	M(K) ± SD	
		8	9	10	11	12	13			14
Kulhání	před	3	5	0	5	0	0	3	2,9 ± 1,4	2,3 ± 2,1
	po	5	5	5	5	3	3	5	4,4 ± 0,9	4,4 ± 0,9
Berle	před	5	5	2	5	5	5	2	2 ± 0	4,1 ± 1,4
	po	5	5	5	5	5	5	5	5 ± 0	5 ± 0
Zablokování kolene	před	15	15	2	15	15	10	10	13 ± 3,3	11,7 ± 4,5
	po	15	15	6	15	10	6	10	13,7 ± 3,1	3,8
Podklesávání kolene	před	20	10	0	20	10	10	10	22,1 ± 3,6	11,4 ± 6,4
	po	25	25	20	25	10	10	25	24,3 ± 1,7	20 ± 6,5
Bolest	před	20	20	5	20	20	15	20	19,3 ± 1,7	17,1 ± 5,2
	po	25	25	20	20	20	20	25	22,1 ± 2,5	22,1 ± 2,5
Otok	před	6	10	0	10	0	10	6	4,9 ± 4	6 ± 4,1
	po	10	10	6	10	10	10	6	8,3 ± 2,9	8,9 ± 1,8
Chůze do schodů	před	6	6	2	6	6	2	6	6,6 ± 1,4	4,9 ± 1,8
	po	10	10	6	10	6	6	10	9,4 ± 1,4	8,3 ± 2,0
Dřep	před	4	4	2	1	1	1	4	0,4 ± 0,5	2,4 ± 1,4
	po	5	4	4	5	4	5	5	4,1 ± 1,4	4,6 ± 0,5
Celkové skóre	před	79	75	11	82	57	53	61	71,1 ± 6,6	59,7 ± 22,5
	po	100	99	72	95	68	65	91	91,4 ± 5,3	84,3 ± 14,2

*Vysvětlivky:* M(E) – průměrné skóre experimentální supiny

M(K) – průměrné skóre kontrolní skupiny

SD – směrodatná odchylka

**Příloha 7.** Tabulka s výsledky Lysholmova skórovacího dotazníku, Wilcoxonův test

Hodnocená oblast	Kontrolní		Experimentální	
	Z	P-hodnota	Z	P-hodnota
Kulhání	2,022600	0,043115*	1,825742	0,067890
Berle/hole	1,341641	0,179713	2,366432	0,017961*
Zablokování kolene	0,801784	0,422679		
Podklesávání kolene	2,022600	0,043115*	1,603567	0,108810
Bolest	2,022600	0,043115*	1,825742	0,067890
Otok	1,603567	0,108810	1,348400	0,177531
Chůze do schodů	2,201398	0,027709*	2,022600	0,043115*
Dřep	2,201398	0,027709*	2,201398	0,027709*
Celkové skóre	2,366432	0,017961*	2,366432	0,017961*

Vysvětlivky: \*p < 0.05 mezi kontrolní a experimentální skupinou

## **Příloha 8. Potvrzení o překladu**

### **ABSTRACT**

The aim of this thesis was to assess the effect of therapy using the Redcord suspension system with the Redcord Stimula vibration tool in patients after knee arthroscopy on the functional status of the lower limb and the range of motion of the knee joint in comparison with conventional therapy. The study involved 14 probands aged 20 to 67 years, of which 7 were men and 7 were women. The patients were randomly divided into two groups with the same number of participants: a control group (K), which underwent conventional therapy, and an experimental group (E), where exercises using Redcord Stimula were added to the therapy. All participants underwent a total of 10 thirty-minute therapies. The Lysholm knee scoring scale and a visual analogue scale were used to assess functional status, and the range of motion of the operated knee joint was measured. In both groups, there was an improvement in the functional status of the knee joint after therapy, which was manifested by an increase in the Lysholm score, a decrease in the reported value on the visual analogue scale and an increase in the range of motion to flexion in the knee joint. The final mean Lysholm score was 7.1 points higher in the experimental group than in the control group. This difference was not statistically significant according to the Mann-Whitney U test. In contrast, the range of motion final values were on average 7° higher in the control group, which was found to be statistically significant in comparison with the experimental group. However, the average improvement in range of motion was more pronounced in the experimental group because the average range of motion before therapy was significantly lower in the experimental group. These results do not show a more significant effect of kinesiotherapy supplemented by exercise with the Redcord Stimula vibration tool compared to conventional therapy.

We confirm the accuracy and completeness of the translation

Express Překlady s.r.o. Dobrušská 880/6 Praha 4, 14700

ID: 05279561,

11th June 2021

Express Překlady s.r.o.  
Dobrušská 880/6  
147 00 Praha  
IC: 05279461

## SUMMARY

This Master's thesis deals with the effect of kinesiotherapy supplemented by exercises using the Redcord suspension system with the Redcord Stimula vibration tool on the functional status and range of motion of the knee joint in patients after knee arthroscopy following a meniscus injury. The Lysholm knee scoring scale was used to assess functional status, the range of motion was measured with a two-arm goniometer, and a visual analogue scale was used to assess pain.

The first chapters of the theoretical part describe the physiological properties of menisci, their injuries and the possibilities of surgical solution. Furthermore, the findings on proprioception related to the knee joint and its changes due to injury or surgery are summarized. An important basis for the practical part of the paper is the chapter on the use and effect of vibration in therapy. The last chapter is devoted to the description of the Redcord suspension system and the Redcord Stimula vibration tool.

The methodology of practical research describes the course of initial and final examination and therapy of experimental and control groups. The research group consisted of 14 patients after knee arthroscopy following a meniscus injury. The patients were randomly divided into experimental and control groups. The control group underwent conventional therapy including soft tissue treatment, kinesiotherapy to increase range of motion, muscle strength and improve knee joint stability, and electrogymnastics to activate the vastus medialis et lateralis muscle. The therapy of the experimental group included, in addition to the therapy of the control group, two exercises with the Redcord suspension system and the application of vibration by the Redcord Stimula tool. All patients attended 10 thirty-minute rehabilitation sessions at RRR Centrum in Olomouc.

The patients in the experimental group achieved an average of 7.1 points higher on the Lysholm knee scoring scale at the final examination than patients in the control group. Although this result was not evaluated as statistically significant, the significance may be evident from a clinical point of view. The question is whether statistical significance would manifest itself in a larger number of probands.

The values obtained from the visual analogue scale decreased significantly in both groups after therapy. The final results were not statistically significant when comparing the groups. There was also a significant improvement in the range of motion in both

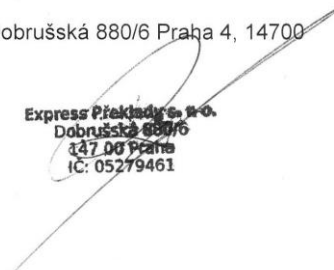
groups. In the experimental group, there was a larger difference in the average range of motion before and after therapy compared to the control group. However, the patients in the control group achieved an average of 7° greater range of motion compared to the experimental group, and this difference in values was assessed as statistically significant. Based on these results, it can be said that the addition of exercises using the Redcord suspension system with the Redcord Stimula vibration tool has no better effect on the range of motion compared to conventional therapy.

We confirm the accuracy and completeness of the translation

Express Překlady s.r.o. Dobrušská 880/6 Praha 4, 14700

ID: 05279561,

11th June 2021

  
Express Překlady s.r.o.  
Dobrušská 880/6  
147 00 Praha  
IC: 05279461