

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

MODERNÍ OPERATIVA A NÁSLEDNÁ REHABILITACE U PACIENTŮ PO
PLASTIKÁCH PŘEDNÍHO ZKŘÍŽENÉHO VAZU

Diplomová práce

(bakalářská)

Autor: Sabina Průchová, obor fyzioterapie

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

Olomouc 2019

Jméno a příjmení autora: Sabina Průchová

Název bakalářské práce: Moderní operativa a následná rehabilitace u pacientů po plastikách předního zkříženého vazů

Pracoviště: Katedra fyzioterapie

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

Rok obhajoby bakalářské práce: 2019

Abstrakt: Ruptura předního zkříženého vazů patří mezi nejčastější poranění vazivového aparátu kolenního kloubu. Přední zkřížený vaz je jedním z hlavních stabilizátorů kolenního kloubu a jeho poranění má tudíž negativní vliv na stabilitu. V důsledku poranění je proto často indikováno operační řešení náhrady poškozeného vazů artroskopicky asistovanou plastikou. V současné době je většina náhrad prováděna metodou single bundle, ale do popředí se dostávají i metody vícesvazkových operací jako metoda double bundle a triple bundle nebo metoda vnitřní fixace vazů. Teoretická část práce shrnuje poznatky o histologii, anatomii, biomechanice, typech štěpů a rizikových faktorech poranění předního zkříženého vazů. Hlavní pozornost je věnována jednotlivým operačním metodám s důrazem na rehabilitační léčbu. Praktická část předkládá příkladovou studii s návrhem krátkodobého a dlouhodobého rehabilitačního plánu u pacienta s artroskopicky asistovanou plastikou předního zkříženého vazů metodou single bundle s využitím aloštěpu.

Klíčová slova: kolenní kloub, poranění, přední zkřížený vaz, operační metody, rehabilitace

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Sabina Průchová

Title of the bachelor thesis: Modern surgical procedures and postoperative rehabilitation in patients with anterior cruciate ligament reconstruction

Department: Department of physiotherapy

Supervisor: PhDr. David Smékal, Ph. D.

The year of presentation: 2019

Abstract: The anterior cruciate ligament rupture is one of the most frequent knee ligament injuries. The anterior cruciate ligament is one of the main stabilizers of a knee joint and thus its injury has a negative impact on the stability. An arthroscopic assisted anterior cruciate ligament reconstruction is often indicated as a consequence of the rupture. The most common type of a reconstruction is single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction in these days. However, the number of double-bundle and triple-bundle reconstructions and internal bracing fixations is increasing lately. The theoretical part of the thesis summarizes the knowledge about the histology, anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament, types of grafts and potential risk factors of the anterior cruciate ligament injury. The main attention is paid on the particular types of the surgical techniques of reconstruction and the postoperative rehabilitation. The practical part of the thesis presents a case study including a short-term and a long-term rehabilitation care in a patient with arthroscopic assisted anterior cruciate ligament reconstruction using an allograft single-bundle reconstruction technique.

Keywords: knee joint, injury, anterior cruciate ligament, surgical procedures, rehabilitation

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

Prohlašuji, že jsem bakalářskou 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 29. 4. 2019

.....

Ráda bych touto cestou srdečně poděkovala PhDr. Davidu Smékalovi, Ph.D. za pomoc a trpělivost, cenné rady a odborné vedení, které mi poskytl při zpracování bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala pacientovi za jeho čas a ochotu. Moje poděkování patří také Mgr. Ondřeji Sedlákovvi za překlady anglicky psaných textů práce a v neposlední řadě také mojí rodině a přátelům za neustálou podporu.

OBSAH

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | ÚVOD..... | 8 |
| 2 | CÍLE | 10 |
| 3 | PŘEHLED POZNATKŮ..... | 11 |
| 3.1 | Ontogeneze ACL..... | 11 |
| 3.2 | Histologie ACL | 11 |
| 3.3 | Cévní a nervové zásobení ACL..... | 13 |
| 3.4 | Anatomická stavba ACL | 15 |
| 3.5 | Biomechanika ACL..... | 18 |
| 3.6 | Rizikové faktory a mechanismy poranění ACL..... | 20 |
| 3.6.1 | Rizikové faktory prostředí..... | 21 |
| 3.6.2 | Riziková faktory anatomické..... | 22 |
| 3.6.3 | Rizikové faktory hormonální..... | 23 |
| 3.6.4 | Rizikové faktory neuromuskulární | 24 |
| 3.6.5 | Rizikové faktory genetické..... | 24 |
| 3.6.6 | Poranění předního zkříženého vazů..... | 24 |
| 3.7 | Diagnostika poranění ACL | 25 |
| 3.8 | Artroskopické rekonstrukce ACL | 29 |
| 3.8.1 | Typy štěpů | 30 |
| 3.8.1.1 | Autogenní transplantáty..... | 30 |
| 3.8.1.2 | Alogenní transplantáty | 30 |
| 3.8.1.3 | Syntetické transplantáty | 31 |
| 3.8.2 | Single bundle metoda | 31 |
| 3.8.2.1 | Rekonstrukce štěpem z hamstringů | 33 |
| 3.8.2.2 | Rekonstrukce štěpem z ligamentum patellae..... | 35 |
| 3.8.2.3 | Rekonstrukce štěpem ze šlachy m. quadriceps femoris..... | 37 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 3.8.3 | Double bundle metoda..... | 38 |
| 3.8.3.1 | Rekonstrukce štěpem ze šlach m. semitendinosus a m. gracilis. | 40 |
| 3.8.3.2 | Rekonstrukce štěpem z hamstringů | 41 |
| 3.8.4 | Triple bundle metoda..... | 44 |
| 3.8.5 | Internal brace metoda | 47 |
| 3.8.6 | Rehabilitace | 48 |
| 3.8.6.1 | Předoperační fáze..... | 49 |
| 3.8.6.2 | Časná pooperační fáze | 51 |
| 3.8.6.3 | Pooperační fáze..... | 54 |
| 3.8.6.4 | Pozdní pooperační fáze..... | 56 |
| 3.8.6.5 | Rekonvalescenční fáze..... | 58 |
| 4 | KAZUISTIKA..... | 59 |
| 5 | DISKUZE | 67 |
| 6 | ZÁVĚR..... | 74 |
| 7 | SOUHRN..... | 76 |
| 8 | SUMMARY | 77 |
| 9 | SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK | 78 |
| 10 | REFERENČNÍ SEZNAM..... | 80 |
| 11 | PŘÍLOHY | 103 |

1 ÚVOD

Poranění předního zkříženého vazů (ACL) patří mezi nejvíce frekventovaná ortopedická poranění. Incidence poranění nebyla v široké populaci přesně definována, ale četnost výskytu se udává mezi 30 až 78 případy na 100 000 obyvatel. 72 % poranění vzniká při sportovní aktivitě. Dosud dostupné meta-analýzy upozorňují, že četnost výskytu se liší mezi pohlavími, jednotlivými sporty a také jednotlivými jedinci, participujícími na preventivních sportovních programech. V souvislosti se zvýšením úrovně sportovních aktivit populace, a to i ve vyšším věku, incidence poranění předního zkříženého vazů narůstá a má neustále rostoucí tendenci. Aby byli pacienti schopni návratu k původním aktivitám, indikuje se ve většině případů artroskopická rekonstrukce vazů (Daggett, Redler, & Witte, 2018; Erickson et al., 2017; Sanders et al., 2016; Wetters, Weber, Wuerz, Schub, & Mandelbaum, 2016).

Bohužel se vzrůstajícím počtem provedených artroskopických operací předního zkříženého vazů, vzrůstá také počet replastik a následných revizí. U mladých pacientů, kteří se věnují sportovním aktivitám zahrnujícím skákání, prudké změny pohybů nebo rotační pohyby, je procento selhání štěpu mezi 5-25 %. Zajímavostí je, že pouze 25 % selhání rekonstrukcí ACL je z důvodu opakovaného poranění. Oproti tomu 75 % je způsobeno technickými nedostatky během operačního výkonu. Většinu těchto případů tvoří neadekvátní umístění kostěných kanálů (Erickson et al., 2017).

Celá řada operátorů se zabývala tím, jak zlepšit úspěšnost rekonstrukcí ACL. I když jsou v současné době užívány nejčastěji artroskopicky asistované operace metodou jednosvazkových rekonstrukcí, které dosahují ve vysokém procentu uspokojivých výsledků, vývoj nových metod se však neustále vyvíjí. Aby byl výsledný stav pacientů co nejlepší, nově se vyvinuly vícesvazkové operace, při kterých je štěp předního zkříženého vazů umístován více v anatomickém postavení původního vazů. Mezi tyto metody zahrnujeme „double bundle“ rekonstrukci, která byla následována metodou „triple bundle“. Někteří pacienti, zejména sportovci se však po rekonstrukci nebyli schopni vrátit na původní funkční úroveň, protože nebyla zachována proprioceptivní funkce ACL. Tento poznatek vedl k rozvoji metody vnitřní fixace vazů – „internal brace“, při které je propriocepce kolenního kloubu obnovena a zachována (Kato et al., 2010; Relph, Herrington, & Tyson, 2014).

Téma bakalářské práce jsem si vybrala, protože jsem se na klinické praxi setkala s několika pacienty, kteří podstoupili artroskopickou operaci metodou vnitřní fixace vazů – „internal brace“. Metoda i problematika poranění předního zkříženého vazů mne velmi zaujala také proto, že již několik let spolupracuji s fotbalovým týmem, kde je četnost tohoto poranění vysoká a někteří hráči se i po delší době nejsou schopni vrátit na úroveň původní funkční výkonnosti.

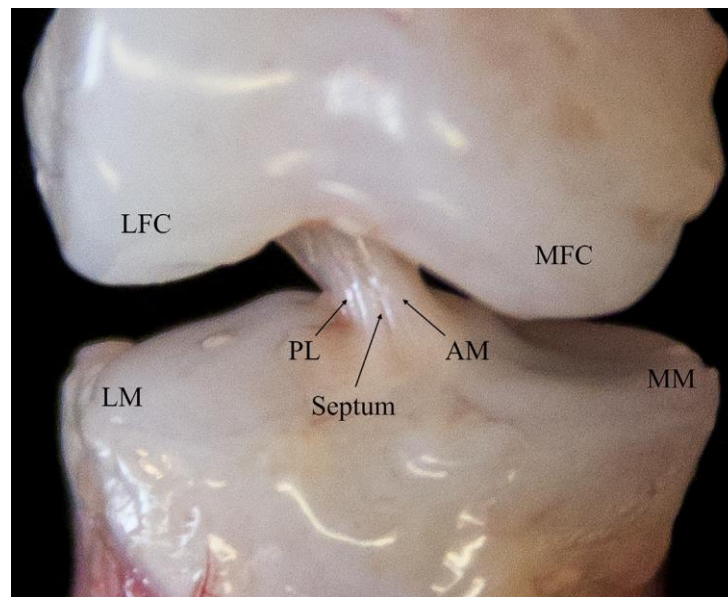
2 CÍLE

Cílem práce je literární rešerše odborné literatury na téma moderní operativy při rekonstrukcích předního zkříženého vazů. V kapitole rehabilitace je cílem shrnout aktuální rehabilitační postupy dle EBM, které jsou aplikovány.

3 PŘEHLED POZNATKŮ

3.1 Ontogeneze ACL

Přední zkřížený vaz je intraartikulární extrasynoviální struktura. Převládající hypotéza o vzniku ACL udává, že společně s menisky vzniká u zárodku ventrální kondenzací fetálního blastomu v polovině 7. týdne gestace. Postupně dochází k jeho migraci dorzálně s formací interkondylického prostoru. Další diskutovaný mechanismus formování ACL je splynutí kolagenních vláken ligamenta s vlákny periostu. Mezi 7. až 8. týdnem gestace je již vaz plně detekovatelný. V 16. týdnu gestace je již patrné rozlišení ACL na jeho dva svazky (Obrázek 1). V tomto stádiu je ACL podobný jako u dospělého s tím rozdílem, že jeho svazky jsou uloženy více paralelně a femorální komponenta vazy je širší. Histologicky má vaz embrya více buněčného podílu a cévních spojek. Jednotlivé svazky jsou od sebe odděleny membranózním septem stejně, jako u dospělého člověka (Gardner & O'Rahilly, 1968; Griffin, 1995; Hartl & Štipčák, 2010; Hill, 2018; Irarrázaval, Albers, Chao, & Fu, 2017; Prodromos et al., 2008).

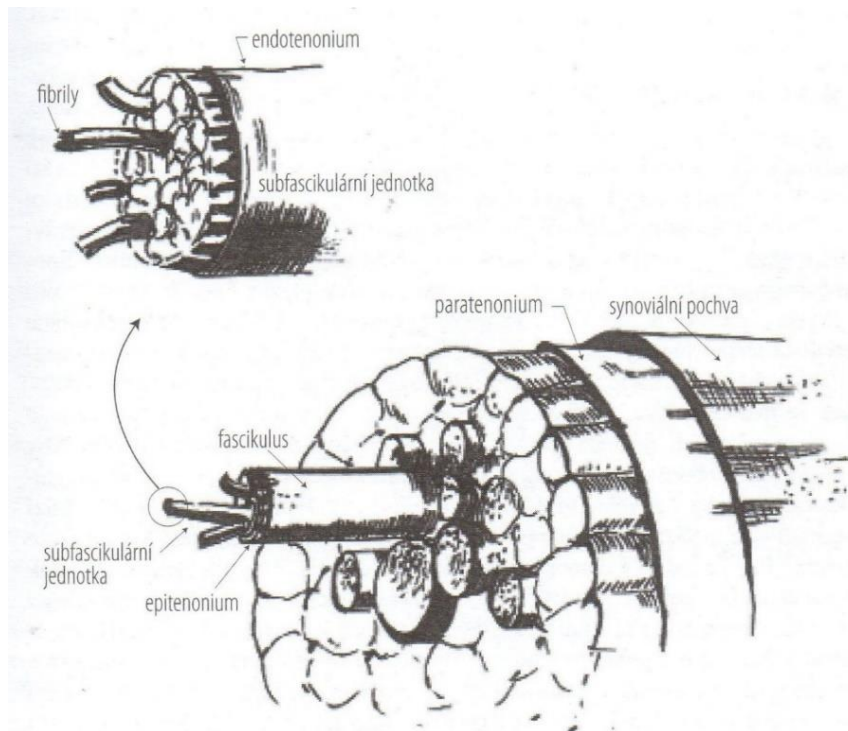


Obrázek 1. Rozlišení svazků předního zkříženého vazy u 16 týdnů starého plodu (Irarrázaval et al., 2017, 11)

3.2 Histologie ACL

Duthon et al. (2006) uvádí, že přední zkřížený vaz je složen z četných fascikulů, jejichž základní strukturou jsou kolagenní vlákna. Ta jsou obalena paratenoniem.

Každý fascikulus je složen z několika subfascikulů, jejichž obal tvoří epitenonium (Obrázek 2). Subfascikuly jsou složeny z vláken kolagenu II. typu a endotenonia. Hartl a Štípcák (2010) dodávají, že celý vaz je kryt synoviální řasou, která vychází ze zadní části interkondylického prostoru a končí u tibiálního úponu.



Obrázek 2. Mikrostruktura předního zkříženého vazů (Hartl & Štípcák, 2010, 11)

Stocchi et al. (1992) popisují dva typy vláken. První typ tvoří vlákna různých průměrů od 35 do 75 nm. Tato vlákna tvoří přes 50 % ACL a jejich specifickou funkcí je odolávat tažným silám. Druhým typem jsou vlákna stejného průměru 45 nm. Tvoří přes 43 % vazů a jejich funkcí je udržování trojdimenzionální struktury vazů. Zbývajících necelých 6 % tvoří buněčné komponenty a matrix.

V průběhu ACL můžeme histologicky rozlišit několik typů kolagenních vláken. Kolagen typu I. je dominantní ve struktuře vazů a šlach. Jeho vlákna jsou orientována rovnoběžně s podélnou osou vazů, díky čemuž je zodpovědný za odolnost vůči tahu. Kolagen typu II. není typický pro strukturu vazů, ale spíše chrupavek. Má ale svou nezastupitelnou funkci ve fibrokartilaginózních okrcích, především v místě úponu tibiální a femorální části. Tento typ vláken bývá častěji vystaven působení tlaku a sřížmých sil. Kolagen typu III. je obsažen v celé struktuře ACL s maximem v úponových oblastech vazů. Je zcela zásadní pro pružnost a ohebnost vazů.

Většina kolagenu, syntetizovaného v časných fázích procesu hojení po rekonstrukčních operacích, je právě kolagen typu III. Jeho množství vzrůstá během remodelace tkáně po plastice ACL. Zbytek tvoří kolagen typu IV., V., VI., XI. a XIV (Von der Mark, 1981).

Voda tvoří 60-80 % celkové hmotnosti předního zkříženého vazů. Její obsah je spojen s obsahem proteoglykanů a glykosaminů, které tvoří s vodou četné vazby díky hydroxylové skupině. V závislosti na množství vody se mění také viskoelastické vlastnosti ACL. Důležitou složkou jsou také elastická vlákna, díky kterým může vaz měnit svoji délku během pohybu, aniž by došlo k jeho poškození (Duthon et al., 2006).

Duthon et al. (2006) rozlišují v průběhu předního zkříženého vazů 3 části:

Proximální část, která je méně pevná, obsahuje fibroblasty a velký podíl buněčné komponenty jako kolagen typu II. a glykoproteiny fibronektin a laminin. Alberts et al. (2015) uvádí, že fibronektin má funkci vázat na svou strukturu celou řadu jiných molekul, díky čemuž je také rozmanitá jeho funkce. Podílí se také na hojení ran a udržování tvaru buněk. Laminin je glykoprotein křížovitého tvaru, který se díky vazbě s jinými strukturami může vázat s kolagenem.

Střední část obsahuje buňky vřetenovitého tvaru, které jsou nejhojnější v centrální části vazů, kde vytváří vlastní fusiformní zónu. Ta má, díky přítomnosti těchto buněk, longitudinální uspořádání. Oproti proximální části vazů, je však množství buněčné komponenty menší. Největší podíl mají kolagenní a elastická vlákna. Své zastoupení zde mají také buňky chrupavky a fibroartilaginózní okrsky, které jsou především v přední části, v místě styku vazů s lemem interkondylického prostoru (Alberts et al., 2015).

Distální část je charakterizována největší tuhostí, díky vysokému obsahu chondroblastů a fibroblastů a malé hustotě kolagenních vláken (Alberts et al., 2015; Hartl & Štípcák, 2010).

3.3 Cévní a nervové zásobení ACL

Hlavní zdrojem cévního zásobení je arteria genicularis media (a. genicularis media), která je cévní větví z arteria poplitea. Ve svém extrakapsulárním úseku je arterie zanořena do tukové hmoty popliteálního prostoru. V jejím průběhu ji doprovází žíly a nervus articularis posterior (n. articularis posterior). Ve svém průběhu proráží tepna zadní kloubní pouzdro a prochází přes jeden z otvorů v průběhu ligamentum popliteum

obliguum. Ve svém průběhu se blíží více laterálnímu než mediálnímu kondylu femuru. Uvnitř kloubu se arterie větví a vytváří periligamentózní plexus, který vydává větévky pro cévní zásobení měkkých tkání interkondylárního prostoru, včetně předního zkříženého vazy. Při poranění ACL je tento plexus příčinou vzniku hemartrosu. Cévní zásobení z kostních úponů a spojky z tukového tělesa je nevýznamné. Některé větévky periligamentózního plexu transverzálně proráží ligamentum a tvoří anastomózy s endoligamentózní pletením. Krevní distribuce v průběhu ACL není homogenní. Proximální část je mnohem lépe zásobena než část distální. V proximální části tibiálního úponu vazy je přítomen fibrokartilaginózní úsek velký 5-10 mm, který je zcela avaskulární. To je zcela jistě jeden z faktorů, který ovlivňuje menší potenciál hojení ACL (Duthon et al., 2006; Hartl & Štipčák, 2010; Petersen & Tillmann, 1999).

Inervaci předního zkříženého vazy zajišťuje větev n. tibialis – n. articularis posterior. Vychází z n. tibialis ve fossa poplitea, obtáčí se kolem popliteální tepny a žíly a prostupuje zadním kloubním pouzdrům a vytváří popliteální plexus. Svými větvemi obklopuje ligamentum a prochází až k infrapatelárnímu tukovému tělesu ventrálně. Většina vláken má vasomotorickou funkci. Drobnější myelinizovaná a nemyelinizovaná vlákna probíhají nezávisle na cévách a jsou uložena volně mezi fascikuly ligamenta. Spolu s mechanoreceptory a proprioreceptory má plexus zásadní význam pro kontrolu propriocepce a tonus okolních svalů. Z receptorů, podílejících se na propriocepci, je třeba zmínit:

- Ruffiniho tělíska – citlivá na protažení, která jsou uložena na povrchu ligamenta s největším zastoupením ve femorální části, kde je deformace vazy největší.
- Vater-Pacciniho tělíska – citlivá na prudké pohyby, která jsou uložena na femorálním i tibiálním konci vazy.
- Golgiho šlachová tělíska – brání přepětí, jsou uložena v místě úponu vazy i na jeho povrchu pod synoviální membránou.
- volná nervová zakončení – fungují jako nociceptory, ale mohou také uvolňovat vasoaktivní neuropeptidy, které mohou modulovat homeostázu při remodelaci štetu.

Aktivací aferentních nervových vláken dochází ke zpětnovazebnému řízení zapojení svalů kolenního kloubu, což je nazýváno “ACL reflex“. Této odpovědi je

dosaženo díky vláknům z mechanoreceptorů. Jak uvádí Konishi, Fukubayashi a Takeshita (2002) tento reflex je důležitý pro normální fungování vazů spolu s informací ze svalů kolenního kloubu. Zřetelně jej můžeme pozorovat u pacientů s rupturou ACL, u kterých dochází k deafferentaci těchto mechanoreceptorů s následným deficitem propiocepce a kinestezie, což také vede k oslabení m. quadriceps femoris (m. QF). Zpětná vazba z ACL má hlavní vliv na maximální volní kontrakci m. QF. U funkčně stabilních kolenních kloubů s chybějícím ACL, lze pozorovat specifickou EMG aktivitu při chůzi a doskocích – především zvýšenou činnost laterálních hamstringů, která kompenzuje insuficienci ACL a sníženou činnost právě m. quadriceps femoris. Zachování ACL během replantačních operací metodou internal brace tudíž může vést k udržení kvalitní propiocepce (Duthon, 2006; Hartl & Štipčák, 2010; Kennedy, Alexander, & Hayes, 1982; Nobuo, Mitsuo, Yuji, Junji, Koji, & Masakazu, 2002).

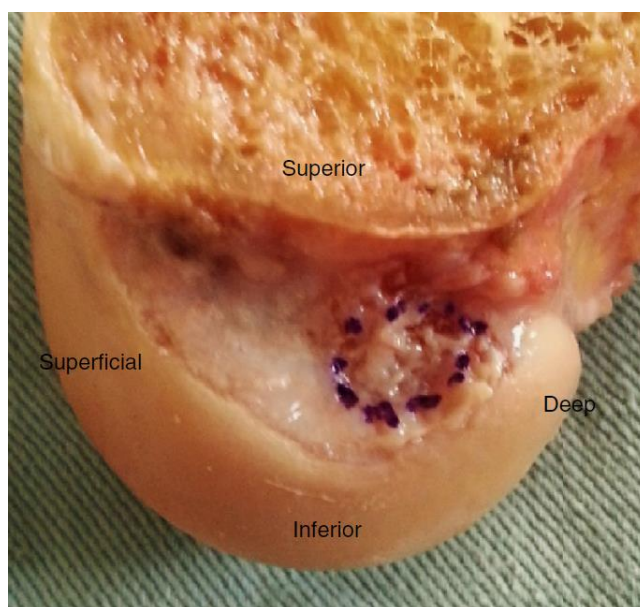
3.4 Anatomická stavba ACL

Prodromos et al. (2008) uvádí, že přední zkřížený vaz je struktura pojivové tkáně, která spojuje distální femur a proximální část tibie. Kapandji (1987) upozorňuje, že při ventrálním otevření kolenního kloubu, najdeme v interkondylickém deeprostoru oba zkřížené vazy. První z nich je právě přední zkřížený vaz. Bartoníček a Heřt (2004) dodávají, že označení „přední“ není pro tento vaz zcela přesné, neboť je odvozeno od tibiálního úponu. Femorální úpon obou zkřížených vazů má však průběh opačný.

Přední zkřížený vaz je struktura složená z četných fascikulů spojující distální femur a proximální tibií. Vaz ve svém průběhu směřuje od mediální plochy laterálního kondylu vpřed, mediálně a šikmo dolů směrem k tibií. Celková délka ligamenta se pohybuje mezi 22-41 mm a zásadně se liší v závislosti na poloze kolenního kloubu. Nejkratší je ACL v 90° flexi. V extenzi se může délka ligamenta prodloužit až o 5 % při působení síly ventrální nebo rotační. Šířka ligamenta se pohybuje mezi 7-12 mm. Šířka vazů není v celém průběhu konstantní a v místech úponu dosahuje vyšších hodnot než v jeho střední části (Duthon, 2006; Irarrázaval et al., 2017; Mall, Lee, Cole, & Verma, 2013).

Tvar vazů není plochý ani oválný, jeho struktura je mnohem složitější a mění se také podle polohy kolenního kloubu. Proto je také nutné odlišovat u ACL jeho anatomické části – femorální úpon, střední část a tibiální úpon (Bartoníček & Heřt, 2004; Duthon, 2006; Irarrázaval et al., 2017; Mall et al., 2013).

Femorální úpon ACL je umístěn na polokruhovitým políčku ležícím v oblasti dorzální části mediální plochy laterálního kondylu femuru. Velikost úponového políčka se může lišit mezi 10 až 24 mm (Obrázek 3). Šmigielski, Zdanowicz, Drwiega, Ciszek a Williams (2015) popisují dva způsoby úponu vláken ACL k femorálnímu kondylu. Takehiko et al. (2010) je dělí na vlákna přímého typu s charakteristickým zónovým uspořádáním, která umožňují rovnoměrné rozložení síly a vlákna nepřímého typu, které jsou ke kosti připojena pomocí kolagenních vláken bez přechodové zóny. Byla popsána také vlákna přímá, která se připojovala pod úhlem 90°. Právě na tato vlákna ACL působí největší síla a jsou nejvíce namáhaná, proto se právě zde mohou objevit mikrotraumata. Z toho důvodu je vaz během replantace ukotven na stejné místo a vlákna jsou nahrazena. Vlákna nepřímého typu jsou totiž slabší a nesnesou tak velkou zátěž (Benjamin et al., 2006; Hartl & Štipčák, 2010).



Obrázek 3. Pohled na mediální plochu laterálního kondylu femuru po odstranění ACL – linie úponu vazů vyznačena čárkovaně (Gali, Camargo, de Oliveira, Pereira, & da Silva, 2017, 3)

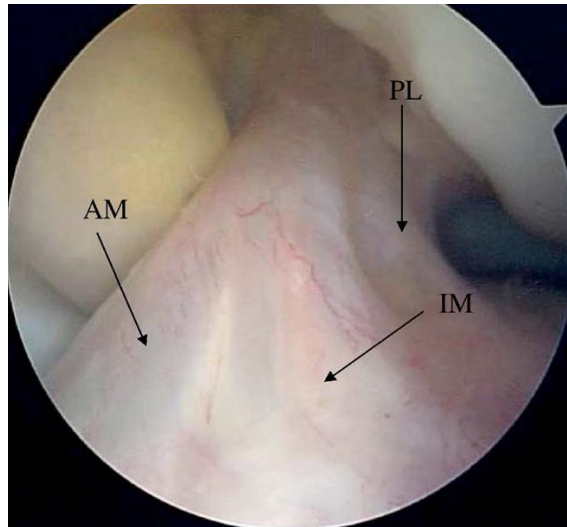
Někteří autoři uvádí, že střední část vazů není členěna na části. JINÍ naopak mluví o členění do dvou, tří nebo více svazků. Arnoczky (1983) uvádí, že je vaz tvořen z množství kolagenních vláken, které mu dodávají vzhled mnohosvazčité struktury. Dále doplňuje, že spíše než rozdíl anatomický, odlišuje svazky jejich funkce. Girgis, Marshall a Monajem (1975) publikovali, že ACL ve svojí struktuře zahrnuje dva svazky – anteromediální (AM) a posterolaterální (PL), podle anatomického umístění na tibii.

Oba svazky můžeme odděleně pozorovat artroskopicky při flexi 90°-120°. Ve svém průběhu se vlákna obou svazků navzájem kříží. Kapandji (1987) popisuje ve struktuře ACL ještě svazek třetí – intermediální (Hartl & Štípcák, 2010; Irarrázaval et al., 2017).

Úponové oblast vazů na tibií je dlouhá průměrně 11 mm a široká 17 mm. Celková velikost tibiálního úponu vazů je 120 % velikosti úponu femorálního. Úpon vazů je v těsné blízkosti k laterálnímu menisku, především zadní vlákna PL svazku se blíží zadnímu okraji laterálního menisku, v některých případech spolu také komunikují. Stejně tak je AM svazek v těsné blízkosti k přednímu rohu laterálního menisku. Z analýzy úponů ACL vyplývá fakt, že v 63 % případů bývá úpon vazů v kontaktu s laterálním meniskem. O přesnosti úponu tibiálního úponu se však stále vedou spory. Nejčastější popis je přední roh laterálního menisku a přední okraj zadního zkříženého vazů. Ferretti, Doca, Ingham, Cohen a Fu (2011) udávají ale jako hlavní popis úponu tuberculum intercondylare mediale et laterale. Guenther et al. (2015) dodávají, že tvar úponu je diskutabilní a v mnoha případech se liší. V 53 % se jedná o tvar oválný, ve 33 % trojúhelníkového tvaru a v 16 % má tvar písmene C (Irarrázaval et al., 2017).

Nejčastější funkční členění ACL je na dva svazky – AM a PL, jak již bylo uvedeno výše. Celá řada autorů prezentuje členění na svazky tři, nicméně teorie dvou svazků – „double bundle“ je všeobecně uznávána jako vhodnější k interpretaci struktury vazů (Girgis et al., 1975).

AM svazek začíná na femorálním úponu více ventrálně a proximálně a na tibií končí v anteromediální části úponu. Oproti tomu PL svazek začíná na femuru v místě úponu postero-distálně a probíhá posterolaterálně k tibiálnímu úponu. Každý svazek přitom zajišťuje stabilitu kolenního kloubu při různém stupni flexe. Kongshe et al. (2005) uvádí, že z artroskopického pozorování vazů rozlišujeme ještě svazek třetí – intermediální mezi PL a AM svazkem (IM) (Obrázek 4) (Girgis et al., 1975).

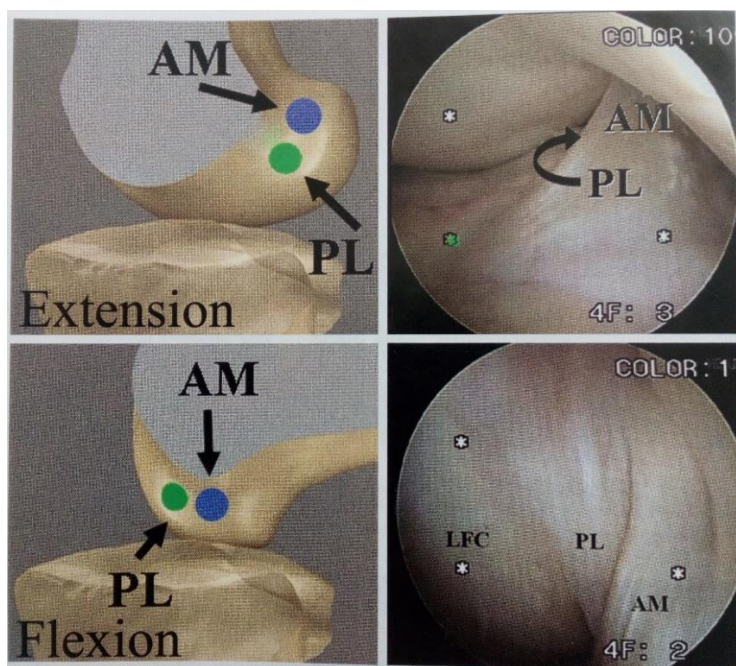


Obrázek 4. Artroskopický pohled na jednotlivé svazky ACL – AM, PL a IM (Konshei et al., 2005, 2)

3.5 Biomechanika ACL

Pohybová charakteristika kolenního kloubu není pouze ve smyslu flexe a extenze, ale je mnohem složitější. Pohyb kolenního kloubu je komplexním pohybem, a to ve smyslu již zmíněné flexe a extenze společně s pohyby translačními a rotačními. Pohyby se dějí sdružené i jednoduché. Oba zkřížené vazy, spolu s geometrií kloubních ploch, způsobují jejich odvíjení („rolling“) a klouzání („gliding“) během normálního pohybu kolena. ACL má zásadní roli v anteroposteriorní stabilitě kolenního kloubu. Za fyziologických podmínek udržuje neutrální pozici kloubu. Klinické výzkumy však potvrdily, že pouze anteroposteriorní stabilita nestačí k popisu komplexní stability kloubu, ke které je třeba zahrnout také stabilitu rotační (Butler, Noyes, & Grood, 1980; Hartl & Štipčák, 2010; Prodromos et al., 2008)

AM a PL svazek mění svoje uspořádání v závislosti na pohybu z flexe do extenze v kolenním kloubu. Femorální úpon je v nulové flexi orientován vertikálně a svazky ACL jsou orientovány paralelně. S pohybem kloubu do 90° flexe rotuje úpon AM svazku na femuru posteriorně a inferiorně. Femorální úpon PL svazku rotuje naopak anteriorně a superiorně. Změna v poloze kloubu vede k horizontálnímu uspořádání úponů na femuru. Pokud je koleno flektováno, PL svazek je uložen více ventrálně než AM svazek (Obrázek 5) (Prodromos et al., 2008.).



Obrázek 5. Počítačový model a artroskopické zobrazení femorálního úponu AM svazku a PL svazku při extenzi a flexi kolenního kloubu (Prodromos et al., 2008, 8)

Pokud je kolenní kloub v extenzi, svazky ligamenta mají paralelní směr k sagitále. Během flexe dochází k laterální rotaci ligamenta kolem jeho podélné osy, zejména AM svazek rotuje okolo zbytku ligamenta. Hollis, Takai, Adams, Horibe a Woo (1991) uvádí, že v plné extenzi také můžeme pozorovat rozdílné délky svazků. AM svazek je průměrně dlouhý 34 mm a PL svazek 22,5 mm. Dále doplňují, že délka svazků není stejná a během pohybu se mění. Při flexi kolenního kloubu se AM svazek prodlužuje a napíná, zatímco PL svazek se zkracuje, rozšiřuje a uvolňuje se. Stejní autoři dodávají, že AM svazek se prodlužuje o 1,9 mm (5 %) ve 30° flexi a o 7,1 mm (12 %) v 90° flexi. PL svazek se zkracuje o 3,2 mm (14 %) při pasivní flexi z 0 na 30° a o 7,1 mm (32 %) v 90° flexi (Hartl & Štipčák, 2010; Prodromos et al., 2008).

Při popisu stability kolenního kloubu hraje hlavní roli především funkce ACL, která brání nadměrnému ventrálnímu pohybu tibie. Sakane et al. (1997) ve studii působili stálým tahem na tibii ventrálně a sledovali její posun vůči femuru, což přispělo významně k pochopení funkce ACL a jeho svazků. V případě intaktního vazy je posun tibie anteriorním směrem o 3-5 mm při plné extenzi, 4-8,8 mm v 60° flexi. Dalším zvětšením flexe ventrální posun tibie klesá. Při působení síly 110 N ventrálním směrem na tibii, prokazoval ACL in situ největší pevnost mezi 0-30°, s maximem v 15°.

Nejmenší hodnoty nabývala pevnost ACL mezi 60-90°, s minimem právě v 90° (Hartl & Štípcák, 2010; Prodromos et al., 2008).

Gabriel, Wong, Woo, Yagi a Debski (2003) provedli výzkum, ve kterém působili silou 134 N ventrální posun tibie v různých stupních flexe a sledovali působení přímo na jednotlivé svazky ACL. Současně pohyb doplnili rotační složkou - 10 Nm do valgozity kloubu a 5 Nm do vnitřní rotace. Z výsledků vyplývá, že PL svazek je nejpevnější v plné extenzi a 30° flexi a největšího stupně volnosti dosahuje ve flexi do 90°. AM svazek je naopak více relaxovaný v extenzi a 15° flexi a největší pevnost vykazuje ve flexi mezi 60-90°. Z výzkumu tudíž vyplývá fakt, že oba svazky se významně podílí na rotační stabilitě kloubu v různých stupních flexe.

Současné studie využívají in vivo kinematické studie k analyzování dynamické stability během různých aktivit. Georgoulis, Papadonikolakis, Papageorgiou, Mitsou a Stergiou (2003) upozorňují, že ze sledování rozdílů intaktního a poškozeného ACL nevyplýnul statisticky významný rozdíl ve ventrodorzálním posunu, ale u kolenního kloubu s poškozeným ACL byla významně větší vnitřní rotace tibie, v počátku švihové fáze kroku. Ramsey et al. (2001) zase ve svém výzkumu prokázali signifikantně větší vnitřní rotaci tibie při horizontálním skoku. Besier, Lloyd, Ackland a Cochrane (2001) dodávají významně větší vnitřní rotaci během úkroku v případě poškozeného ACL. Beard et al. (2001) zjistili, že během chůze byl překvapivě významně větší anteriorní posun tibie u ACL po rekonstrukci než u druhostranného intaktního vazy, zatímco před operačním řešením žádné významné rozdíly pozorovány nebyly.

3.6 Rizikové faktory a mechanismy poranění ACL

Poranění předního zkříženého vazy patří mezi velmi četná poranění, proto je velká pozornost věnována prevenci. K vytvoření efektivního preventivního programu je však zapotřebí mít dobré povědomí o rizikových faktorech, které mohou k narušení struktury ACL vést (Prodromos et al., 2008).

Rizikové faktory můžeme rozdělit do dvou hlavních kategorií. Mezi faktory vnitřní zahrnujeme anatomické uspořádání, svalovou sílu a koordinaci. Jako faktory vnější označujeme vliv skluznosti obuvi a povrchu, ortézy, vliv počasí a kondici jedince. Jiný způsob dělení rizikových faktorů může být na faktory prostředí, anatomické, hormonální, neuromuskulární a genetické (Prodromos et al., 2008).

3.6.1 Rizikové faktory prostředí

Mezi rizikové faktory prostředí, specifické pro poranění ACL, zahrnujeme počasí, herní kondici, skluznost obuvi po herním povrchu, obuv a ortézy. Tato kategorie rizikových faktorů je velmi důležitá, protože je dobře ovlivnitelná (Prodromos et al., 2008).

Ze studií Olsena, Myklebusta, Engebretsen, Holmeho a Bahra (2003) a Torga, Stilwell a Rogerse (1996) bylo při zkoumání hráček házené zjištěno signifikantně vyšší riziko poranění ACL při hře na umělém povrchu oproti dřevěným parketám. K tomuto faktu přispívá především větší hodnota koeficientu tření povrchu umělého. Větší srážky a chladnější počasí jsou také spojeny s nižším rizikem poranění ACL. Autoři se domnívají, že při vyšší teplotě a větším suchu je nižší koeficient tření povrchu, který vede k většímu počtu poranění (Heidt et al., 1996; Orchard, Seward, & McGivern, 1999; Scranton et al., 1997).

Dalším ze zkoumaných faktorů jsou ortézy, přičemž byly zkoumány jejich profylaktické vlastnosti. Kocher, Sterett, Zurakowski a Steadman (2003) sledovali preventivní efekt ortéz na opakovaná zranění ACL u lyžařů. Opakované poranění se objevilo pouze ve 2 % případů, ve srovnání s kontrolní skupinou, která lyžovala bez ortézy. U té procento zranění dosahovalo 13 %. Risberg, Beynon, Peura a Uh (1997) zkoumali efekt kolenní ortézy po rekonstrukci ACL v následujících dvou letech po operačním výkonu. Z výsledků vyplývá, že u jedinců nedošlo k žádné výrazné změně oproti jedincům bez ortézy, a to dokonce ani v redukci bolesti. Navíc dodávají, že při používání funkčních ortéz 1 až 2 roky po operaci docházelo ke snížení svalové síly m. QF. Přestože podle výzkumů je protektivní efekt kolenní ortézy minimální, někteří pacienti je přesto vyžadují, protože cítí subjektivně větší pocit jistoty během sportovních aktivit.

Butler, Dai, Garrett a Queen (2014) uvádí, že kolenní ortéza může mít pozitivní vliv při pohybu, a to zejména při pohybech flekčních. Její pozitivní efekt sledují zejména při doskoku. Hanzlíková et al. (2016) zkoumali vliv proprioceptivní ortézy (Obrázek 6), která slouží k redukci bolesti a zlepšení funkčnosti kolenního kloubu, na stabilitu při různých typech pohybů. Ortéza současně nedává kolennímu kloubu plnou mechanickou podporu. Je tvořena ze sítě z elastického materiálu – silikonu, který

současně zlepšuje propriocepci z této oblasti. Ukázalo se, že signifikantně významných výsledků dosahuje efekt ortézy na stabilitu kloubu v rotační a transverzální rovině.



Obrázek 6. Proprioceptivní ortéza (Hanzlíková et al., 2016, 166)

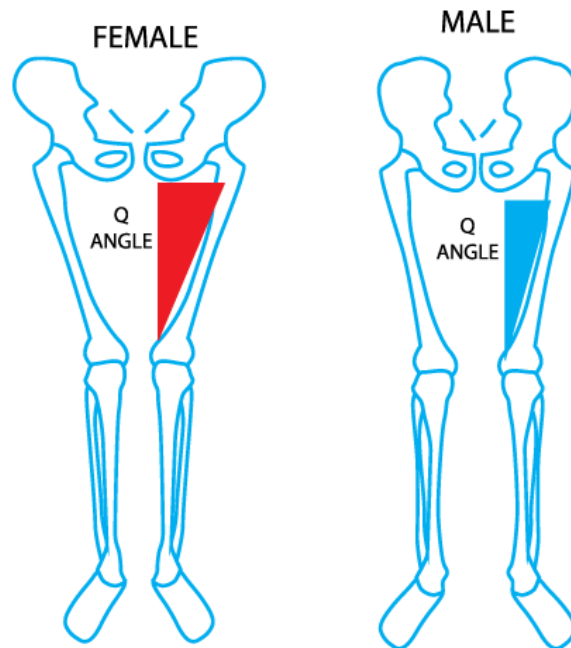
Hanzlíková, Richards, Hébert-Losier a Smékal (2019) uvádí, testovali vliv proprioceptivní ortézy na pohyb kolenního kloubu po plastice ACL. Zjistili, že proprioceptivní ortéza signifikantně snižovala zevní i vnitřní rotaci, valgozitu a rozsah pohybu v kolenním kloubu v transverzální rovině během skoku s otočením. Při dopadu na jednu dolní končetinu byl efekt ortézy nejvýznamnější pro stabilitu v sagitální rovině.

3.6.2 Riziková faktory anatomické

Rozdíly mezi četností výskytu poranění ACL u mužů a u žen vedly ke zkoumání pohlavně specifických anatomických rozdílů. Mezi rizikové faktory řadíme zvýšený Q-úhel (úhel musculus quadriceps femoris), laxicitu vaziva ve vztahu k valgozitě kolenního kloubu, velikost femorálního úponu vaziva, ACL geometrii a body mass index (BMI) (Prodromos et al., 2008).

Valgozitu kolenního kloubu určuje tzv. Q-úhel, který vzniká na spojení dvou linií – první je mezi spina iliaca anterior superior a středem patelly a druhá je na spojnici tuberositas tibiae a středem patelly. Zvětšený Q-úhel může být spojen se zvýšeným rizikem

poranění ACL. U žen je tento úhel větší kvůli širší pánvi a tím pádem větší valgozitě v kolenním kloubu (Obrázek 7) (Shambaugh, Klein, & Herbert, 1991).



Obrázek 7. Rozdíl velikosti Q-úhlu u ženy a u muže v závislosti na šířce pánve (Champion Performance and Physical Therapy, 2016)

K faktorům predisponujícím k poranění ACL patří struktura distálního femuru, femorálního úponu a interkondylického prostoru. Poranění ACL může mít rozdílnou četnost u žen a u mužů. Menší úponové pole – stenóza, může způsobit impingement ACL a tím zvýšit riziko úrazu. Primárně úzký interkondylický prostor bývá právě u žen (Hartl & Štípcák, 2010; Shelbourne, Davis, & Klootwyk, 1998).

3.6.3 Rizikové faktory hormonální

Poranění ACL má větší incidenci u žen než u mužů, což vedlo ke zkoumání vlivu pohlavních hormonů na strukturu vazů. V ACL byly detekovány receptory pro pohlavní hormony. Větší riziko poranění bylo detekováno u žen během ovulace (Prodromos et al., 2008).

Ze studie Van Lunenové, Robertse, Branche a Dowlingové (2003) 12 mužů a 12 žen vyplývá, že u žen dochází k signifikantnímu snížení laxicity vazů ve 12. dni menstruačního cyklu, zatímco u mužů podobné výkyvy v laxicitě přítomny nejsou. Z dalších výzkumů však vyplynulo, že u žen nejsou významné rozdíly v laxicitě vazů

v průběhu ostatních fází menstruačního cyklu. Přestože jsou demonstrovány rozdíly mezi jednotlivými pohlavími, nelze jednoznačně říci, že zvýšená laxicita vaziva vede ke zvýšenému riziku poranění ACL (Hartl & Štipčák, 2010; Shultz, Kirk, Johnson, Sander, & Perrin, 2004).

3.6.4 Rizikové faktory neuromuskulární

Dle nejnovějších poznatků se jedná o zcela klíčové rizikové faktory při poranění ACL. Neuromuskulární kontrola je nevědomá aktivace svalů, které reagují na rychlé změny pohybů. Efektivní aktivace svalů kolenního kloubu je na podkladě efektivního náboru motorických jednotek. Tyto faktory lze nejvíce ovlivnit tréninkem a jsou to právě ty faktory, které nám mohou určit, proč je některý sportovec více náchylný k poranění ACL než jiný (Prodromos et al., 2008).

Stabilitu kloubu zajišťují také svaly kolenního kloubu. Při špatné koordinaci m. rectus femoris a m. biceps femoris, m. semitendinosus a m. semimembranosus, stejně jako při zvýšené svalové únavě, je riziko poranění ACL vyšší (Laible & Sherman, 2014).

3.6.5 Rizikové faktory genetické

Harner, Paulos, Greenwald, Rosenberg a Cooley (1994) ve své retrospektivní studii zjistili, že incidence poranění ACL byla signifikantně vyšší u jedinců, u jejichž přímých příbuzných se toto poranění již dříve vyskytlo. Flynn et al. (2005) dodávají, že počet pacientů s rupturou ACL, jejichž příbuzní měli také poranění vazy, byl dvakrát větší.

3.6.6 Poranění předního zkříženého vazy

K poranění ACL dochází nejčastěji nepřímým násilím, a to zejména násilnou abdukci a zevní rotací bérce. K tomuto mechanismu poranění dochází nejčastěji u fotbalistů a lyžařů. Největší četnost tohoto poškození lze pozorovat při prudkých změnách pohybu nebo při zpomalování či rychlém zastavení, protože se jedná o pohyby nejméně koordinované. Ze všech vazů kolenního kloubu, dochází právě u ACL nejčastěji k totální ruptuře. 30-50 % pacientů udává slyšitelné prasknutí („pop“ fenomén). V 75 % případů je známkou poranění hemartos (Dungl et al., 2005; Hewett et al., 2005, Prodromos et al., 2008).

Obecně lze poranění klasifikovat na 3 stupně:

- distenze
- parciální ruptury
- totální ruptury

Distenze ligamenta je stav, kdy tahem dochází k jeho protažení. Mohou vznikat i ojedinělé trhliny vláken.

U *částečné ruptury* je přetrženo více vláken ligamenta a mohou být přítomny také drobné abnormality biomechaniky a kloubu a náznaky nestability.

Totální ruptura je stav kompletního přerušení kontinuity vazů. Je příčinou nestability kolenního kloubu. Jelikož může dojít k totální ruptuře, ale může být zachován kontakt přetržených vláken mezi sebou, je pro definici totální ruptury klíčová právě ztráta funkce, a nikoliv vlastní kontinuita vazů. Úplné ruptury dále dělíme podle oddálení kloubních ploch na 3 stupně:

- 1. stupeň – méně než 0,5 cm
- 2. stupeň – 0,5 až 1 cm
- 3. stupeň – více než 1 cm

Ruptury ACL jsou nejčastější u sportující populace. Více než 70 % poranění vzniká během sportovních aktivit. U žen je procento poranění vazů větší než u mužů, což může být zapříčiněno mimo jiné také větší laxicitou vaziva, menší svalovou hmotou a mírně opožděnou svalovou odpovědí a pomalejším generováním síly (Hartl & Štípcák, 2010).

3.7 Diagnostika poranění ACL

Klinické vyšetření pacienta začínáme pečlivě odebranou anamnézou se zaměřením na mechanismus úrazu, počáteční symptomy, dobu vzniku úrazu a případné recidivy poranění. Asi třetina nebo čtvrtina pacientů však nedokáže mechanismus úrazu popsat, proto můžeme často získat podrobnější informace od jejich doprovodu (trenér, rodič, spoluhráči). Pacienti často udávají pocit lupnutí nebo prasknutí. Je však nutné umět odlišit tento fenomén při patelofemorální luxaci či subluxaci při poranění vnitřního postranního vazů či menisku. Pacienti mají po úrazu často potíže s došlapem plnou vahou na poraněnou končetinu a udávají také pocit nestability nebo podvrtávání tzv. „giving out“ při pokusu o zatížení. Během 4-12 hodin po úrazu také dochází ke vzniku otoku. Hemartros vzniká u ¾ pacientů, ale je nutná diferenciace od ruptury zadního zkříženého

vazu, poranění menisků či patelofemorální luxace. Nepřítomnost hemartrosu však poranění ACL nevyklučuje (Dungl et al., 2005; Hartl & Štipčák, 2010).

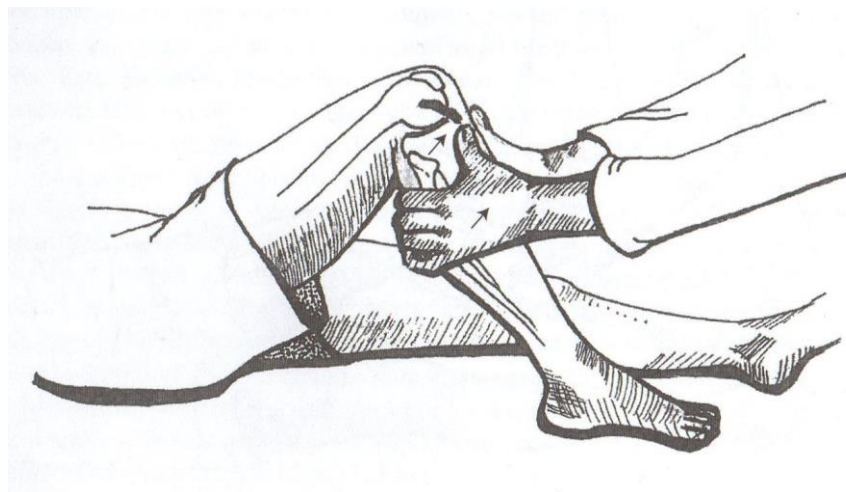
Vyšetření začínáme *aspekci*, kdy hodnotíme stoj a chůzi pacienta, zkrácení stojné fáze kroku či chůzi antalgickou. Vždy vyšetřujeme také patelofemorální skloubení, abychom vyloučili poranění recesů (Dungl et al., 2005; Hartl & Štipčák, 2010).

Dalším krokem je *palpace*, kterou zahajujeme na zdravé končetině. Sledujeme rozsah pohybu a rozsah otoku. U chronických poranění si všímáme stavu svalstva zejména m. QF a jeho případné hypotrofie, kterou můžeme zjistit měřením krejčovským metrem. Zde je také důležitá stranová dominance pacienta, protože u dominantní stojné dolní končetiny můžeme sledovat téměř vždy mírnou svalovou hypertrofií. Při palpaci také hodnotíme bolestivost, ale při palpaci laterální a mediální kloubní štěrbinu může pacient udávat bolest, která imituje poranění menisku. Vždy vyšetřujeme aktivní a pasivní rozsah pohybu (Dungl et al., 2005; Hartl & Štipčák, 2010).

Dále vyšetřujeme kloubní laxicitu a stabilitu kolenního kloubu některým z následujících klinických testů.

1. Přední zásuvkový test

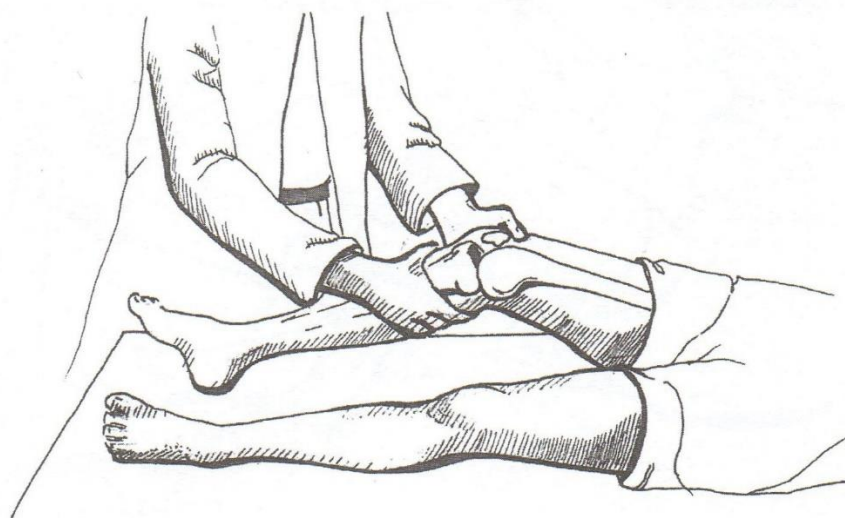
Vyšetřujeme ventrální posun tibie vůči femuru v 90° flexi kolena bez rotace bérce. Při provedení lehce přisedneme špičku pacientovy nohy (Obrázek 8). Oběma rukama uchopíme proximální konec tibie, který tlačíme ventrálně. Provádíme na zdravé i poraněná dolní končetině. Zvětšený ventrální posun tibie vůči femuru je příznakem léze ACL. Při vyšetření u akutních poranění může být často negativní pro bolestivost a svalový spazmus (Dungl et al., 2005; Kolář, 2012).



Obrázek 8. Test přední zásuvky (Hartl & Štipčák, 2010, 50)

2. Lachmanův test

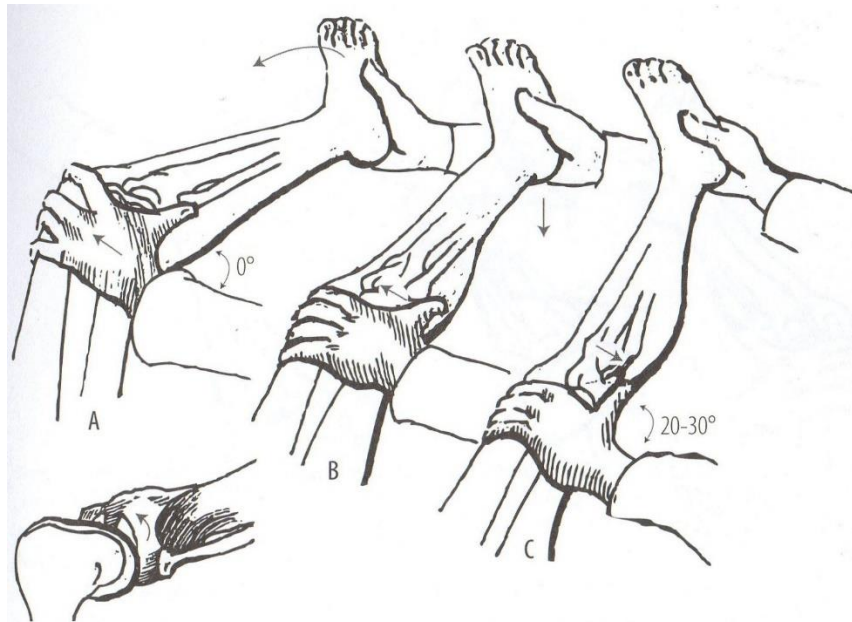
Pacient leží na zádech, koleno má asi v 15° flexi (Obrázek 9). Proximální konec tibie se snažíme vysunout ventrálně oproti kondylům femuru. Při totální ruptuře ACL dochází k většímu ventrálnímu posunu tibie ukončenému měkkým, postupně nastupujícím odporem. Při intaktním předním zkříženém vazů je posun tibie malý a je zakončen pevným konečným odporem. Lachmanův test je nejvhodnější a nejspolehlivější k vyšetření ACL při akutním poranění (Dungl et al., 2005; Kolář, 2012).



Obrázek 9. Lachmanův test (Hartl & Štipčák, 2010, 49)

3. Pivot shift test

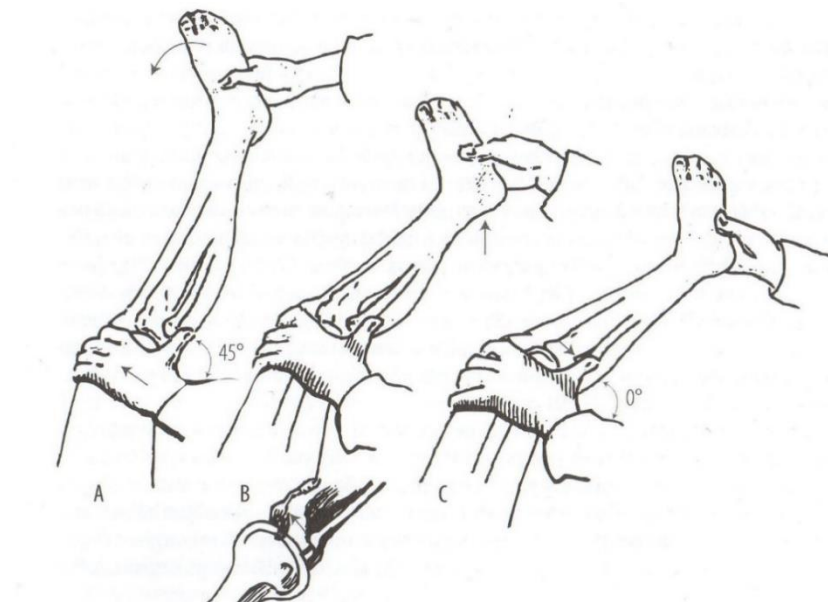
Pacient leží na zádech, jednou rukou uchopíme chodidlo pacienta a držíme dolní končetinu v extenzi kolenního kloubu za současné vnitřní rotace a abdukce bérce (Obrázek 10). Při pozitivitě testu vyvoláme ventrální subluxaci laterálního kondylu tibie proti femuru. Při postupném převádění končetiny do flexe, dojde zhruba ve 40° flexi k náhlé repozici subluxovaného kondylu. Vyšetření je pro pacienta nepříjemné a v akutní fázi se vyšetření často brání. Je vhodné test provádět v celkové anestezii nebo při vyšetření chronické instability (Obrázek 10) (Dungl et al., 2005; Kolář, 2012).



Obrázek 10. Provedení Pivot shift testu (Hartl & Štípačák, 2010, 51)

4. Jerk test

Pacient leží na zádech a my provedeme flexi do 80° v kolenním kloubu. Za současné abdukce a maximální vnitřní rotace převádíme končetinu do extenze. Opět sledujeme reakci kolenního kloubu kolem 40° flexe ve smyslu subluxace kondylu (Obrázek 11) (Ditmar, 1995; Dungal et al., 2005; Kolář, 2012).



Obrázek 11. Provedení Jerk testu (Hartl & Štípačák, 2010, 52)

Pro vyloučení přidružených poranění využíváme zobrazovacích metod. Nativní RTG snímek patří mezi základní vyšetření. S jeho pomocí můžeme vyloučit zlomeniny, zejména Segondovu zlomeninu (avulzní zlomenina laterálního kondylu tibie), která bývá při poranění ACL častá. U chronických poranění ACL, můžeme také pozorovat osteofyty nebo ostruhy na česce. Dobře zobrazitelná jsou také zúžení kloubní štěrbiny či cystická projasnění subchondrálně. MR umožňuje velmi dobré zobrazení zkřížených vazů. MR detekuje i nevýrazné změny, což umožňuje časnou a specifitější diagnostiku, nebývá však obvykle třeba. Výhodné je toto zobrazení k diagnostice přidružených poruch a bývá využito k plánování léčby. Při MR můžeme prokázat zhmoždění chrupavky a subchondrální kosti. V současné době je nejvíce využívanou metodou diagnostiky artroskopie kolenního kloubu (Dungl et al., 2005; Hartl & Štipčák, 2010).

3.8 Artroskopické rekonstrukce ACL

Rekonstrukce ACL se provádí již řadu let a jejich počet exponenciálně narůstá. Rekonstrukce ACL patří mezi nejčastější větší ortopedický výkon prováděný u mladší dospělé populace. Časná stabilizace kolenního kloubu náhradou ACL snižuje do budoucna riziko poranění dalších významných struktur, zejména menisků. Kolenní klouby s přední instabilitou a lézemi menisků bývají častěji postiženy i poraněním chrupavky, která dále zvyšují riziko rozvoje degenerativních změn, které následně vyžadují další operační výkony. Rekonstrukce ACL však není prevencí rozvoje artrózy, zejména při současném poranění menisků (Hartl & Štipčák, 2010).

Z přidružených poranění ACL je nutno zmínit také tzv. unhappy trias, což je přidružené poranění mediálního menisku a vnitřního kolaterálního vazů. Tento typ poranění je indikován k operačnímu řešení ve všech případech. Časná rekonstrukce ACL má pro prevenci rozvoje degenerativních změn větší význam než rekonstrukce pozdní. Po ruptuře ACL dochází ke změnám kinematiky chůze a následně k přetížení kolena, zejména v iniciální fázi kroku (Cohen et al., 2007; Hartl & Štipčák, 2010; Irvine & Glasgow, 1992; Jomha, Borton, Clingeleffer, & Pinczewski, 1999; Maffulli, Binfield, & King, 2003).

Při rozvaze o terapeutickém postupu je důležitý správný výběr pacientů na jednotlivá operační řešení. Musíme brát v úvahu životní styl, zaměstnání, věk a sportovní aktivity pacienta. V současnosti se již rutinně užívá šetrná artroskopická

technika. Důležitým faktorem pro budoucí výsledek však nadále zůstává stav kolenního kloubu před výkonem (minimální otok, dobrá svalová funkce, plný rozsah pohybu) (Hartl & Štipčák, 2010).

3.8.1 Typy štěpů

Na výběru štěpu se podílí celá řada faktorů. Hlavním cílem všech je však zajištění co největší stability kolenního kloubu (Prodromos et al., 2008).

3.8.1.1 Autogenní transplantáty

V současné době se nejhojněji používají autogenní transplantáty – transplantáty z vlastní tkáně pacienta. Nejčastěji je využíván štěp ze střední třetiny ligamentum (lig.) patellae. Transplantát je odebírán spolu s kostními bločky z pately a tibie, proto bývá označován jako „bone-tendon-bone“ neboli BTB či „bone-patellar tendon-bone“ neboli BPTB štěp. Dalším štěpem užívaným pro rekonstrukci ACL je štěp ze šlach hamstringů a to buď izolovaný z m. semitendinosus nebo kombinovaný z m. semitendinosus a m. gracilis. Kombinovaný štěp se však příliš nedoporučuje pro výraznější oslabení síly flexorů a vnitřních rotátorů (Hartl & Štipčák, 2010; Sadovský, Musil, & Stehlík, 2005; Pokorný & Paša, 2003).

BTB štěp je méně vhodný u osob s femoropatelními bolestmi a u osob, které při své profesi používají často klek. Naopak štěp z hamstringů je při femoropatelní bolesti výhodný, pro svou menší bolestivost v místě odběru štěpu. Jedná se také o štěp s dobrou iniciální pevností a dobrým potenciálem hojení. Nevýhoda štěpu ale spočívá v pooperačním snížení svalové síly extenzorů (vrací se do normy do 1 roku po operaci) a vnitřních rotátorů, kde však přetrvává i do dvou let. Je proto nevhodná u sportovců s mediální instabilitou a u tanečníků (Hartl & Štipčák, 2010; Sadovský, Musil, & Stehlík, 2005; Prodromos et al., 2008).

3.8.1.2 Alogenní transplantáty

Alogenní transplantáty jsou štěpy použité k rekonstrukci ACL od jiného člověka. Používání alogenních štěpů získává na popularitě především v zahraničí. Nejčastěji se používá štěp z Achillovy šlachy. Cena takového transplantátu se pohybuje kolem 2000 \$. Celkové náklady na operaci jsou nižší, než tomu je u autogenních transplantací. Po odběru jsou štěpy zmrazeny na -80°C . Díky tomu jsou zachovány biologické

i biomechanické vlastnosti a snížena imunitní odpověď příjemce. Výhodou těchto štěpů je krátký operační čas, který je u zkušených operátorů kolem 10 minut. Další výhodou je nižší bolestivost kolena po operaci oproti BPTB metodě. Nevýhodou alogenních štěpů je beze sporu nižší stabilita kolenního kloubu způsobena vyšší laxicitou štěpu. Vyšší laxicita může být způsobena vyšším věkem dárce nebo nižší teplotou štěpu při uchovávání v tkáňové bance. Další nevýhodou alogenních štěpů je riziko odmítnutí transplantátu tělem pacienta či riziko přenosu infekce (Cole et al., 2005; Dauri et al., 2003; Hartl & Štípčák, 2010; Prodromos et al., 2008).

3.8.1.3 Syntetické transplantáty

V 80. letech se začaly používat pro rekonstrukční plastické operace ACL syntetické transplantáty. Pooperační rehabilitace byla rychlá, ale brzy se ukázalo, že oproti autogenním transplantacím docházelo častěji k výskytu infekce v koleni. Bylo vyvinuto několik druhů štěpů, mezi jejichž nedostatky lze zmínit například neanatomické uložení v kolenním kloubu. Transplantáty byly vyráběny z polyesterové směsi nebo z polyesteru v kombinaci s karbonovými vlákny. Více než 50 % neúspěšných replantací byla kvůli technickým nedostatkům připraveného štěpu nebo kvůli obrušování štěpu okolními strukturami. Karbonová vlákna navíc způsobovala zmnožení synovie a následný zánět. Výskyt infekce kolenního kloubu byl o 2,7 % vyšší u syntetických transplantátů oproti autogenním štěpům a také proto se tato metoda jeví jako nejméně vhodná (Barrett, Line, Shelton, Manning, & Phelps, 1993; West & Harner, 2005).

3.8.2 Single bundle metoda

Jednosvazkové rekonstrukce ACL známé pod pojmem “single bundle“ (dále SB) jsou artroskopicky prováděné náhrady poškozeného vazů. Díky využití artroskopické metody je operace méně invazivní a výsledky subjektivní i funkční dávají dobré výsledky.

První operaci provedl v roce 1917 Hey Groves a od té doby byla popsána celá řada operačních technik. Užití střední třetiny ligamentum patellae pro rekonstrukci ACL bylo popsáno v roce 1963 Jonesem s cílem provádět náhrady více anatomickou technikou, než tomu bylo doposud. Následně docházelo k modifikaci jeho metody operativy s ponecháním konceptu vytvoření kanálu v místě úponu vazů na femur a protažením štěpu s následnou fixací stehy nebo skobami.

Nejčastěji jsou používány štěpy z hamstringů a ligamentum patellae, případně m. gracilis či méně často štěpy z tractus iliotibialis nebo šlachy z m. quadriceps femoris, která má o 20 % více kolagenu než ligamentum patellae, což podmiňuje lepší pevnost. Metoda však nepatří mezi frekventní kvůli obtížnému odběru štěpu (Clancy, Nelson, Reider, & Narechania, 1982; Hadjicostas, Soucacos, Berger, Koleganova, & Paessler, 2007; Hartl & Štipčák, 2010; Marshall, Warren, Wickiewicz, & Reider, 1979)

Pro dobrý výsledek operace je nutná dokonalá znalost topografické anatomie. Zcela zásadní roli má přesné vyvrtání femorálního kanálu. Musí být při své přípravě vrtán co nejvíce dorzálně, aby nedošlo k poškození zadní kortikalis. Při vrtání 10 mm femorálního kanálu má být jeho střed vzdálen 6 až 7 mm ventrálně od zadní kortikalis. Femorální kanál se má vrtat u pravého kolenního kloub v poloze 10-11 hodin a u levého v poloze 1-2 hodiny. Je-li štěp uložen více horizontálněji, zajišťuje spíše rotační stabilitu kloubu, je-li uložen více vertikálněji, je korigovaná více stabilita předozadní (Hartl & Štipčák, 2010; Sati, Staubli, Bourquin, Kunz, & Nolte 2004).

Vrtá-li se tibiální kanál příliš ventrálně, dochází k narážení štěpu proti stropu interkondylického prostoru. Pokud je tibiální kanál vrtán příliš dorzálně, je štěp příliš vertikální a nemůže bránit předozadnímu posunu tibie. Střed tibiálního kanálu by měl ležet 7 mm před předním okrajem ACL. Dobře se můžeme orientovat podle předního rohu laterálního menisku, mediálního okraje eminentia intercondylaris a podle pahýlu původního vazů. Při pohybu dochází k posunu středu otáčení, který se blíží více k femorálnímu úponu, proto je umístění štěpu na femuru podstatně důležitější. Největším problémem při rekonstrukcích je cílení kostních kanálů. I u zkušených operátorů dochází k výrazným nepřesnostem, a to především v případě femorální komponenty. Chybné umístění středu kostěných kanálů bývá až u 40 % případů a 70-80 % selhání plastik ACL je z důvodu nepřesnosti cílení kostních kanálů (Hartl & Štipčák, 2010; Sati et al., 2004).

Velmi obtížné je také najít přesnou geometrii štěpu. Jedná se o stav, kdy je jen malá část vláken dokonale izometrická. Odensten a Gillquist (1985) vypracovali dodržování pěti pravidel pro rekonstrukce ACL:

1. interkondylický prostor je upraven na šířku alespoň 21 mm (maximální vzdálenost obou kondylů je 21 ± 3 mm)
2. femorální úpon by měl být umístěn 31 mm od úponu tibiálního

3. dodržovat úhel nahrazovaného ACL vzhledem k ose femuru 28° při flexi kolena 90°
4. přesvědčit se před ukotvením náhrady ACL o dokonalé izometrii
5. umístit náhradu ACL tak, že probíhá v jedné přímce s tibií, aby bylo minimální jeho narážení na hrany kostních kanálů

Dříve bylo preferováno izometrické cílení štěpu, ale v současné době upřednostňujeme spíše uložení anatomické, kdy vycházíme buď z kostních a měkkotkáňových orientačních bodů nebo z naměřených parametrů odvozených od interkondylického prostoru a polohy měkkotkáňových orientačních bodů. Snahou je zacílení nově vzniklého kanálu mezi původní uložení AM a PL svazku (Hartl & Štipčák, 2010).

Při SB metodě je snaha o nahrazení především AM svazku. Jak bylo již prokázáno, PL svazek má kardinální roli při rotační stabilitě kolenního kloubu v pozici blízké plné extenzi. To je jeden z důvodů, proč není SB metodou nikdy dosaženo plné stability. Zvláště u štěpů z hamstringů nedochází k obnovení plné rotační stability. U těchto štěpů dochází po operaci z důvodu teplotních změn ke snížení pevnosti o 50-80 % původní hodnoty. Během operace je teplota uvnitř kolenního kloubu nižší, kvůli komunikaci s nástroji a prostředím, proto následně po operaci dojde ke zvýšení teploty, a to ihned po výkonu. Všechny dosud publikované studie se shodují na tom, že po SB replantacích nedochází k dokonalému obnovení kinematiky kolenního kloubu (Barrett & Treacy, 1996; Ciccone, Bratton, Weinstein, & Elias, 2006; Georgoulis, Ristanis, Chouliaras, Moraiti, & Stergiou, 2007; Hartl & Štipčák, 2010; Li, Xu, Song, Jiang, & Yu, 2013; Sati et al., 2004).

3.8.2.1 Rekonstrukce štěpem z hamstringů

Replantace ACL prostřednictvím štěpu z hamstringů je metodou velice populární. Nejobtížnější částí operace je právě získávání a odběr štěpu. Tashiro, Kurosawa, Kawakami, Hikita, a Fukui (2003) však zjistili, že na operované končetině dochází k oslabení kolenní flexe v poloze nad 90° a k výraznějšímu oslabení u kombinovaného štěpu z m. semitendinosus a m. gracilis než u štěpu pouze z m. semitendinosus. Gobbi, Domzalski, Pascual, a Zanazzo (2005) dodávají, že vhodné je zachování intaktního

m. gracilis a používání štěpů pouze z m. semitendinosus, jako prevence pooperačního oslabení flexe kolenního kloubu.

Incize je vedena 3 cm dlouhým řezem 5 cm pod okrajem pes anserinus major. Preferenčně je řez veden šikmo posteromediálním směrem z důvodu lepšího odkrytí pes anserinus a snížení rizika poranění infrapatelární větve n. saphenus. Po obnažení pes anserinus si operatér ozřejmí m. semitendinosus (případně i m. gracilis při kombinovaném štěpu). Následně se uvolní vlákna šlachy a ty jsou přestřížena. Obvyklá délka odebraného štěpu je mezi 28-30 cm (Weiler, Hoffmann, Bail, Rehm, & Südkamp, 2002; Prodromos et al., 2008).

Odebraný štěp je na operačním stole zkrácen na 22 cm a očištěn od svalových vláken. Takto očištěný štěp se ohne na poloviny a vytvoří se tak štěp o délce 11 cm. Při této délce štěpu uvažujeme o tom, že 2,5 cm bude zavedeno ve femorálním kanálu, 2,5 cm bude uloženo intraartikulárně a 5 cm bude v kanálu tibiálním. Oba konce jsou nejdříve samostatně obšity a potom sešity k sobě v délce 4 cm. Takto připravený štěp je následně zafixován do vyvrtaných kanálů. Fixace štěpů je prováděna pomocí interferenčních šroubů nebo metodou Endo-Button (EB), kdy je využit titanový knoflík k přifixování štěpu. U novějších operačních postupů se využívá k fixaci na laterálním okraji kosti titanový knoflík společně s polyesterovou páskou (Weiler et al., 2002; Prodromos et al., 2008).

Mezi jinou variantu použití štěpu z hamstringů patří trojnásobné nebo čtyřnásobné přeložení a sešití šlachy. Z provedených studií vyplývá, že tato metoda snižuje dobu rekonvalescence a je tedy vhodná například pro sportovce. Štěp také vykazuje nejvyšší hodnotu tenzního zatížení a to 4090 N. Pro srovnání ACL má tenzní hodnotu 2160 N, štěp z lig. patellae 2977 N a ze šlachy m. QF 2353 N. K přípravě čtyřnásobně přeloženého štěpu je třeba odebrat šlachy nejméně v délce 28 cm. V případě nedostatečné délky je připraven štěp trojnásobně přeložený. Oba konce náhrady jsou sešity a k jednomu konci je připojen titanový knoflík velikosti 20-25 mm, který slouží k fixaci štěpu (Brown & Sklar, 1998; Gobbi, Mahajan, Zanazzo, & Tuy, 2003; Woo, Wu, Dede, Vercillo, & Noorani, 2006).

3.8.2.2 Rekonstrukce štěpem z ligamentum patellae

Mezi nejčastější metodu, používanou při replantaci ACL, patří rekonstrukce pomocí štěpu ze střední třetiny lig. patellae. Díky odběru štěpu s kostními bločky z tuberositas tibiae a patelly, dochází k rychlejšímu hojení a remodelaci štěpu. Nejčastěji užívanou metodou je technika fixace pomocí endobuttonu, ale mezi novější metody patří fixace metodou press-fit. (Hartl & Štipčák, 2010; Honová & Procházka, 2015).

Incize je vedena mediálně od tuberositas tibiae. Horní okraj řezu začíná v úrovni linie kloubu a je veden distálně v délce 6-8 cm. Kolenní kloub je v extenzi a díky této poloze stačí malý řez. Při zatlačení na horní okraj patelly může operátor patellu sesunout distálně a štěp odebrat. Průměrná šířka lig. patellae je kolem 30 mm (Prodromos et al., 2008).

K odběru se používá štěp o šířce zhruba 10 mm, neboli 1/3 ligamenta. Následuje osteotomie tibiálního úponu šlachy, přičemž kostěná část štěpu je odebírána v délce 30 mm. K odebrání štěpu z patelly použijeme retraktor, kterým sesuneme patellu distálně. Pomocí pilky vyřízneme z patelly kostní bloček o délce 25 mm hloubce 1 cm. Osteotomií je vyříznut štěp o šířce 11 mm, jeho rohy jsou šetrně odvrtny, aby nedošlo k poškození štěpu při odběru (Corry, Webb, Clingeffer, & Pinczewski, 1999; Honová & Procházka, 2015; Prodromos et al., 2008).

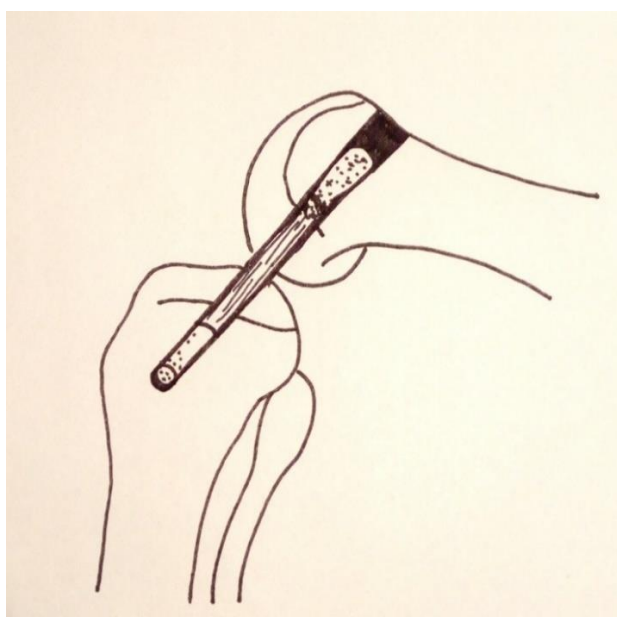
Z takto odebraného preparátu je následně připraven štěp opracováním kostních bločků tak, aby vznikl 9 mm velký kostní bloček z tuberositas tibiae kvadratického tvaru a 11 mm velký kostní bloček z patelly tvaru lichoběžníku. Přebytečné kostní úlomky jsou vloženy do incize na patelle. K zvýšení pevnosti štěpu je ligamentózní část sešita vláknem a provlečena malým otvorem provrtaným do kostních bločků. Jako pomůcka bývá patellární bloček označen, aby operátor konce nezaměnil a umístil je správně. Konečná délka BTB štěpu je kolem 10 cm (Obrázek 12) (Corry, et al., 1999; Honová & Procházka, 2015; Prodromos et al., 2008).



Obrázek 12. Připravený BTB štěp z lig. patellae (Prodromos et al., 2008, 105)

Femorální kanál je vrtán incizí na zevní straně stehna. Po odvrtání 9-10 mm širokého kanálu je vyměněn vrták a jeho proximální 2/3 rozšířeny na 11-12 mm. Po vyvrtání tibiálního kanálu analogickým způsobem je zaváděn štěp proximodistálním směrem (Corry et al., 1999; Honová & Procházka, 2015; Prodromos et al., 2008).

Při replantaci je štěp otočen a je zasazen do kanálů opačným způsobem. Hlavní konec štěpu (odebrán z tuberositas tibiae) je pomocí nylonového vodičného drátu zafixován ve femorálním kanálu. Díky svému lichoběžníkovému tvaru není nutno používat fixační materiály, někdy je však využito fixace pomocí interferenčního šroubu. Konec štěpu odebraný z patelly je zafixován v tibiálním kanálu pomocí interferenčního šroubu nebo transosseálních stehů (Obrázek 13) (Corry et al., 1999; Honová & Procházka, 2015; Prodromos et al., 2008).

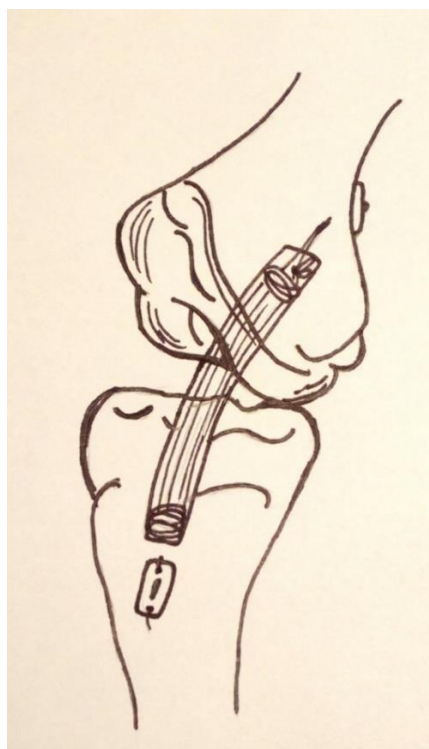


Obrázek 13. Schéma vedení a uložení BTB štěpu

3.8.2.3 Rekonstrukce štěpem ze šlachy m. quadriceps femoris

Šlacha m. quadriceps femoris se pro náhrady ACL používá více než 35 let. Stabilita kolenního kloubu je srovnatelná s ostatními metodami, pacienti však udávají menší intenzitu bolesti a rehabilitace probíhá u těchto pacientů rychleji. Rozvoj metody byl především u mladých sportovců, kde docházelo při použití štěpu z hamstringů ke snížení svalové síly mediálních flexorů kolene a u štěpu z lig. patellae k pooperačním bolestem kolenních kloubů (Joseph, Nissen, Fulkerson, & Sheehan, 2006; Marder, Raskind, & Carroll, 1991; Marshall, Warren, Wickiewicz, & Reider, 1979).

Nad proximálním okrajem patelly vedeme incizi dlouhou 3,8-5 cm. Štěp bývá odebírán z mediální silnější vrstvy šlachy, která má kolem 9 mm. Při preparování odebíráme asi 6-7 mm hloubky šlachy. Odebraná část šlachy obsahuje části m. rectus femoris a vastus intermedius. Obvykle je vyjmut štěp o velikosti 7-8 cm, a to z distálního konce. Během odběru štěpu je poloha kolenního kloubu v 90° flexi kvůli napětí m. QF.



Obrázek 14. Schéma rekonstrukce ACL prostřednictvím štěpu ze šlach m. quadriceps femoris

Po odebrání držíme štěp pod stejným tenzním napětím i během přípravy štěpu na replantaci. Oba konce štěpu jsou obšity a opatřeny vlákny. Proximální konec je

nejčastěji opatřen knoflíkem (Endobutton), který fixuje štěp zevně femuru. Tibiální konec je fixován nejčastěji prostřednictvím biointerferenčního šroubu, který je zaveden 5 až 8 mm od interkondylárního prostoru. Konec vazy je opatřen kruhovým knoflíkem, který je připevněn na vnější straně tibie a prostřednictvím jehož je nastaveno tenzní napětí vazy při rekonstrukci (Obrázek 14 viz výše). (De Angelis & Fulkerson, 2007; Theut, Fulkerson, Armour, & Joseph, 2003).

3.8.3 Double bundle metoda

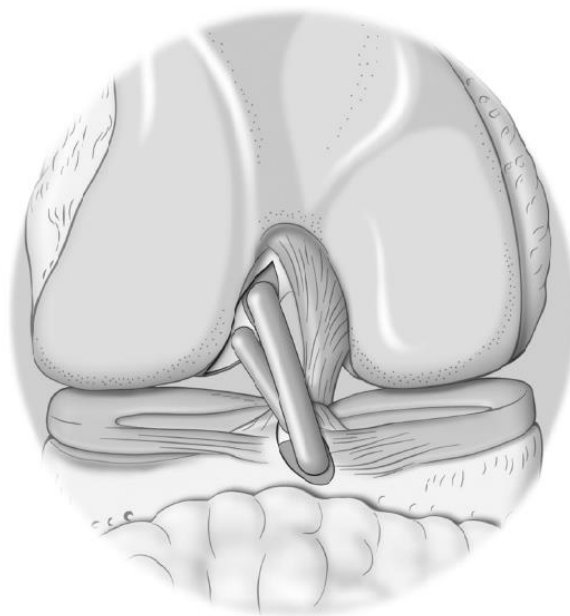
Ze studií, které provedli Colombet et al. (2006) a Harner et al. (1999) je patrné, že oba svazky ACL mají svou nezastupitelnou roli v přenosu zatížení a současně, že ani jeden za svazků není schopen samostatně plně nahradit funkci celého intaktního ACL. Samostatný AM svazek není schopen dostatečně zajistit kontrolu při translaci a rotaci v extenzi. PL svazek se uplatňuje zejména při extenzi při pohybu translačním i rotačním. Klasické SB operace jsou úspěšné v zachování předozadní stability, ale selhávají v pokusu zachovat také stabilitu rotační. Studie dále ukazují, že subjektivně se výsledky po jedno a dvousvazkových rekonstrukcích ACL významně neliší. Rotační stabilitu se však daří obnovit dvousvazkovými operacemi neboli double bundle metodou (DB) mnohem fyziologičtěji (Hartl & Štípačák, 2010; Kidera et al., 2018; Muneta et al., 2007).

U DB metody zatím nebyl popsán spolehlivý postup pro vrtání kostních kanálů. Obnovit anatomické úpony obou svazků během rekonstrukce je však obtížné, zejména u chronických lézí. Při cílení AM svazku je doporučeno vycházet z „ciferníkového“ údaje 11:00 resp. 13:00. Sporné je však řídit se podobně u PL svazku, kde se vrtá v poloze mezi 9:30 a 10:30 resp. 1:30 a 2:30, jelikož úpon je o 8 mm kaudálněji, a hlavně více při povrchu v interkondylickém prostoru. Zcela zásadní je, že ve femuru musí být vyvrtány dva kanály. Na typ výkonu na straně tibie se názory liší, protože chování ACL ovlivňuje především úpon femorální. Studie ukázaly, že při DB rekonstrukcích s jedním kanálem na tibií je tranlace i rotace zachována více než při SB metodě, avšak mnohem méně fyziologicky než se dvěma kanály na tibií (Yagi, Kuroda, Nagamune, Yoshiya, & Kurosaka, 2007; Yagi et al., 2002).

Hlavní výhodou DB rekonstrukce ACL s jedním kanálem na tibií je skutečnost, že může být při této technice použit štěp z m. QF s kostním bločkem z patelly. Tuto metodu můžeme zvolit v případech relativně řídké spongiózní struktury tibie. Metoda je

výhodná u mladých žen, u kterých je výhodné obnovit rotační stabilitu kolene, ale máme obavy z nedostatečného materiálu na odběr štěpu z hamstringů a z řídké spongiózy tibie. Při operačním zákroku se nejdříve zafixuje PL svazek interferenčním šroubem, poté se končetina převede do 15° flexe a fixuje se tibiální část štěpu s kostním bločkem z česky silnějším interferenčním šroubem a tím PL svazek tonizujeme. Nakonec se izolovaně tonizuje AM svazek ve flexi 80° a zafixuje se opět interferenčním šroubem ve femuru (Grover, Howell, & Hull, 2005; Hartl & Štipčák, 2010).

U dvoukanálové techniky na tibii se rekonstrukce blíží více anatomii ACL (Obrázek 15). Metoda je možná např. u mladých mužů, u kterých předpokládáme dostatečně silné šlachy hamstringů pro zhotovení obou svazků štěpu. Kanál pro PL svazek je vytvořen v zadní části původního úponu ACL a kanál pro AM svazek je připraven v přední části úponu. Mezi kanály by měla být vzdálenost 3 mm. Při odběru šlachy z hamstringů se odeberou dva kostní bločky z tibie, které se na konci štěpu vsijí mezi šlachy. Při vytvoření dvou svazků se oba klasicky fixují do tibie a femuru interferenčními šrouby. V případě kombinovaného štěpu z *m. gracilis* a *m. semitendinosus* se používá šlacha *m. gracilis* k vytvoření PL svazku, který je fixován v zadním tibiálním tunelu. Šlacha *m. semitendinosus* je využita k přípravě AM svazku, který se fixuje do předního tibiálního tunelu. PL svazek je fixován v 15° flexi a AM svazek ve flexi 45° (Hartl & Štipčák, 2010; Petersen et al., 2007).



Obrázek 15. Schéma rekonstrukce ACL metodou DB (Yagi et al., 2007, 102)

Svoji velkou roli při operacích a cílení kostních kanálů má také počítačová navigace, která svou přesností cílení může minimalizovat riziko impingementu ACL. Vodící drát pro AM svazek vychází z tibie asi 2 mm ventrálněji, než při SB operacích. Vodící drát PL svazku penetruje do kloubu asi 8 mm dorzálně od kanálu pro AM svazek. Zásadní je umístění femorálního kanálu, který rozhoduje o funkčnosti nahrazeného ACL. Přesný návod na vrtání kanálů však zatím nebyl vytvořen. Vhodná je analýza interkondylického prostoru ze dvou portů, abychom měli dobrý přehled o dané oblasti. Umístění kanálu pro AM svazek se neliší od umístění u SB metody. Umístění PL svazek je však mnohem obtížnější a jeho cílení je dosaženo pomocí artroskopu. V praxi lze při vrtání femorálního kanálu postupovat trojím způsobem:

- přes anteromediální port (v hyperflexi kolena)
- transtibiálně
- s užitím dvouincizní techniky outside-in

Vrtání kanálu *přes anteromediální port* patří mezi metody snadnější, ale velice záleží na zkušenosti operátéra.

Transtibiální vrtání dává velmi dobré výsledky. U vrtání PL kanálu je však obtížné cílit drát dostatečně dozadu a je třeba si pomoci zevní rotací tibie a manévrem používaným u testu zadní zásuvky. Pokud by operátér zacílil kanál příliš ventrálně, došlo by k zvýšenému tahu ve flexi a následnému selhání náhrady.

Dvouincizní technika spočívá ve vytvoření přídatné incize na zevní straně distální části stehna. Následně je využit speciální cílič zkonstruovaný přesně pro tento typ výkonu. Cílič do kloubu proniká buď zepředu nebo zezadu za kondylem (Hartl & Štipčák, 2010).

3.8.3.1 Rekonstrukce štěpem ze šlach m. semitendinosus a m. gracilis

Při odběru štěpu je veden 3 cm dlouhý řez v anteromediální části tibie. V případě, že je šlacha m. semitendinosus dostatečně silná, neodebírání se šlacha m. gracilis. Po zavedení artroskopu je poraněný vaz zresekován a z původní délky je ponechám 1 mm vazů na femorálním a 1 mm na tibiálním úponu. Tím má operátér usnadněnou orientaci v operačním terénu (Yasuda, Tanabe, Kondo, Kitamura, & Tohyama, 2010).

Yasuda et al., 2004 publikovali, že přestože, je laterální kondyl hlavní místo úponu ACL, většina vláken, která by měla být nahrazena při rekonstrukci, se upínají na oválné políčko uložené v podélné ose femuru na mediální část laterálního kondylu. Pro vytvoření kostních kanálů je nejčastěji využita metoda transtibiální. Nejprve je vytvořen tibiální kanál pro PL svazek. Operatér vrtá kanál v pozici 90° flexe v kolenním kloubu s horizontální polohou femuru. Následně je vyvrtán femorální kanál pro PL svazek. Ten se nachází 5-8 mm proximálně od okraje kondylární chrupavky na pomyslné vertikální linii. Po tomto zákroku je vyvrtán kanál pro AM svazek na tibií, který je uložen zhruba 7 mm ventrálně od kanálu pro PL svazek. Femorální kanál je vytvořen v centrální části původního úponu AM svazku ACL. Takto vytvořené kanály jsou připraveny pro fixaci štěpu metodou EB. Zásadní roli hraje délka štěpů. Délky štěpu u rozdílných operačních metod jsou stále nejednotné (Nakamura et al., 2019).

Odebraná část m. semitendinosus je přeřata na poloviny. Odebraná část šlachy m. gracilis je zresekována a přeložena na polovinu, tak aby celková délka byla polovinou délky m. semitendinosus. Šlachy jsou k sobě připojeny. Takto připravený štěp je použit k náhradě AM svazku. PL svazek je vytvořen analogickým způsobem. Na konec štěpu, vzniklý přeložením m. gracilis, je připevněn fixační knoflík. Průměr připraveného štěpu je mezi 6-8 mm pro AM svazek a mezi 5-6 mm pro PL svazek. Hlavní výhodou hybridního štěpu je jeho větší pevnost (Miyata et al., 2000; Prodromos et al., 2008).

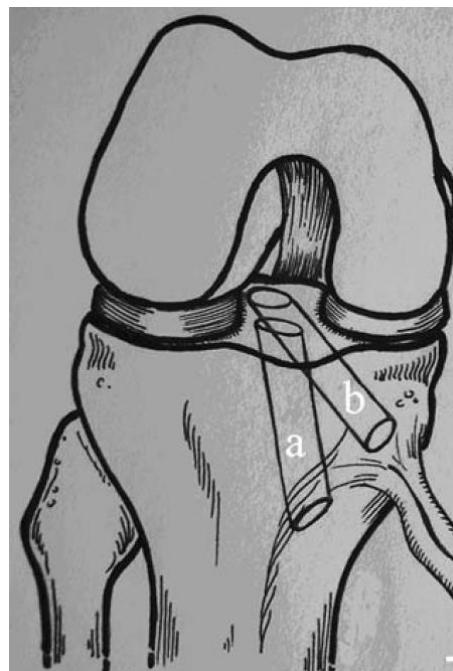
3.8.3.2 Rekonstrukce štěpem z hamstringů

Odběr šlachy m. semitendinosus probíhá rutině jako při SB metodě. 20 až 30 mm šlachy z m. semitendinosus je provlečena knoflíkem z titanu. Z této části štěpu vzniká AM svazek. Oba svazky jsou zpevněny obšitím. Průměrná tloušťka nově vytvořeného PL svazku je 6 mm a pro AM svazek 7 mm. Délka PL svazku je vždy větší než AM svazku, protože kostěný kanál pro PL svazek bývá delší (Carneiro et al., 2009; Christel, Sahasrabudhe, & Basdekis, 2008; Prodromos et al., 2008).

Artroskopický přístup je z anteromediálního (AM) a anterolaterálního (AL) vstupu přímo pod dolním okrajem patelly. To také umožňuje velmi dobré zobrazení tibiálních úponů vazů bez potřeby jiného přístupu. Oba kanály by měly být vrtány poblíž úponového místa nativního ACL (Carneiro et al., 2009; Christel et al., 2008; Prodromos et al., 2008).

Oba femorální kanály jsou připravovány z AM vstupu. AM kanál je připravován co nejbližší střední ose kloubu, kvůli nejnižšímu riziku poranění povrchu mediálního kondylu femuru. Během zavádění přístrojů a během vrtání kanálu je koleno umístěno v pozici 120° flexe, což je pozice důležitá pro správné umístění AM femorálního kanálu. Z práce Arnolde, Kooloose a Kampena (2001) vyplývá, že technika AM vstupu je vhodná, pro přípravu kanálů femuru a pro umístění svazků v co nejvíce anatomickém postavení, které je nezávislé na typu štěpu.

Nejprve jsou artroskopicky připraveny AM a PL kanály na tibii (Obrázek 16). Oba kanály jsou vyvrtány v průměru 6 mm. Vstup AM kanálu je na proximální části tibie, přesněji mediálně od tuberositas tibie, mírně ventrálněji než bývá uložen u SB typů operace. AM kanál svírá úhel 20° se sagitální rovinou a 50° s rovinou horizontální. Přestože je kanál uložen více ventrálně než u SB techniky, riziko impingementu je minimální. Je to především díky menšímu průměru štěpů a uložení femorálního kanálu horizontálněji. PL kanál je uložen 9 mm dorzálněji a laterálněji oproti AM kanálu. Je umístěn více horizontálně a jeho přední vstup je v blízkosti okraje vnitřního postranního vazy. Mezi kanály je opět ponechán 2 mm velký kostní můstek (Carneiro et al., 2009; Christel et al., 2008; Prodromos et al., 2008).



Obrázek 16. Umístění tibiálních kanálů (a – anteromediální, b – posterolaterální) (Carneiro et al., 2009, 322)

Anteromediální femorální kanál (Obrázek 17) je připraven o 5 mm ventrálněji oproti PL kanálu. Je vrtán v poloze 120° flexe v kolenním kloubu, u levé končetiny v pozici 1 hodiny, u pravé končetiny v pozici 11 hodin. Po vyvrtání otvoru o průměru 4,5 mm je prostor rozšířen na velikost připravovaného štěpu dilatátorem. PL kanál je vytvořen níže, více laterálně a více povrchově v pozici 2:30 u levého kolene a 9:30 u pravého kolene. Oba femorální kanály spolu svírají úhel 15°. Při flexi kolenního kloubu je AM svazek, dlouhý 45-50 mm uložen více vertikálně oproti PL svazku, který je uložen zešikma. Jeho délka se pohybuje mezi 30-35 mm. Mezi oba kanály je ponechán dvoumilimetrový kostěný můstek, který koresponduje s anatomickým uspořádáním a zajišťuje nezávislé fungování a spolehlivou fixaci svazků (Christel et al., 2008; Prodromos et al., 2008).



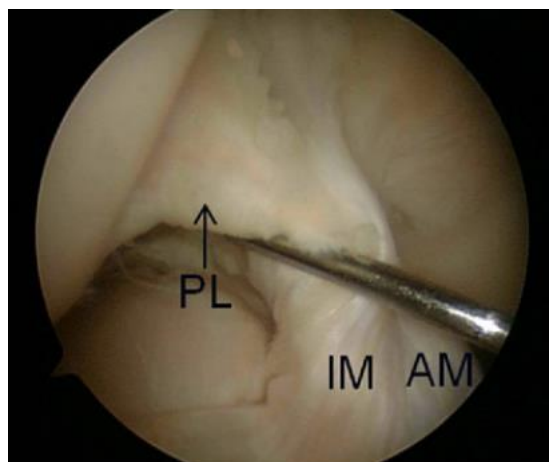
Obrázek 17. Umístění femorálních kanálů (c – anteromediální, d – posterolaterální) (Carneiro et al., 2009, 322)

Připravenými kanály je nedřívě protažen vodič štěpu. Nejprve je vkládán PL svazek, a to přes tibiální a následně přes femorální kanál. Po umístění je štěp zafixován titanovým knoflíkem z vnější strany kanálu. Obdobně je zaveden i AM svazek, který je připevněn relativně izometricky. PL svazek však izometricky uložen není a změny jeho délky dosahují v průměru 5-6 mm. Oba štěpy jsou napnuty silou 50 N prostřednictvím

dynamometru. Tibiální fixace AM svazku je mezi 45-60° vstřebatelným interferenčním šroubem. Úhel pro fixaci PL štěpu je stanovován podle změny délky štěpu při flexi kolenního kloubu. Pokud se délka štěpu mění o 3 mm a méně, fixujeme štěp ve 20° flexi. Pokud je však délka větší než 4 mm, PL svazek je fixován v pozici blízcí se extenzi. Fixace PL svazku je opět prostřednictvím vstřebatelného interferenčního šroubu. K fixaci náhrady vazů jsou někdy využity také fixační piny (Carneiro et al., 2009; Ohsawa, Takagishi, & Kimura, 2016; Prodromos et al., 2008).

3.8.4 Triple bundle metoda

Některé studie dokládají, že ACL nemá pouze svazky dva – AM a PL, ale ještě svazek intermediální (IM) (Obrázek 18). Spíše než o dělení anatomické, se však jedná o dělení funkční. 3 svazky předního zkříženého vazů byly pozorovány také u zvířat (Suzuki et al., 2019).



Obrázek 18. Jednotlivé svazky předního zkříženého vazů při artroskopickém zobrazení (Kato et al., 2012, 249)

Kato et al. (2010) se dokonce zabývali biomechanickými vlastnostmi jednotlivých svazků ACL u prasat. Ve své studii působili pomocí robotického systému silou 89 N ventrálním směrem na kolenní kloub při flexi 30°, 60° a 90°. V poloze 30° a 60° flexe moment síly 7 Nm působil směrem do valgózního postavení a 4 Nm do vnitřní rotace. Při ventrálním působení na svazky byla síla IM a PL svazku mnohem nižší než síla AM svazku. Při torzi se naopak mnohem více zapojoval PL a IM svazek. IM svazek měl však mnohem nižší schopnost odolávat působení síly při flexi 60° oproti intaktnímu ACL. Autoři uvádí, že z toho vyplývá, že role IM svazku je druhořadá, oproti svazkům AM

a PL. Ve stejné studii autoři dodávají, že při přetěti IM svazku došlo k mírnému zvětšení ventrální translace tibie při pivot shift testu.

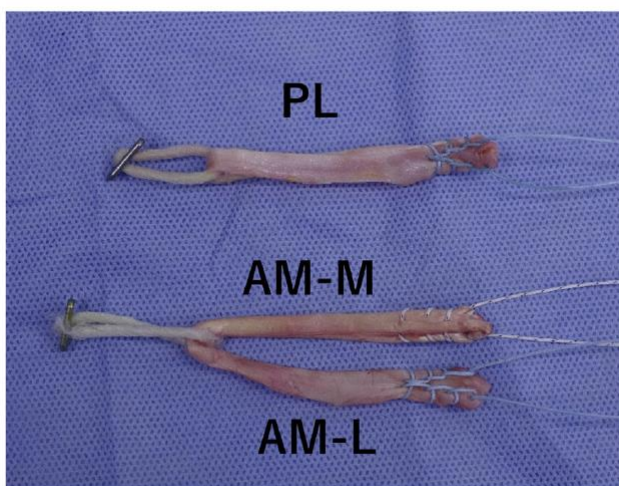
K anatomickému rozlišení a měření biomechanických vlastností svazků použili Kato et al. (2012) 18 kadaverů. Popis tří svazků ACL byl proveden metodou artroskopie a za pomoci elektrotermálního artroskopického systému. Z výsledků zjistili, že IM svazek má důležitou roli při otáčení ve flexi 30° a 45° v kolenu. Z toho vyplývá, že má IM svazek sekundární roli nejen pro PL, ale i pro AM svazek ACL. Tanaka et al. (2012) dodávají, že IM svazek se ze 30 % podílí na celkovém zatížení kolenního kloubu při flexi 0-90°.

Jak již bylo uvedeno dříve, tibiální úpon ACL má tvar písmen C. Triple bundle (TB) anatomická rekonstrukce ACL je oproti DB metodě inovativní ve vytvoření 3 tibiálních kanálů. Kromě PL a AM kanálu je nově vytvořen i kanál anterolaterální. Tyto tři kanály společně vytvářejí podobně jako u nativního ACL tvar písmene C. Blíží se tudíž více anatomickému uspořádání. Při tzv. second look artroskopii, po rekonstrukci ACL metodou TB, připomínal štěp svou morfologickou strukturou mnohem více intaktní vaz. Anterolaterální část tibiálního úponu byla masivnější, než je tomu u DB metody (Suzuki et al., 2019).

Tanaka et al. (2012) také uvádí, že v 34 % případů byla při second look artroskopii zjištěna parciální ruptura štěpů v jejich ventrální části, což autoři přisuzují impingementu štěpu proti eminentia intercondylaris nebo zadnímu zkríženému vaz (PCL). Největší riziko impingementu má právě IM svazek, podobně jako AM svazek při DB metodě. Autoři dodávají, že aby se této komplikaci operatéri vyhnuli, je třeba dbát na anatomické umístění. Jeden z hlavních faktorů, podílejících se na selhání štěpu, je také správná poloha kanálů (Suzuki et al., 2019; Take et al., 2018).

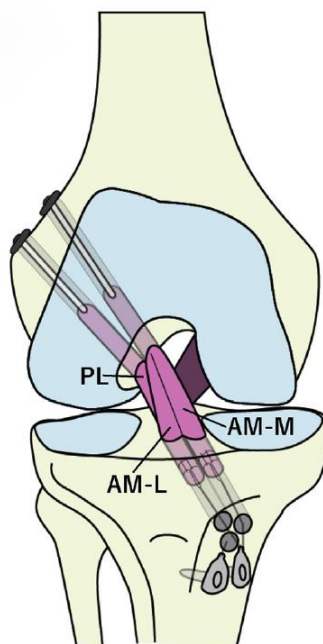
Umístění dvou femorálních kanálů je zákrok náročný na přesnost, proto je vždy třeba provádět výkon za endoskopické asistence. Kanály na femuru jsou připraveny pro AM a PL svazek. Kvůli lepší přehlednosti, především u femorální části úponu, je vhodné zvolit anteromediální vstup k zavedení optiky a operaci provádět z přístupu anterolaterálního. Tento postup dává možnost připravit kanály v co nejvíce anatomickém uspořádání a dále fixovat Endobutton (EB) knoflík na laterálním povrchu femuru. Na tibií jsou připraveny 3 paralelní kanály (Arnold, Koolos, & Kampen, 2001; Shino et al., 2005).

Pro přípravu autogenního štěpu TB metodou se užívá šlacha m. semitendinosus. Mediálně od tuberositas tibie je veden 4 cm dlouhý řez. Odebraná šlacha je transverzálně rozdělena na poloviny a jedna z nich je přehnuta na poloviny tak, aby vytvořila 60-70 mm dlouhé a 5-6 mm v průměru široké části zdvojeného štěpu. Na přeloženou část PL štěpu je připevněn EB knoflík a konce jsou obšity a zpevněny polyesterovými stehy. Druhá polovina představující AM štěp se nesešívá dohromady, ale jedna část představuje anteromediodiální (AM-M) a druhá anteromediolaterální (AM-L) část štěpu (Obrázek 19) (Shino et al., 2005; Take et al., 2018).



Obrázek 19. Jednotlivé svazky štěpu připraveného k replantaci metodou TB (Suzuki et al., 2019, 3)

Při operaci je pozice stehna horizontální a bérec je volně svěšen dolů. Po vyčištění oblasti úponu jsou zavedeny dva piny v oblasti 2 a 3 hodin pro levý kolenní kloub a 9 a 10 hodin pro pravý kolenní kloub. Prostor pro velikost štěpu je zvětšen pomocí dilatátoru. V oblasti tibie jsou piny zavedeny paralelně anteromediodiálně do oblasti úponu pod úhlem 45° ve frontální rovině a pod úhlem 20-25° v rovině sagitální. V oblasti tibiálního úponu jsou vedeny anteromediodiálně, anteromediolaterálně a posteromediodiálně, což odpovídá pozici jednotlivých svazků štěpu. PL svazek je protažen přes dorzálně uložený kanál tibie do femorálního kanálu a zafixován EB knoflíkem. Oba konce AM-M a AM-L svazku jsou zafixovány na femuru pomocí EB knoflíku a jejich tibiální část je fixována stejným způsobem do připravených kanálů na tibií (Obrázek 20). Napětí štěpu je dosaženo působením síly 10 N ve 20° flexe (Shino et al., 2005; Suzuki et al., 2019; Take et al., 2018).

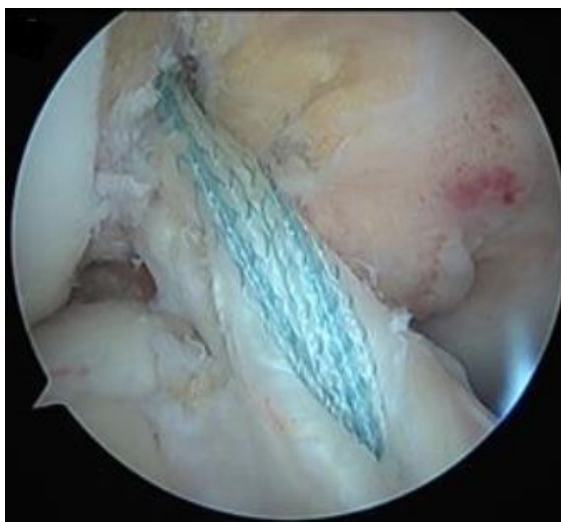


Obrázek 20. Rekonstrukce ACL metodou triple bundle (Suzuki et al., 2019, 3)

3.8.5 Internal brace metoda

Aby po ruptuře předního zkříženého vazů došlo k co neoptimálnější funkčnosti kolenního kloubu, je zapotřebí zachování dostatečné neurosenzorické funkce vazů. Úponové oblasti ACL obsahují četné proprioceptory, které se podílí na vnímání polohy kolenního kloubu. Při ruptuře a následné rekonstrukci štěpem je původní vaz odstraněn a schopnost propriocepce tím pádem výrazně klesá. Tato myšlenka vedla ke snaze o zachování vazů, která by měla za následek udržení propriocepce (MacKay, Anthony, Jenkins, & Blyth, 2015).

Metoda internal brace (IB) se používá u pacientů, u nichž došlo k avulzi úponu ACL z místa úponu na mediální ploše laterálního kondylu femuru. Operační zákrok se provádí v lokální anestezii. ACL je přikotveno do střední úponové plochy na femuru artroskopicky. Vaz je následně zevnitř fixován a zpevněn 2,5 milimetrovou páskou z polyethylenu a polyesteru – fiber tapem. Páska se klene z tibie na femur a vytváří mechanickou podporu vazů, který udržuje v optimální délce a napětí tak, aby mohlo dojít k jeho dokonalému zhojení (Obrázek 21). K napínání fiber tapu dochází v extenzi. V tibií i femuru operátor vyvrtá 3,5 mm kanál, do kterého fixuje IB pomocí stehů (Arthrex, Naples, Florida) (MacKay et al., 2015; Wilson, Hopper, Byrne, Mackay, & Surgeon, 2016).



Obrázek 21. Artroskopický pohled na ACL – rekonstrukce metodou internal brace (zeleně zobrazen fiber tape) (Jonkergouw, Van der List, & DiFelice, 2019, 23)

Hlavní výhodou tohoto operačního řešení je akcelerované a časné zotavení a plné zatížení bez omezení pohyblivosti kolenního kloubu. Steadman, Matheny, Briggs, Rodkey a Carreira (2012) uvádí, že časné zhojení umožňuje pacientům znovu vykonávat rekreační sportovní aktivity vyšší obtížnosti. Současně dochází k návratu funkce kolenního kloubu na normální úroveň. Wasmaier et al. (2013) však popisují opakovaný výskyt avulze u mladších pacientů. Dodávají, že příčinou mohou být větší nároky na rychlejší rehabilitaci a následný návrat ke sportovním aktivitám. V časných fázích rehabilitace je proto doporučena také zevní kolenní ortéza. IB má současně schopnost sekundární stabilizace vazy během sportovních aktivit (Nyland et al., 2016; Wilson, Hopper, Byrne, Mackay, & Surgeon, 2016).

Wilson et al. (2016) demonstrují velmi dobré funkční výsledky operační metody ještě 2 roky po operaci a uvádí, že z dlouhodobého hlediska může vést obnovení propriocepce kolenního kloubu k prevenci opakovaných poranění ACL a rozvoji posttraumatické osteoartrózy (Nyland et al., 2016).

3.8.6 Rehabilitace

Aby byla rekonstrukce ACL úspěšná a pacient se mohl navrátit k aktivnímu životnímu stylu, je zapotřebí kvalitní rehabilitace. Přestože se operační metody neustále vyvíjí, cíl rehabilitace zůstává stejný, a to navrátit pacienta do normálního života s původní funkční úrovně v co nejkratší době, aniž by došlo k poškození rekonstruovaného

ACL. Tradiční rehabilitace dříve zahrnovala vždy prolongovanou imobilizaci kolenního kloubu, odlehčení operované dolní končetiny a postupný přechod k zátěži. Dnes je kladen důraz na časný pohyb, dřívější zatížení končetiny a v případě sportovců také akcelerovaný návrat ke sportovním aktivitám. Beynnon et al. (2005) však dodávají, že není statisticky významný rozdíl v efektu akcelerované rehabilitace oproti standardní. Ve starší literatuře se můžeme setkat s doporučením používat v akutní fázi převážně motodlahy a sádrou fixaci, ale od tohoto trendu se nyní ustupuje (Hartl & Štipčák, 2010; Kruse, Gray, & Wright, 2012; Myer, Paterno, Ford, Quatman, & Hewett, 2006; Smékal, Kalina, & Urban, 2006)

Jak uvádí Smékal, Kalina a Urban (2006) postup rehabilitace je vždy ovlivněn přidruženými poraněními měkkých tkání kolenního kloubu a také na operační metodě a typu štěpu. V některých případech dochází k léčbě pouze metodou konzervativní, která však není vhodná, z důvodu vzniku chronické instability a oslabení svalových skupin kolenního kloubu a kvůli rozvoji posttraumatické osteoartrózy.

Výběr terapeutických metod ovlivňuje fakt, že je ACL složitou anatomickou strukturou s významnou biomechanickou a proprioceptivní funkcí. Mezi biomechanické funkce patří stabilizace anteriorního translačního posunu tibie a stabilizace neboli „uzamčení“ kolenního kloubu v extenzi. Klinicky často nacházíme nadměrnou extenzi na dolní končetině s porušenou strukturou ACL ve srovnání s končetinou druhostrannou. Při poruše propriocepce dochází ke zhoršení kontroly dynamické stabilizace kolenního kloubu a zhoršení vnímání polohocitu. Z toho důvodu je vhodné zařadit do cvičební jednotky balanční a proprioceptivní trénink na zlepšení proprioceptivní funkce (Cooper, Taylor, & Feller, 2005; Honová, 2013; Kapandji, 1987; Smékal et al., 2006).

3.8.6.1 Předoperační fáze

Prvním krokem rehabilitace je předoperační fáze, která je však často opomíjena. Hlavním cílem této fáze je snížení bolesti, redukce otoku, obnova rozsahu pohybu a neuromuskulární kontroly. Z klinických zkušeností vyplývá, že je nezbytné před operačním výkonem dosáhnout redukce otoku a zvýšení rozsahu pohybu. U časných operací právě otok či nedostatečný rozsah pohybu, spojený s bolestivostí, zamezuje efektivní rehabilitaci. Shelbourne, Wilckens, Mollabashy a DeCarlo (1991) dále demonstrovali zvýšenou četnost výskytu pooperační artrofibrosity u velmi časných

operačních zákroků (Griffin, 1995; Honová, 2013; Smékal et al., 2006; Van Grinsven, Van Cingel, Holla, & Van Loon, 2010).

V této fázi je vhodné pacienta seznámit s typem a průběhem operace. Vhodné je také zainstruovat pacienta o správném stereotypu chůze o dvou francouzských holích (FH). Soustředíme se na obnovení normálního stereotypu chůze a snížení bolestivosti, k čemuž využíváme individuální cvičení, měkké techniky i metody fyzikální terapie (Honová, 2013; Smékal et al., 2006; Van Grinsven et al., 2010).

Fyzikální terapie

K redukci otoku a bolesti využíváme metodu kryoterapie, kterou můžeme kombinovat s kompresí bolestivé končetiny. Dále lze využít diadynamické proudy (DD) v transregionální aplikaci, především CP a LP, které kombinují antiedematózní účinek CP proudů s analgetickým účinkem LP proudů. V dalších fázích můžeme aplikovat vakuum-kompresní terapii s využitím přetlakové fáze a elektrogymnastiku na mm. vasti m. QF. To má za následek jednak aktivaci svalové pumpy, ale také jejich zapojení do pohybů, kterých se aktivně neúčastní právě kvůli bolesti či otoku. Současně je elektrogymnastika důležitým aferentním nenociceptivním zdrojem z oblasti, která bývá motorickými centry často negována (Griffin, 1995; Smékal et al., 2006).

Techniky měkkých tkání

Z technik měkkých tkání využívaných předoperačně využíváme postizometrickou relaxaci m. rectus femoris a mobilizace pately a hlavičky fibuly (Smékal et al., 2006).

Individuální cvičení

Cvičení je zaměřeno především na zvýšení svalové koordinace a svalové síly. Postupujeme od cvičení stabilizačních po cvičení dynamické, což platí i pro pooperační rehabilitační fázi. Snížení svalové síly je dáno poraněním a následným reparačním procesem, ale také změnou aferentace, která vede k porušení zpětnovazebných mechanismů na postižené dolní končetině. Ageberg (2002) upozorňuje, že poranění snižuje funkční výkonnost i na nepostižené dolní končetině, proto je nutné se na trénink nepostižené dolní končetiny soustředit i v dalších fázích rehabilitace. Výhodou jsou také cvičení na zvýšení flexe a extenze, na kterých bude pacient pracovat i po operaci.

Mezi vhodná cvičení pro předoperační fázi patří towel extension/stretch (propínání kolene při podložené patě polštářem nebo overballem) a prone hang (Obrázek 22) (vyvěšování bérců volně z lehátka v poloze lehu na břiše) ke zvětšení rozsahu pohybu do extenze v kolenním kloubu. Ke zvýšení rozsahu do flexe v kolenním kloubu využíváme wall slide (dolní končetiny jsou flektovány v kolenních kloubech, přičemž zdravá noha pomáhá zvyšovat flexi na končetině zraněné) (Honová, 2013).



Obrázek 22. Prone hang (Honová & Procházka, 2015, 193)

Důkladná příprava v předoperační fázi pacientům usnadňuje zejména časnou pooperační fázi. Je třeba pacientovi zdůraznit, že prvních 14 dní po operaci je třeba přizpůsobit pracovní, studijní a denní režim rehabilitačním potřebám, protože se jedná o období pro rehabilitaci zcela zásadní (Honová, 2013; Smékal et al., 2006).

3.8.6.2 Časná pooperační fáze

Jako časná pooperační fáze je označováno období den až 2 týdny po operaci. V závislosti na typu operace může být tato fáze dosti variabilní. Obecně pacienti od 2. dne od operace chodí o dvou FH. U náhrady ACL štěpem z m. semitendinosus je během této fáze doporučeno postupné zatěžování končetiny, u štěpu z lig. patellae je vhodné úplné zatížení končetiny až na konci 4. týdne po operaci. Tanaka et al. (2012) uvádí, že štěp zhotovený metodou TB je vhodné částečně zatěžovat během 3. týdne od operace, s plným zatížením v 5. týdnu od operace, pokud je dosaženo plné extenze kolenního kloubu. U pacientů, operovaných metodou IB, je hned po operaci přiložena ortéza v plné

extenzi. Zátěž je možná od 6. dne po operaci s postupným zatěžováním, přičemž FH používá pacient 6 týdnů. Obecně lze však říci, že postup by měl rozhodnout operatér (Honová, 2013; Smékal et al., 2006; Steadman, Matheny, Briggs, Rodkey, & Carreira, 2012).

Shelbourne a Nitz (1990) a Bollen (2001) doporučují, v rámci akcelerované rehabilitace, po operaci ACL plnou zátěž dolní končetiny do dvou týdnů od operace. Tato varianta je však vhodná pouze při úplné absenci bolesti a fyziologickém chůzovém stereotypu. U těchto pacientů však při pokusu o chůzi v 2. týdnu docházelo k výrazným klaudikacím a jejich následní fixaci, které byla v dalších fázích rehabilitace obtížně odstranitelná. Vzhledem k vhojování štěpu je tudíž vhodné plné zatížení až s odstupem (Smékal et al., 2006).

Hlavním cílem časně fáze rehabilitace je snížení otoku a bolestivosti. V prvních dnech využíváme zejména kryoterapii a polohování dolní končetiny v elevované pozici. V boji proti otoku, ale současně jako prevence tromboembolické nemoci je vhodná také „cévní gymnastika“. Důležitým cvičením je také izometrie m. QF, při kterém dochází ke stlačování recessus suprapatellaris. Vytlačováním výpotku dochází k jeho lepšímu vstřebávání. Cvičení je ideální provádět v 15° flexi, protože nedochází k natažení štěpu. K eliminaci bolesti využíváme léčbu medikamentózní, zejména analgetika a prostředky fyzikální terapie. Nejvíce využívány jsou DD proudy – zejména analgetické LP proudy nebo středofrekvenční terapie s analgetickými parametry (Honová, 2013; Smékal et al., 2006).

Výrazný funkční rozdíl můžeme sledovat mezi jednotlivými typy operací, a to zejména v kvalitě tonu m. QF. U metody odběru štěpu z lig. patellae dochází k výraznější a dlouhodobější hypotonii, zejména mediálního vastu. Často se proto setkáváme s obrazem „alienace“ vastů, která je pravděpodobně spojena s nocicepcí především v místě odebrání štěpu, při aktivaci m. QF (Honová, 2013; Smékal et al., 2006).

Neustále se liší názory na dosažení plné extenze. Někteří autoři uvádí, že je jí třeba dosáhnout do prvního týdne po operaci, jiní, že do 6. pooperačního týdne. U metody IB je snaha o plnou extenzi hned po operačním výkonu, pro lepší fixaci štěpu. U ostatních typů operací je první den po operaci kolenní kloub polohován v semiflexi. V této fázi rehabilitace je cílem dosáhnout 90° flexe v kolenním kloubu. Rozsahu flekčního pohybu bylo dříve dosahováno zejména pasivně pomocí motodlahy. Problémem byl v některých

případech nárůst bolestí a zvýšení svalového tonu m. QF. V některých případech docházelo dokonce k nadměrnému vytažení štěpu. Výhodnější se ukázal pasivní pohyb vedený terapeutem, který lépe vnímá bariéru pohybu a současně je schopen reagovat na změny nocicepce. Rozsah pohybu do flexe by měl být dosažen do bariéry měkkých tkání, avšak v nebolestivém rozsahu. Pro metodu IB by mělo být dosaženo 90° flexe nejpozději mezi 8. až 14. dnem (Honová, 2013; Kolář, 2012; Smékal et al., 2006; Steadman et al., 2012; Škabroud, 2009).

Izometrické cvičení m. QF je taky důležité pro stabilizace kolenního kloubu, protože vastly mají stabilizační vliv na patelu. Vhodné je cvičení s podložením kolenního kloubu overballem, jehož nafouknutím určujeme velikost flexe. Vhodné je zainstruovat pacienta nejen k tlaku kolenního kloubu k podložce, ale primárně k tlaku paty do podložky, čímž dosáhneme prvotní aktivace hamstringů, což jsou primární svalové stabilizátory kolenního kloubu. Kontraindikací izometrie v nulovém postavení je konstituční hypermobilita, kde může docházet k nadměrnému napínání štěpu a jeho následnému uvolnění, které má negativní vliv na stabilitu kolenního kloubu (Honová, 2013; Smékal et al., 2006).

Velmi dobrým stabilizačním cvičením je využití prvků propioceptivní neuromuskulární facilitace (PNF), kde využíváme diagonálního pohybu k dosažení co největší funkční stability. Nejlépe aplikovatelné techniky jsou rytmická stabilizace a stabilizační zvrát. Pacient také může využívat rotopedu, ale s minimální zátěží. Kromě posilování a stabilizace využíváme také tzv. cross-over efektu, kdy izometrická kontrakce neoperované dolní končetiny způsobuje silnější kontrakci stejného svalu na operované dolní končetině. Bylo zjištěno, že tímto efektem může dojít ke zvýšení svalové síly až o 30 % (Honová, 2013; Muclingrová, 2003; Smékal et al., 2006).

Po vytažení stehů ošetřujeme jizvu a okolní tkáň měkkými technikami a provádíme mobilizaci pately do všechno směrů a mobilizaci fibuly. Mobilizace pately je obzvláště důležitá, při omezení jejího pohybu dochází ke snížení rozsahu pohybu a inhibici m. QF. Zaměřujeme se také na obnovu kloubní hry kloubů nohy (Smékal et al., 2006; Wilk, Reinold, & Hooks, 2003).

V ideálním případě odchází pacient z nemocnice vybaven dvěma FH edukován na optimální stereotyp chůze, včetně chůze po schodech. Dále je poučen o ošetřování

jízvy, automobilizaci pately a domácím cvičení. Navazovat by měla přímo ambulantní rehabilitace (Honová, 2013).

3.8.6.3 Pooperační fáze

Tato fáze trvá od konce 2. do konce 6. týdne. Mezi hlavní terapeutické cíle patří zvětšení rozsahu pohybu, ko-kontrakce flexorového a extenzorového svalového aparátu kolenního kloubu, zvýšení svalové síly, zlepšení propiocepce kvalitativně i kvantitativně a v neposlední řadě kontrola a korekce chůze se zatížením. Důraz klademe také na prevenci komplikací. Vhodné je používání prostředků jako v časně pooperační fázi zejména fyzikální terapii s důrazem na kryoterapii, ke snížení bolesti, otoku a jako prevenci zánětlivých změn, měkké techniky, pasivní a aktivní cvičení. Vhodné je nadále využívat režimová opatření zahrnující polohování končetiny a cévní gymnastiku, zejména po cvičení jako prevenci zvětšení otoku. Kontrola otoku je velmi důležitá ve vztahu k úspěšnému zvětšování rozsahu pohybu kolenního kloubu. V této fázi udržujeme nadále plnou extenzi kolenního kloubu a mobilitu pately, zatímco postupně zvětšujeme rozsah pohybu do flexe (Griffin, 1995; Honová, 2013; Smékal et al., 2006; Van Grinsven et al., 2010).

V rámci rehabilitace chůze s plným zatížením pracujeme především s měkkými technikami na plosce nohy a ošetřujeme reflexní změny ve svalových a vazivových strukturách metodami reflexní terapie. Následně pracujeme na jednotlivých fázích krokového cyklu přenášením váhy přes operovanou dolní končetinu. Během třetího týdne by měl pacient odkládat funkční ortézu a nácvik chůze by měl probíhat bez ní. Chůzi trénujeme zejména na rovném povrchu a snažíme se o korekci správného chůzového mechanismu, který může po odložení FH stále činit pacientům problémy. Často se objevuje zejména nadměrná zevní rotace operované končetiny, kterou je nutno eliminovat. Od 3. týdne jsou vhodné aktivity pro pacienta jízda na rotopedu, chůze na pásu nebo plavání (kraul nebo znak). Od 4. týdne je vhodné zařadit také schodové trenažéry. Krátký jogging o nízké intenzitě a jízda na kole je pro pacienty doporučována od 8. týdne. V případě triple bundle typu operace je jogging vhodné zařadit až v 3. měsíci od operace a běhání během 4. pooperačního měsíce (Cascio, Culp, & Cosgarea, 2004; Honová, 2013; Smékal et al., 2006; Van Grinsven et al., 2010; Wilk et al., 2003).

V pooperační fázi ještě není pevnost štěpu optimální. Svalovou sílu hamstringů a m. QF proto trénujeme pomocí izometrických a izotonických či izokinetických cvičení, abychom předešli poranění štěpu. Vhodná jsou izotonická cvičení vytrvalostního charakteru v rozsahu po 40° flexi, která zvyšují svalovou sílu m. QF a nezpůsobují bolesti přední strany kolenního kloubu. Je třeba důsledně respektovat nociceptivní signály (Smékal et al., 2006; Van Grinsven et al., 2010).

Vhodná jsou cvičení v uzavřených kinetických řetězcích, jejichž výhodou je nižší tah na pasivní struktury kloubu, lepší svalová ko-kontrakce a stabilizace kolenního kloubu. Cvičení jsou bezpečnější a dosahujeme díky nim lepšího funkčního výsledku. Můžeme zařadit silová cvičení jakou jsou squaty, výpady a leg press. Risberg, Mørk, Jenssen, & Holm (2001) doporučují provádět cvičení v rozsahu 0-60° flexe, kdy je minimální tenze rekonstruovaného vazů (Honová, 2013; Smékal et al., 2006; Van Grinsven et al., 2010).

Další metodou, kterou můžeme využít ke ko-kontrakci svalů, je metoda PNF. Využíváme jednak techniky z časné pooperační fáze, ale navíc také kombinace izotonických pohybů. K zapojení hypotonického mediálního vastu užíváme zejména 1. diagonálu. Smékal et al. (2006) doporučují pro použití technik rytmické stabilizace a stabilizačního zvratu byly nejlepší výsledky aktivace ve střední pozici diagonály (kolem 80° flexe v kyčli a 70° flexe v koleni). Pro techniku dynamického zvratu je nejvhodnější 1. diagonála flekčního vzoru a extenční varianty. Rozsah diagonály vždy přizpůsobíme aktuálním možnostem rozsahu konkrétního pacienta, vždy se však vyhýbáme polohám, které provokují bolesti. Výhodou PNF je velká využitelnost v kterékoliv fázi rehabilitačního procesu. Výhodou oproti přístrojovému cvičení je právě odpor terapeuta, který jej může přesně modifikovat dle schopností pacienta (Honová, 2013).

Dalším velice účinným prostředkem aktivace a dosažení svalové ko-kontrakce, je senzomotorické cvičení – zejména senzomotorické stimulace dle Jandy. Začínáme aktivací „malé nohy“, což následně převádíme do různých pozic – sed, stoj, výpad nebo na balanční podložce. Využíváme také v různých situacích jako s otevřenými nebo zavřenými očima nebo v součinnosti s horními končetinami. Cvičení současně působí také jako preventivní prostředek, který výrazně omezuje riziko úrazu během sportovních aktivit. Nezbytnou součástí je použití měkkých technik, PIR metody a muscle

energy technique (MET) nebo stretche v závislosti na nálezu a kondici svalů (Honová, 2013; Smékal et al., 2006).

U operačních technik využívajících štěp z lig. patellae, je doporučena do 5. týdne flexe do 90°. Poté postupné zvětšování rozsahu pohybu tak, aby bylo do 8. týdne dosaženo flexe 120°. U operačních metod technikou EB lze rozsah pohybu zvětšovat od 3. pooperačního týdne. V případě metody IB je dosaženo plného rozsahu pohybu od 15 dne, pokud je to dobře tolerováno pacientem (Smékal et al., 2006; Steadman et al., 2012).

Důležitým prvkem je zařazení kolenního kloubu do tělového a pohybového schématu, k čemuž využíváme dynamické stability a neuromuskulární kontroly. Požadovaného efektu můžeme dosáhnout prostřednictvím elektrogymnastiky. Nejčastěji se aplikuje do oblasti mediálního vastu m. QF. Můžeme využít také stimulaci pomocí spřažených impulzů, kdy první okruh je přiložen na flexorech kolenního kloubu a druhý na mediálním vastu. Cílem této aplikace je dosáhnout zautomatizování preaktivace hamstringů v pohybových úkolech (Smékal et al., 2006).

3.8.6.4 Pozdní pooperační fáze

Pozdní pooperační fázi označujeme období mezi 7. a 12. týdnem po artroskopické operaci. Hlavními cíli této fáze jsou obnova propriocepce, zlepšení svalové kontroly a návrat k původní svalové síle. Po plastice ACL dochází ke snížení multimodální aferentace z operované končetiny až o 70 %. Tato porucha není izolovaná pouze na operovanou dolní končetinu. Z toho důvodu je třeba terapii zaměřit nejen na operovanou dolní končetinu, ale trénink propriocepce a dynamickou stabilizaci aplikovat i na končetinu druhostrannou. Je nutné mít na paměti, že v 6.-8. týdnu dochází k avaskularizaci rekonstruovaného štěpu, proto bychom v tomto období neměli cvičení příliš zintenzivňovat (Ageberg, 2002; Smékal et al., 2006).

Pacient pokračuje v aktivním cvičení se ztížením vstupních podmínek. Jedním z příkladů je cvičení v uzavřeném kinetickém řetězci do flexe v kolenním kloubu s využitím Redcordu (Obrázek 23). Využíváme také stabilizační kontrakci za využití labilních ploch. Věnujeme se také tréninku a aplikaci krokových fází na Posturomedu. Současně využíváme senzomotorické pomůcky v rámci neuromuskulárního tréninku.

Můžeme již využít náročnějších senzomotorických pomůcek jakou jsou Rolo a Fitter (Honová, 2013; Smékal et al., 2006).



Obrázek 23. Cvičení v uzavřeném kinetickém řetězci na systému Redcord (Smékal et al., 2006, 426)

Pro zvětšování svalové síly dolních končetin lze využít stepperu nebo rotopedu či schodového trenažéru. V této fázi rehabilitace již mírně přidáváme zátěž a pacient pracuje proti většímu odporu nebo prodlužujeme intervaly. Stepper či rotoped můžeme využít také k tréninku vytrvalosti při cvičení s nižší zátěží, ale delším časovým intervalem, což je vhodné ke zlepšení dynamické stability kolenního kloubu. Vždy se však řídíme subjektivním pocitem pacienta. Statistický rozdíl ve velikost ischiokrurálních svalů a m. QF při cvičení na stepperu a rotopedu nebyl pozorován. Pro posílení svalů a následnou stabilizaci kolenního kloubu jsou často využívány cviky jako leg press nebo hip sled či dřepy (Griffin, 1995; Honová, 2013; Smékal et al. 2006; Steadman et al., 2012)

Specifickým cvičením používaným v této fázi je plyometrické cvičení. Jedná se o střídání excentrické a koncentrické kontrakce svalů. Často používané jsou skoky na místě, do stran, cik-cak běh, skoky do otočky, přes švihadlo nebo výskoky na bedýnku (Obrázek 24). Obvykle se začíná s dopadem na obě dolní končetiny s postupným progresem ke skokům na jednu dolní končetinu. Plyometrický trénink je vhodný u sportovců pro nácvik pohotovosti k pohybu a adaptaci na rychlé změny směru pohybu během sportovních aktivit. Jako variace můžeme použít trénink se zrakovou kontrolou

nebo bez, s různými typy povrchů, s různou délkou časového intervalu, dual-tasking. (Honová, 2013; Smékal et al., 2006; Van Grinsven et al., 2010; Wilk et al., 2003).



Obrázek 24. Hráčka fotbalu praktikující plyometrické cvičení po operaci náhrady ACL (Nyland et al., 2016, 27)

3.8.6.5 Rekonvalescenční fáze

Rekonvalescenční fází nazýváme období mezi 13. týdnem a 6. měsícem od operace. Hlavním cílem je zvětšení síly dolních končetin a návrat ke společensko-profesním aktivitám. Pacient pokračuje v předchozích cvičeních. Od 13. týdne je již vhodné začít s běháním a do tréninku zařazujeme i cvičení na trampolíně. V průběhu fáze lze postupně zařadit také kontaktní sporty. Do jednoho roku od operace je doporučeno používání funkční kolenní ortézy při sportovních aktivitách (Cascio et al., 2004; Honová, 2013; Smékal et al., 2006; Van Grinsven et al., 2010).

4 KAZUISTIKA

Pro kazuistiku jsem vyšetřila pacienta, operovaného metodou single bundle. Bohužel jsem v současné době nesehnala pacienta operovaného metodou double bundle nebo metodou internal brace. Metoda triple bundle není v České republice dosud využívána a s pacientem, který by podstoupil rekonstrukci ACL touto metodou jsem se ještě nesešla. Pacienty, kterým byla provedena operace metodou DB a IB jsem však měla možnost vidět v minulosti, v rámci klinické praxe.

Konkrétní ukázkou vyšetření a následné terapie je pacient, který podstoupil artroskopicky asistovanou plastiku ACL levého kolenního kloubu metodou single bundle aloštěpem. U pacienta se jednalo o plastiku opakovanou, přičemž původní plastika byla řešena metodou BTB.

Pacienta jsem si vyšetřila v období 2 a 6 týdnů po operaci. Během vyšetření jsem pacientovi změřila obvody dolních končetin, provedla goniometrické vyšetření a vyšetření svalové síly dle Jandy. Dále jsem provedla kineziologický rozbor, vyšetření povrchového čítí grafestezí a hlubokého čítí kinestezí. K subjektivnímu hodnocení byla použita vizuální analogová škála bolesti, Lysholmova skóre a Tegner activity scale.

Pacient: F. M.

Věk: 23 let

Diagnóza: stav po artroskopicky asistované plastice ACL levého kolenního kloubu metodou single bundle aloštěpem

Anamnéza

rodinná: nevýznamná

osobní: rekonstrukce ACL LKOK metodou BTB technikou SB 2016

alergologická: alergie nejuje

farmakologická: Aulin (1-0-1)10 dní po operaci

pracovní: klempíř, převážnou většinu času tráví vkleče

sportovní: registrovaný hráč fotbalového týmu krajské soutěže

sociální: bydlí v bytě v 1. patře
abúsus: nekuřák, alkohol příležitostně

nynější onemocnění:

K úrazu došlo při fotbalovém zápasu 29. 10. 2018 při srážce s protihráčem. Pacient udává mechanismus úrazu při pohybu kolene do rotace, ucítil náhlou bolest trvající cca po dobu půl minuty. Ihned ucítil slabost končetiny, zápas nedohrál. Po zápasu pozitivní test přední zásuvky. Několik hodin po zápasu otok kolena. Následující den tlak v koleni a omezená flexe. 31. 10. 2018 vyšetřen na ortopedii, kde byla také naplánována operace. 17. 2. 2019 přijat na ortopedicko-traumatologické oddělení nemocnice v Prostějově. 18. 2. 2019 byla provedena operace replastiky ACL s parciální menisektomií laterálního menisku. Pacientovi byl vložen štěp – cadaver MTA, fixovaný interferenčními šrouby. Doporučena rehabilitace a chůze se dvěma FH 4 týdny s maximální zátěží 50 %. 10 dní po operaci extrakce stehů.

Kineziologický rozbor

zezadu:

- pánev sešikmená doprava (SIAP, SIPS i crista iliaca vlevo výš)
- taile nesymetrické – větší vpravo, více zaříznutá
- skolióza typu “S“ sinistrokonvexní – vrchol Th6, dextrokonvexní – vrchol L1
- pravé rameno výš
- infraglutéální a popliteální rýhy symetrické
- hypotonie ischiokrurálních svalů a m. QF (zejména vastus medialis)

z boku:

- předsunutá držení hlavy
- protrakce ramenních kloubů
- semiflexe levého kolenního kloubu

Vyšetření 4. 3. 2019

Aktuálně je pacient 2 týdny po operaci. Schopen chůze s FH s maximální zátěží 50 %. V oblasti levého kolenního kloubu přítomen otok, zejména v oblasti subpatelární. Pozitivní test balotace pately. Pacient udává bolesti zejména v odpoledních hodinách,

pravděpodobně spojené s únavou končetiny při chůzi. Bolest lokalizuje do místa jizev po artroskopickém výkonu. Omezená pohyblivost jizev (nejvíce jizvy uložené mediálně pod dolním okrajem pately) a proximodistální pohyblivost pately. Jizva prominující, na dotek bolestivá s menším strupem. Pacient aktuálně rehabilituje třikrát týdně. Rehabilitační léčba zahrnuje skupinové cvičení zaměřené na zvýšení rozsahu pohybu a svalové síly svalů dolních končetin, individuální cvičení zaměřené na techniky měkkých tkání, mobilizace pately a drobných kloubů dolních končetin, prvky senzomotorické řady a zvýšení rozsahu pohybu a svalové síly. Dále je součástí každé terapie elektrogymnastika na mediální vastus m. QF.

Vizuální analogová škála bolesti – stupeň 4

Lysholmovo skóre – 65 – uspokojivé

Tegner activity scale – úroveň 2

Vyšetření čítí

| | pravý bérce | levý bérce |
|-------------|-------------|------------|
| grafestezie | v normě | 6/10 |
| statestezie | v normě | 6/10 |

Tabulka 1. Naměřené hodnoty při vyšetření čítí dolních končetin

Vyšetřením povrchového čítí byl zjištěn deficit povrchového i hlubokého čítí v oblasti levého bérce. Zóna poruchy čítí neodpovídala určitému dermatomu, ale byla difúzní. Čítí na pravé dolní končetině neporušeno.

Měření obvodů

| | pravá dolní končetina [cm] | levá dolní končetina [cm] |
|-------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| obvod stehna (10 cm nad patelou) | 46 | 44,5 |
| obvod stehna (nad kolenem) | 38 | 38,5 |
| obvod přes kolenní kloub | 38 | 38,5 |

| | | |
|---------------------------------|------|------|
| obvod přes tuberositas tibiae | 33,5 | 34,5 |
| obvod lýtky (10 cm pod patelou) | 38,5 | 38 |
| obvod nad kotníky | 24 | 24 |
| obvod přes kotníky | 27,5 | 27,5 |
| obvod přes hlavičky metatarsů | 25 | 24,5 |
| obvod přes patu a nárt | 35,5 | 35 |

Tabulka 2. Naměřené hodnoty obvodů dolních končetin*Goniometrie*

| | pravá dolní končetina | levá dolní končetina |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| kyčelní kloub | Sa: 30-0-110 Ra: 45-0-30 | Sa: 25-0-100 Ra: 25-0-20 |
| kolenní kloub | Sa: 0-0-150 Sp: 0-0-155 | Sa: 0-5-80 Sp: 0-0-85 |
| hlezenní kloub | Sa: 15-0-45 | Sa: 10-0-40 |

Tabulka 3. Hodnoty rozsahů pohybu měřené goniometrií

Z vyšetření jasně vyplývá omezení rozsahů pohybu operovaného kolena. Levá dolní končetina byla držena v mírné semiflexi pro bolest, ale při pasivním vyšetření byl pacient schopen dosáhnout plné extenze. Omezená byla také flexe kolenního kloubu, téměř o polovinu oproti pravému kolennímu kloubu.

Svalový test podle Jandy

| | pravá dolní končetina | levá dolní končetina |
|---------------|-----------------------|----------------------|
| flexory kyčle | 5 | 4 |

| | | |
|------------------|---|----|
| extenzory kyčle | 5 | 4+ |
| extenzory kolene | 5 | 3+ |
| flexory kolene | 5 | 4 |

Tabulka 4. Naměřené hodnoty svalové síly dolních končetin

Svalový test LDK nebyl vyšetřován v plném rozsahu pohybu pro bolestivost a otok končetiny.

Návrh krátkodobého rehabilitačního plánu

- ošetření jizev měkkými technikami – tlaková masáž, presura typu „S“ a „C“
- polohování levé dolní končetiny do elevované polohy a kryoterapie ledovými sáčky k redukci otoku
- izometrická cvičení m. quadriceps femoris
- aktivace mediálního vastu metodou PNF (1. diagonála flekční vzor, extenční varianta)
- mobilizace pately, hlavičky fibuly a kloubů nohy

Fyzikální terapie:

- aplikace elektrogymnastiky (Ruská stimulace) na mediální vastus m. QF
- DD proudy pro redukci otoku a analgezii (využití koktejlu CP a LP proudů)

Vyšetření 7. 4. 2019

Aktuálně je pacient 6 týdnů po operaci. Chodí 2 týdny bez FH s plným zatížením. V oblasti levého kolenního kloubu přítomen jen minimální otok. Pacient udává, že při běžných pohybech či chůzi je zcela bez bolesti, bolesti udává při delším pohybu nebo při větším zatížení a při kleku. Jizvy jsou nebolestivé, volné, jizva mediálně subpatelárně uložena je prominující a citlivější. Patela pohyblivá, volná. Nestabilní stoj na LDK s titubacemi, které se zvyrazňují při zavření očí. Za dva dny bude pacient absolvovat poslední rehabilitaci, poté návrat do zaměstnání.

Vizuální analogová škála bolesti – stupeň 2

Lysholmovo skóre – 70 – uspokojivé

Tegner activity scale – úroveň 3

Vyšetření čítí

| | pravý bérce | levý bérce |
|-------------|--------------|--------------|
| grafestezie | v normě | v normě |
| statestezie | v normě 9/10 | v normě 9/10 |

Tabulka 5. Naměřené hodnoty při kontrolním vyšetření čítí dolních končetin

Během měření již bylo čítí na bérce dolních končetin obnoveno. Reziduum poruchy čítí pouze v laterální části pod levým kolenním kloubem na ploše velikosti asi 9 cm². Výpadek čítí v dané oblasti však pacient udává již po první operaci v r. 2016.

Měření obvodů

| | pravá dolní končetina [cm] | levá dolní končetina [cm] |
|-------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| obvod stehna (10 cm nad patelou) | 45 | 44 |
| obvod stehna (nad kolenem) | 38 | 38 |
| obvod přes kolenní kloub | 38 | 38,5 |
| obvod přes tuberositas tibiae | 34 | 34 |
| obvod lýtka (10 cm pod patelou) | 38 | 37,5 |
| obvod nad kotníky | 24 | 24 |
| obvod přes kotníky | 27,5 | 27,5 |
| obvod přes hlavičky metatarsů | 25 | 25 |
| obvod přes patu a nárt | 35,5 | 35,5 |

Tabulka 6. Hodnoty obvodů dolních končetin při kontrolním měření

Při kontrolním měření obvodů dolních končetin lze konstatovat menší otok, a to při měření obvodu stehna nad kolenem a obvodu přes tuberositas tibie. Rozdíl byl 0,5 cm, ale při vyšetření palpací byl zřetelný. Současně obvod levé dolní končetiny přes stehno je

o půl cm menší než při prvním měření, což můžeme přisuzovat několika týdnům s postupným přidáváním zátěže. Zejména musculus vastus medialis na inaktivitu dolní končetiny reaguje velmi rychle svojí hypotonií.

Goniometrie

| | pravá dolní končetina | levá dolní končetina |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| kyčelní kloub | Sa: 30-0-110 Ra: 45-0-30 | Sa: 30-0-105 Ra: 40-0-30 |
| kolenní kloub | Sa: 0-0-150 Sp: 0-0-155 | Sa: 0-0-145 Sp: 0-0-150 |
| hlezenní kloub | Sa: 15-0-45 | Sa: 10-0-45 |

Tabulka 7. Rozsahy pohybu naměřené při kontrolním měření

Při kontrolním vyšetření bylo již pacientem dosaženo aktivní plné extenze kolenního kloubu. Naměřená flexe byla oproti druhostranné končetině omezená pouze o 5°.

Svalový test podle Jandy

| | pravá dolní končetina | levá dolní končetina |
|------------------|-----------------------|----------------------|
| flexory kyčle | 5 | 5 |
| extenzory kyčle | 5 | 5 |
| extenzory kolene | 5 | 4+ |
| flexory kolene | 5 | 5 |

Tabulka 8. Hodnoty naměřené při svalovém testu dolních končetin

Jediným deficitem při měření svalové síly bylo hodnocení extenze kolenního kloubu. Pacient byl schopen odporovaného pohybu, ale v omezeném rozsahu. V průběhu pohybu nebyl schopen překonat konstantní odpor k dosažení plné extenze kolenního kloubu.

Návrh dlouhodobého rehabilitačního plánu

- cvičení pro zvýšení svalové síly dolních končetin
- senzomotorická stimulace s přechodem na balanční podložky (bosu, posturomed)
- stabilizační cvičení s využitím systému Redcord
- postupný přechod k joggingu
- plyometrická cvičení s využitím koordinačního žebříku, hrazdiček a švihadla

5 DISKUZE

Pro poranění předního zkříženého existuje celá řada operačních metod, které mohou operatéri využít. Náhrady se provádí již celou řadu let a jejich počet neustále narůstá. Při rozhodování o typu operace, by měl operatér vždy zvážit, který typ operace je pro konkrétního pacienta optimálním řešením (Hartl & Štipčák, 2010).

Nejčastějším typem operací ACL jsou stále rekonstrukce jednosvazkovými náhradami poškozeného vazů. I přes četnost operativy je problém, že jeden svazek není schopen plně nahradit předozadní a rotační stabilitu kolenního kloubu. Bylo zjištěno, že u pětiny pacientů po SB rekonstrukci ACL přetrvává rotační instabilita, nezávislá na typu štěpu, operační technice a výběru materiálu pro fixaci. Zejména využití štěpů z hamstringů nezajišťuje dostatečnou rotační stabilitu kolena. Dle dostupných studií nedochází k obnově rotační stability kolenního kloubu ani během chůze. Logan, Williams, Lavelle, Gedroyc a Freeman (2004) publikovali, že kolena po náhradě ACL vykazovala významně větší vnitřní rotaci tibie během pohybu. Ke stejnému výsledku dospěli také Tashman, Collon, Anderson, Kolowich a Anderst (2004) porovnáním rotační stability kolenního kloubu při běhu z kopce u operované dolní končetiny, ve srovnání s druhostrannou intaktní končetinou (Georgoulis, Ristanis, Chouliaras, Moraiti, & Stergiou, 2007).

Pro jednosvazkové rekonstrukce jsou nejčastěji používané štěpy z hamstringů, popřípadě kombinovaný štěp z m. semitendinosus a m. gracilis, štěp z lig. patellae proprium a ze šlachy m. quadriceps femoris. Výhodou použití štěpu z hamstringů je menší výskyt femoropatelárních bolestí. Jako hlavní nevýhoda této operační metody je oslabení svalové síly extenzorů, která se vrací do jednoho roku po operaci a vnitřních rotátorů, která se vrací do dvou let. Kautzner (2016) a Musil, Sadovský, Filip, Vodička, a Stehlík (2005) nedoporučují provádět tuto techniku u sportů s vyššími nároky na flexorový aparát kolena (př. fotbal, atletika) a u pacientů s mediální instabilitou nebo u činností s nezbytnou rotační stabilitou kolenního kloubu (př. tanec) (Sewaga et al. 2002).

Za „zlatý standard“ je považována náhrada ACL štěpem z lig patellae. Velkou výhodou je, již dříve zmiňovaná, iniciační pevnost štěpu a dobrý potenciál hojení, díky dobré osteointegraci v kostních kanálech. Handl et al. (2007) dodávají, že pevnost štěpu je asi 2× větší než u nativního předního zkříženého vazů. Mezi nevýhody této operační

techniky patří femoropatelních bolesti u pacientů a bolesti při kleku či omezení krajní extenze. Mezi další nevýhody řadíme riziko fraktury pately nebo ruptury lig. patellae a možný rozvoj tendinitidy či syndromu patella infera, který je však méně častý. Dále můžeme zmínit oslabení svalové síly extenze kolenního kloubu a poškození femoropatelního kloubu, což je jeden z důvodů, proč se u sportů s vyššími nároky na extenzorový aparát volí jiné techniky operací (Kautzner, 2016).

Schindler (2012) uvádí, že operační metody předního zkříženého vazy se vyvíjely současně s novými poznatky o jeho anatomické struktuře a fyziologických funkcích. Z dosud provedených biomechanických studií vyplynulo, že oba svazky ACL mají nezastupitelnou úlohu v přenosu zatížení, a že ani jeden svazek není samostatně schopen plně nahradit funkci intaktního vazy. Tento důvod vedl k rozvoji dvousvazkových rekonstrukcí. V posledních letech se však pozornost zaměřila na metody rekonstrukce vazy, které by zajistily co nejlepší morfologické a funkční vlastnosti. Pro tyto účely se vyvinula metoda trojsvazkové náhrady (Hartl & Štipčák, 2010; Suzuki et al., 2019).

Yagi et al. (2002) popisují, že anatomické provedení DB rekonstrukce lépe zachovává kinematiku kolenního kloubu, oproti metodě SB. Björnsson et al. (2015) uvádí ve svém systematickém přehledu, že pacienti operovaní metodou DB vykazovali větší rotační a anteroposteriorní (AP) stabilitu a méně reoperací. Dále dodávají, že nebyl pozorován statisticky významný rozdíl v rychlosti návratu do původního funkčního stavu, což hodnotili měřením svalové síly a rozsahu pohybů. Hussein, Van Eck, Cretnik, Dinevski a Fu (2012) ve své studii srovnávali AP stabilitu kolenního kloubu mezi třemi skupinami. Dvě z nich zahrnovaly pacienty operované metodou SB a třetí skupinu tvořili pacienti, kteří podstoupili rekonstrukci metodou DB. Z výsledků vyplývá, že AP stabilita byla statisticky významně lepší u třetí skupiny oproti oběma předchozím.

Z výzkumu Sinclaira a Taylora (2019) navíc vyplývá, že dobrý profylaktický vliv na správné zatížení ACL a anterioposteriorní stabilitu má při sportovních aktivitách kolenní ortéza. Statisticky významně se snížení zatížení ACL projevuje v případě poskoků, prudkých změn pohybů, avšak u běhu samotného tento výsledek prokázán nebyl (Li et al., 2013).

Při hodnocení bolesti Björnsson et al. (2015) uvedli, že touto problematikou se zabývaly pouze 4 studie. Z výsledků vyplývalo, že jediná studie Sadoghiho et al. (2011) zjistila statisticky významnější snížení bolesti u operace DB metodou, oproti SB metodě.

Jelikož se jedná v současné době o dvě nejpoužívanější metody rekonstrukce předního zkříženého vazů, domnívám se, že se problematice bolesti nevěnuje dostatečná pozornost. Často je to právě pooperační bolestivost kolenního kloubu, která pacienty limituje nejen při rehabilitaci, ale i během procesu návratu k obvyklým činnostem pracovním nebo sportovním. Následná pooperační bolestivost bývá u vícesvazkových operací větší než u jednosvazkových právě kvůli většímu zásahu do struktury kosti.

Technika dvousvazkových operací je výrazně obtížnější a tomu také odpovídá delší operační čas. Také možnost chybného zacílení kostních kanálů je oproti metodě jednosvazkové dvojnásobná. Nejčastějším problémem je impingement štěpu proti hraně interkondylického prostoru. U většího procenta pacientů se také vyskytuje deficit extenze. Jako velké riziko je vnímáno rozšíření kostních kanálů s určitým časovým odstupem. Již Siebold (2007) popsal výrazné rozšíření všech čtyř kanálů, a to už rok po operaci. Komunikaci mezi tibiálními kanály potom byla zjištěna přibližně u 40 % případů. Järvelä, Moisala, Paakkala a Paakkala (2008) však dodávají, že není významný statistický rozdíl v rozšiřování kostních kanálů při SB a DB typech operací. Dokonce doplňují, že v případě tibiálního kanálu bylo přítomno výraznější rozšiřování u SB metody oproti metodě DB.

Přestože se dvousvazkové náhrady předního zkříženého vazů jeví jako anatomicky a funkčně výhodná metoda, otázkou zůstává, jaké benefity přináší pacientům v dlouhodobém horizontu. Gobbi, Mahajan, Karnatzikos a Nakamura (2012) ve svém výzkumu analyzovali stabilitu a funkční vlastnosti kolenního kloubu 3 roky po rekonstrukci vazů. Prokázali, že rozdíly ve stabilitě a funkci kolenního kloubu nebyly u DB metody statisticky významnější, v porovnání se SB metodou. Núñez et al. (2012) sledovali kvalitu života (ve vztahu k fyzické kondici a klinickým výsledkům) a celkové náklady na léčbu u skupiny pacientů s DB rekonstrukcí a SB rekonstrukcí ACL. Po dvou letech pozorování byly výsledky pro obě metody srovnatelné (Fleaca et al., 2016).

Trojsvazková rekonstrukce předního zkříženého vazů tzv. triple bundle metoda patří v současné době mezi metody novější. Její rozšíření je především v Japonsku a u nás se této operační metodě zatím žádné pracoviště nevěnuje. Do budoucna však lze očekávat, že i v naší zemi se tato metoda začne prosazovat. Autoři této techniky tvrdí, že ve struktuře ACL lze rozlišit tři svazky a že všechny tyto svazky mají pro kolenní kloub svůj specifický význam. Hlavním cílem metody je co nejvěrnější uspořádání vláken štěpu tak, aby morfologicky odpovídala jeho struktura intaktnímu přednímu zkříženému

vazu. Dále se zaměřují na podpoření lepšího potenciálu vhojování štěpu, díky většímu kontaktu úponových částí s kostními kanály. Posledním udávaným cílem je rovnoměrné rozdělení působících sil do oblasti tibiálních kanálů (Mae, Shino, Take, Iuchi, & Kinugasa, 2019).

Mae et al. (2019) řadí mezi hlavní indikace TB metody velká oslabení m. QF, parciální ruptury lig. patellae nebo “skokanské“ koleno (neboli patelární tendinitidu), opakované ruptury ACL po předchozí operaci metodou BTB a příliš krátké ligamentum patellae (pod 35 mm).

Řada autorů se následně zabývala srovnáním DB a TB metody a tím, jaké benefity by právě trojsvazková náhrada vazů mohla přinést pacientům. Mae et al. (2013) ve své práci hodnotili anteriorní posun tibie. Oba typy štěpů byly fixovány pod stejným napětím. Výsledkem bylo, že TB metoda byla mnohem efektivnější v obnovení stability kolenního kloubu a anteriorní posun ihned po operaci byl právě u pacientů operovaných touto metodou menší. Navíc dodávají, že iniciální napětí štěpu a jeho pevnost je téměř identická ve srovnání s intaktním ACL.

Take et al. (2018) provedli studii, kde sledovali trojdimenzionální (3D) orientaci štěpu 6 měsíců po provedení TB rekonstrukce. Výsledky srovnávali s kontrolní skupinou, kterou tvořili pacienti bez poškození ACL. Zjistili, že orientace vloženého štěpu byla ekvivalentem normální orientace u kontrolní skupiny zdravých pacientů.

Mezi komplikace a nevýhody metody TB můžeme zařadit rozšiřování kostních kanálů, ruptury štěpů ale i dlouhou vzdálenost míst fixace štěpu. Konce štěpu nemají kostní bločky a nejsou tudíž fixovány v kostním kanálu. Měkká tkáň štěpu tudíž při zatížení působí tlakem na stěnu kostního kanálu a tím způsobí jeho postupné rozšiřování. Tachibana et al. (2015) hodnotili ve své studii rozšiřování kostních kanálů ve femuru. Z výsledků vyplývá, že nejvíce docházelo k rozšiřování kanálů v místě jejich vstupu do femuru a to ve 23 % u anteromediálního a v 29 % u posterolaterálního svazku (Mae et al., 2019).

Jako riziko vícesvazkových operací vidím právě větší množství kostěných kanálů. Převážná většina poranění ACL je u mladších jedinců, nejčastěji aktivních sportovců. Taková populace nemá problémy s hustotou kostní hmoty a mineralizací skeletu, proto se vícesvazkové operace jeví, jako metoda první volby. Otázkou však zůstává, jak bude

u takového jedince vypadat kostní struktura během procesu stárnutí a demineralizace skeletu. Karlsson et al. (2000) uvádí, že od 25. roku dochází k postupnému ubývání kostní hmoty s ročním úbytkem 2 až 4 %. Leppälä et al. (1999) dodávají, že hustota kostní tkáně je o 14 až 21 % nižší u kolenního kloubu již po 1 roce od rekonstrukce ACL. Zatím však nebyly publikovány práce o tom, jak častý je výskyt degradace nebo komunikace kanálů vlivem osteoporotických změn u vícesvazkových operací. Podle mého názoru to představuje jedno z hlavních rizik, a to především u metody TB, kde jsou 3 kostní kanály v tibií a 2 ve femuru.

Přestože jsme v dnešní době schopni nahradit všechny svazky předního zkříženého vazy, vždy dochází s odstraněním štěpu ke ztrátě propriocepce. Tento deficit se projevuje především při chůzi, kdy se dochází k projevům abnormálního chůzového vzorce. Moderní artroskopicky prováděná operace předního zkříženého vazy – metoda internal brace však umožňuje zachování propriocepce prostřednictvím fixace vytrženého ligamenta zpět do femuru (MacKay et al., 2015).

Steadman et al. (2012) popsali, že u pacientů s proximální rupturou ACL, operovaných metodou IB, je rychlejší návrat k rekreačním sportovním aktivitám. Metoda také u většiny pacientů umožňuje návrat k původní funkční úrovni. Wasmier et al. (2013) však upozorňují na větší počet revizních operací u mladších pacientů, což bývá často způsobeno příliš rychlým návratem ke sportu výkonostní úrovně. Velkou výhodou zůstává, že metoda IB s použitím pásky FiberTape umožňuje časnější a akcelerovanější průběh rehabilitace, což je současně prevencí artrofibrotických změn. Není však jasně prokázáno, jak rychle lze kolenní kloub plně zatížit, aby byla již sutura vazy dostatečně pevná a nedošlo k opakované ruptuře.

K návratu pacienta na původní nebo co nejlepší možnou funkční úroveň, je třeba kvalitní rehabilitační léčby. Obecně rehabilitace zahrnuje často opomíjenou předoperační fázi a 4 fáze pooperační. Jednotlivé fáze jsou členěny na základě intervalu pooperační doby a obsahují cíle, kterých by měl pacient dosáhnout. Tyto cíle by měly být pro terapeuta vodítkem, ne však pravidlem. Vždy je třeba dbát na stav konkrétního pacienta. Vzhledem k tomu, že operačních metody jsou dosti variabilní, pacienti mohou na rehabilitaci reagovat různě a její průběh může být také jinak rychlý. Honová a Procházka (2015) publikovali, že rehabilitační postupy po rekonstrukci ACL prošly značným vývojem. Zejména u sportovců klademe důraz na maximální možné zatížení,

které pacient toleruje bez nežádoucích reakcí jako je bolest, otok, lokální zvýšení teploty a snížení pohyblivosti.

U metody SB a DB probíhají jednotlivé rehabilitační fáze obdobným způsobem. U pacientů s DB štěpem však bývá v prvních fázích rehabilitace udávána větší bolestivost. Bahl, Goyal, Jain, Joshi a Chaudhary (2013) uvádí, že pacienti, operovaní metodou DB, udávali vyšší hodnoty na vizuální analogové škále bolesti. Během prvních 4 týdnů také autoři sledovali mnohem menší snížení bolestivosti, oproti skupině pacientů se SB štěpem. Statisticky významně se tyto metody však lišily pouze do 4. pooperačního týdne. Lze tedy předpokládat, že u pacientů operovaných DB metodou bychom se měli v časně fázi rehabilitace více zaměřit na terapii bolesti, která zahrnuje doporučení analgetických léčiv či využití analgetických metod fyzikální terapie. Výzkumy, zabývající se rozdíly v rozsahu pohybu kolenního kloubu u SB a DB metod prokázali, že nedochází k statisticky významným odchylkám. Omezení však můžeme u DB metody očekávat v časně pooperační fázi, právě kvůli vyšší bolestivosti, která pacienta limituje. V pozdějších fázích při redukci bolesti již rozdíly mezi operačními metodami neočekáváme.

Bahl et al. (2013) doplňují, že rozdíly mezi rehabilitací u SB a DB metody byly patrné pouze do 3 měsíců po operaci. Důvodem byl větší výskyt hemartrosu a větší bolestivost u DB metody. Současně však dodávají, že je třeba dalšího výzkumu, který by se zabýval rozdíly u DB metody bez a s použitím intraartikulárního drénu.

O rehabilitaci TB metody rekonstrukce ACL se zmiňuje odborná literatura pouze okrajově. Shino, Mae a Tachibana (2015) uvádí, že první 2 týdny je končetina imobilizována ortézou v 10° flexi a plné extenze bývá dosaženo až od 5. pooperačního týdne. Plný návrat ke sportovním aktivitám je doporučen mezi 7-9 pooperačním měsícem, individuálně dle stavu pacienta. Dle dostupných informací o DB metodě lze však očekávat, že bolestivost při TB metodě bude minimálně stejná, ne-li větší. Souvisí to nejen s hemartrosem a otokem, které mohou utlačovat měkké tkáně, ale i s narušením struktury kosti. Při vrtání kostních kanálů dochází k výraznému narušení struktury. Do zhojení kostních komponent lze tudíž očekávat bolestivost kolenního kloubu. Pokud je přítomna bolestivost, rehabilitační léčba pacienta je dosti limitována. Je však nutné tento faktor neopomínat a nesnažit se naplnit potenciál rychlejšího návratu, který metoda poskytuje, za cenu komplikací (Mae et al., 2019).

Rehabilitační fáze po operaci metodou IB jsou oproti ostatním metodám trochu odlišné. Po operaci je téměř okamžitě povolena plná zátěž a zvyšování rozsahu pohybu, pokud je to pacientem tolerováno a pokud je svalový aparát v dostatečné kondici. Návrat k aktivním sportovním aktivitám je umožněn mezi 6. až 9. pooperačním měsícem, opět individuálně dle pacienta. Minimálně 6 týdnů po operaci je doporučena kolenní ortéza s kloubem, umožňující rozsah pohybu do maximální flexe 120° (Aboalata et al, 2017).

Z vlastní zkušenosti s pacienty, kteří prodělali IB artroskopickou operaci předního zkříženého vazů mohu potvrdit, že jsou pacienti schopni končetinu relativně brzy plně zatížit. Problém při zatížení končetiny jsem spíše pozorovala v jejich obavě z opětovného poranění. Naopak, rozsah pohybu se u pacientů navracel podstatně déle, než u pacientů operovaných jinou metodou. Zvětšování rozsahu pohybu bylo navíc pro pacienty často bolestivé, a i přes snahu o překonání bolesti, nebylo cvičení příliš efektivní. Příčinu omezení pohybu vidím především ve fixaci vazů pomocí FiberTape pásky, která omezuje rozsah pohybu kolenního kloubu. Za velice důležité považuji pacienta vždy instruovat o tom, že je nutné respektovat signály nocicepce k oblasti operovaného kolenního kloubu. Metoda je sice podstatně méně invazivní, ale názory na její efektivitu a brzký návrat ke sportovním aktivitám se zatím velmi různí. Ke kvalitnímu zhodnocení však bude zapotřebí dalšího výzkumu.

Pacient z méj kazuistiky byl modelovým příkladem opakované ruptury předního zkříženého vazů. První artroskopickou náhradu pacient prodělal v roce 2016 metodou BTB. Sám udává, že jeho rehabilitační léčba zahrnovala několik individuálních cvičení s fyzioterapeutem, hydroterapii a další fáze rehabilitace již neproběhly. Pacient pracuje převážnou část pracovní doby vkleče. K ruptuře štěpu došlo v říjnu 2018 při fotbalovém utkání. Pacientovi byla provedena rekonstrukce vazů alogenním štěpem z tkáňové banky. Tento postup je u opakovaných ruptur frekventní. Proces remodelace alogenní tkáně však trvá 1,5× pomaleji než u tkáně autogenní. Mezi výhody však patří eliminace bolesti v místě odběru a rizik s odběrem tkáně spojených, zkrácení operačního času a menší kožní incize. Nevýhodou je potom možný přenos kožních nemocí (Hartl & Štipčák, 2010).

6 ZÁVĚR

Bakalářská práce, na základě rešerše odborné literatury, popisuje aktuálně používané operační metody při poranění předního zkříženého vazů. Součástí práce je také popis jednotlivých rehabilitačních fází s případnými specifiky pro jednotlivé operační metody.

Rekonstrukce ACL metodou single bundle využívá celou řadu štěpů. BTB štěp je odebírán společně s kostními bločky, čímž je zajištěna následná dobrá osteointegrace štěpu v kostních kanálech. Po odběru štěpu však často dochází k oslabení extenze kolenního kloubu, proto není metoda vhodná u sportů a aktivit s nárokem na extenzorový aparát. Není doporučována také u pacientů, trpících již před operací femoropatelárními bolestmi

Využití štěpu z hamstringů či kombinovaného štěpu z m. semitendinosus a m. gracilis je další metoda SB typu operace. Užívá se zejména u mužů, sportovců, s dobrým svalovým aparátem. Kombinovaný štěp se odebírá zejména u žen, kde se předpokládá menší šlacha m. semitendinosus. Metoda není vhodná u sportů s vyššími nároky na flexorový aparát.

Další užívanou metodou je DB rekonstrukce ACL. Principem je náhrada poškozeného vazů dvěma svazky, které lépe zachovávají zejména rotační stabilitu kolenního kloubu. Operační metoda je vhodná zejména pro sportující populaci, kde je stabilita kolenního kloubu nezbytná. Pro úspěšnost operace je však zapotřebí zkušeného operátora, který správně zacílí kostní kanály. Pacienti, kteří podstoupili rekonstrukci ACL metodou DB většinou pooperačně vykazují větší bolestivost kolenního kloubu. Oproti SB metodě, lze také v závislosti na bolesti, pozorovat pomalejší zvětšování rozsahu pohybu kolena. V pozdních rehabilitačních fázích jsou však metody srovnatelné.

Nejnovější metodou náhrady předního zkříženého vazů je metoda triple bundle. Principem metody je náhrada poškozeného ACL třemi svazky. Tato technika má být náhradou nejen anatomickou a funkční, ale také morfologickou. Při pozorování replantovaného štěpu autoři pozorovali téměř identickou morfologii jako u intaktního ACL. Předpoklad autorů je také akcelerovanější rehabilitace oproti předchozím metodám. Vícesvazkové náhrady však vykazují častěji větší pooperační bolestivost, čímž je rehabilitace naopak zpomalena. Největší nevýhodou a potenciálním rizikem metody je velké množství kostních kanálů – konkrétně 5. Již rok po operaci bylo pozorováno

rozšiřování kostních kanálů, což společně s osteoporotickými změnami skeletu může vést k selhání štěpu.

Metoda internal brace se užívá při avulzi femorálního úponu ACL. Hlavním přínosem metody je zachování propriocepce vazů. Femorální část úponu je fixována k femuru pomocí pásky FiberTape. Metoda umožňuje téměř okamžité zatěžování dolní končetiny a zvětšování rozsahu pohybu. Nevýhodou je často příliš rychlý návrat pacientů ke sportu výkonnostní úrovně a podcenění postupné rehabilitace.

Rehabilitace má v léčbě poranění předního zkříženého vazů, řešeného operačně, nezastupitelnou roli. Fyzioterapeuti mají celou škálu technik, které mohou v terapii využít. Za nezbytné však považují individuální přístup v rámci jednotlivých operačních metod i pacientů. Vždy je třeba dbát na to, aby pacient necvičil přes bolesti, což se ukázalo jako velmi častá chyba, komplikující návrat pacienta k optimální funkční zdatnosti.

7 SOUHRN

Cílem bakalářské práce je popis operačních metod, využívaných při artroskopických operacích ruptur předního zkříženého vazů. Součástí práce je také kazuistika pacienta, který prodělal opakovanou rekonstrukci vazů. Kazuistika zahrnuje fyzikální vyšetření, hodnocení Lysholmova skóre, Tegner aktivity scale a návrh krátkodobého a dlouhodobého rehabilitačního plánu.

Teoretická část práce zahrnuje popis histologické a anatomické struktury předního zkříženého vazů, které jsou společně s biomechanickými vlastnostmi základem pro pochopení funkce vazů i jednotlivých operačních metod. V další části jsou shrnuty metody fyzikálního vyšetření a nejčastější rizikové faktory. Hlavní část zahrnuje popis jednotlivých operačních metod včetně druhů štěpů a proces jejich přípravy. Následuje popis rehabilitační léčby ruptury předního zkříženého vazů s důrazem na jednotlivé rehabilitační fáze.

Z dostupné odborné literatury vyplývá, že nejpoužívanějším postupem je stále náhrada ACL metodou single bundle. V posledních letech jsou častější také metody operace typu double bundle a internal brace. Metoda triple bundle je využívána spíše v zahraničí – zejména v Japonsku. Lze však očekávat, že v následujících letech bude mít svoje příznivce i mezi našimi operátory. V současné době se klade velký důraz na kvalitní rehabilitaci, které je nedílnou součástí léčebného procesu.

8 SUMMARY

The aim of the thesis is to describe the surgical techniques of an arthroscopic assisted anterior cruciate ligament reconstruction. The thesis also includes a case study of a patient who sustained an anterior cruciate ligament re-rupture. The case study includes the physical examination, Lysholm knee scoring scale, Tegner activity scale and a short-term and a long-term rehabilitation plan of care.

The theoretical part of the thesis includes the histologic, anatomic and biomechanical attributes of the anterior cruciate ligament. In the next part of the thesis, the methods of the physical examination and the most frequent risk factors of the rupture are summarized. The main part of the thesis includes the description of the anterior cruciate ligament reconstruction surgery techniques, the types of grafts and the graft preparation techniques. The last part of the thesis focuses on the postoperative rehabilitation care focusing on the particular phases of the rehabilitation.

The current studies show that the most common anterior cruciate ligament reconstruction technique is single-bundle. However, the number of double-bundle reconstructions and internal bracing fixations is increasing lately. The triple-bundle technique is used abroad – mainly in Japan. However, it is expected that the triple-bundle technique will be used among the Czech surgeons in subsequent years. In these days, the main attention is paid on the high-quality rehabilitation care which is a necessary part of the medical treatment.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

| | |
|------|---|
| 3D | trojdimenzionální |
| a. | arteria |
| ACL | ligamentum cruciatum anterius (přední zkřížený vaz) |
| AL | anterolaterální |
| AM | anteromediální svazek předního zkříženého vazů |
| AM-L | anteromediolaterální |
| AM-M | anteromediomediální |
| AP | anteroposteriorní |
| BMI | body mass index |
| cm | centimetr |
| DB | double bundle |
| DD | diadynamické proudy |
| EB | endobutton |
| EBM | Evidence-based medicine |
| FH | francouzské hole |
| IB | internal brace |
| IM | intermediální svazek předního zkříženého vazů |
| KOK | kolenní kloub |
| lig. | ligamentum |
| LKOK | levý kolenní kloub |
| m. | musculus |
| MET | muscle energy technique |
| mm | milimetr |
| mm. | musculi |

| | |
|-------|--|
| m. QF | musculus quadriceps femoris |
| MR | magnetická rezonance |
| n. | nervus |
| nm | nanometr |
| N | Newton (jednotka síly) |
| Nm | Newton metr (jednotka momentu síly) |
| PCL | posterior cruciate ligament (zadní zkřížený vaz) |
| PIR | postizometrická relaxace |
| PL | posterolaterální svazek předního zkříženého vazů |
| RTG | rentgen, rentgenový |
| SB | single bundle |
| TB | triple bundle |
| tzv. | takzvaný |

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Aboalata, M., Elazab, A., Halawa, A., Ahmed, M. S., Imhoff, A. B., & Bassiouny, Y. (2017). The crossing internal suture augmentation technique to protect the all-inside anterior cruciate ligament reconstruction graft. *Arthroscopy Techniques*, 6(6), 2235-2240. Retrieved 10. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.eats.2017.08.038>.
- Ageberg, E. (2002). Consequences of a ligament injury on neuromuscular function and relevance to rehabilitation – using the anterior cruciate ligament-injured knee as model. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 12(3), 205-212. Retrieved 30. 3. 2019 from the World Wide Web: [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(02\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(02)00022-6).
- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., Walter, P., Wilson, J., & Hunt, T. (2015). *Molecular biology of the cell*. (6th ed.). New York: Garland Science.
- Amis, A. A., & Dawkins, D. P. (1991). Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. *The Bone and Joint Journal*, 73(2), 260-267. Retrieved 29. 1. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.73B2.2005151>.
- Arnoczky, S. P. (1983). Anatomy of the anterior cruciate ligament [Abstract]. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 172, 19-25. Retrieved 28. 1. 2019 from Euro PMC database from the World Wide Web: <https://europepmc.org/abstract/med/6821989>.
- Arnold, M. P., Kooloos, J., & Kampen, A. (2001). Single-incision technique misses the anatomical femoral anterior cruciate ligament insertion: A cadaver study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 9(4), 194-199. Retrieved 16. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s001670100198>.
- Bahl, V., Goyal, A., Jain, V., Joshi, D., & Chaudhary, D. (2013). Effect of haemarthrosis on the rehabilitation of anterior cruciate ligament reconstruction-single bundle versus double bundle. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 8(1), 1-6. Retrieved 10. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1186/1749-799X-8-5>.
- Barrett, G. R., Line, J. R., Shelton, W. R., Manning, J. O., & Phelps, R. (1993). The Dacron ligament prosthesis in anterior cruciate ligament reconstruction: A four-year

- review. *The American Journal of Sports Medicine*, 21(3), 367-373. Retrieved 28. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/036354659302100307>.
- Barrett, G. R., & Treacy, S. H. (1996). The effect of intraoperative isometric measurement on the outcome of anterior cruciate ligament reconstruction: A clinical analysis. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 12(6), 645-651. Retrieved 3. 3. 2019 from the World Wide Web: [https://doi.org/10.1016/S07498063\(96\)90164-4](https://doi.org/10.1016/S07498063(96)90164-4).
- Bartoníček, J., & Heřt, J. (2004). *Základy klinické anatomie pohybového aparátu*. Praha: Maxdorf.
- Beard, D. J., Murray, D. W., Gill, H. S., Price, A. J., Rees, J. L., Alfaro-Adrián, J., & Doll, C. A. F. (2001). Reconstruction does not reduce tibial translation in the cruciate-deficient knee. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 83(8), 1098-1103. Retrieved 4. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.83B8.0831098>.
- Benjamin, M., Toumi, H., Ralphs, J. R., Bydder, G., Best, T. M., & Milz, S. (2006). Where tendons and ligaments meet bone: Attachment sites (‘entheses’) in relation to exercise and/or mechanical load. *Journal of Anatomy*, 208(4), 471-490. Retrieved 18. 1. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2006.00540.x>.
- Besier, T. F., Lloyd, D. G., Ackland, T. R., & Cochrane, J. L. (2001). Anticipatory effects on knee joint loading during running and cutting maneuvers. *Medicine and Science and Sports and Exercise*, 33(7), 1176-1181. Retrieved from 4. 2. 2019 from EBSCO database on the World Wide Web: <https://doi.org/10.1097/00005768-200107000-00015>.
- Beynnon, B. D., Uh, B. S., Johnson, R. J., Abate, J. A., Nichols, C. E., Fleming, B. C., Poole, R., & Roos, H. (2005). Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective, randomized, double-blind comparison of programs administered over 2 different time intervals. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(3), 347-359. Retrieved 20. 11. 2018 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/0363546504268406>.
- Björnsson, H., Desai, N., Musahl, V., Alentorn-Geli, E., Bhandari, M., Fu, F., & Samuelsson, K. (2015). Is double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction superior to single-bundle? A comprehensive systematic review. *Knee Surgery, Sports*

- Traumatology, Arthroscopy*, 23(3), 696-739. Retrieved 10. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00167-013-2666-x>.
- Bollen, S. R. (2001). BASK Instructional Lecture 3: Rehabilitation after ACL reconstruction. *The Knee*, 8(1), 75-77. Retrieved 30. 3. 2019 from the World Wide Web: [https://doi.org/10.1016/S0968-0160\(01\)00072-2](https://doi.org/10.1016/S0968-0160(01)00072-2).
- Brown J. Ch., & Sklar, J. H. (1998). Endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction using quadrupled hamstring tendons and endo button femoral fixation. *Techniques in Orthopaedics*, 13(3), 281-298. Retrieved 12. 1. 2019 from the World Wide Web: https://journals.lww.com/techortho/abstract/1998/09000/endoscopic_anterior_cruciate_ligament.
- Butler, D. L., Noyes, F. R., & Grood, E. S. (1980). Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 62(2), 259-270.
- Butler, R. J., Dai, B., Garrett, W. E., & Queen, R. M. (2014). Changes in landing mechanics in patients following anterior cruciate ligament reconstruction when wearing an extension constraint knee brace. *Sports Health*, 6(3), 203-209. Retrieved 28. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/1941738114524910>.
- Carneiro, M., Navarro, R. D., Nakama, G. Y., Barretto, J. M., de Queiroz, A. A. B., & Luzo, M. V. M. (2009). Arthroscopic anterior cruciate ligament double-bundle reconstruction using hamstring tendon grafts-fixation with two interference screws. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 17(3), 321-323. Retrieved 17. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00167-008-0627-6>.
- Cascio, B. M., Culp, L., & Cosgarea, A. J. (2004). Return to play after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinics in Sports Medicine*, 23(3), 395-408. Retrieved 27. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://europepmc.org/abstract/med/15262378>.
- Champion Performance and Physical Therapy. (2016). Homepage. *What is a Q angle?* Retrieved 17. 2. 2019 from the World Wide Web: <http://www.kcchampionperformance.com/news/2016/3/9/kx8hq9n3wmbt2pbqy683hisu4y1xm4>.
- Christel, P., Sahasrabudhe, A., & Basdekis, G. (2008). Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with anatomic aimers. *Arthroscopy: The Journal of*

- Arthroscopic & Related Surgery*, 24(10), 1146-1151. Retrieved 27. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2008.06.020>.
- Ciccone, W. J., Bratton, D. R., Weinstein, D. M., & Elias, J. J. (2006). Viscoelasticity and temperature variations decrease tension and stiffness of hamstring tendon grafts following anterior cruciate ligament reconstruction. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 88(5), 1071-1078. Retrieved 3. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.33.0b/ovidweb>.
- Clancy, J. W., Nelson, D. A., Reider, B., & Narechania, R. G. (1982). Anterior cruciate ligament reconstruction using one-third of the patellar ligament, augmented by extra-articular tendon transfers [Abstract]. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*, 64(3), 352-359. Retrieved 1. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://europepmc.org/abstract/med/7061552>.
- Cohen, M., Amaro, J. T., Ejnisman, B., Carvalho, R. T., Nakano, K. K., Peccin, M. S., Calvalho, R. T., Nakano, K. K., Peccin, M. S., Teixeira, R., Laurino, C., & Abdalla, R. J. (2007). Anterior cruciate ligament reconstruction after 10 to 15 years: Association between menisectomy and osteoarthritis. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 23(6), 629-634. Retrieved 22. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2007.03.094>.
- Cole, D. W., Ginn, T. A., Chen, G. J., Smith, B. P., Curl, W. W., Martin, D. F., & Poehling, G. G. (2005). Cost comparison of anterior cruciate ligament reconstruction: Autograft versus allograft. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 21(7), 786-790. Retrieved 26. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2005.04.102>.
- Colombet, P., Robinson, J., Christel, P., Franceschi, J. P., Djian, P., Bellier, G., & Sbihi, A. (2006). Morphology of anterior cruciate ligament attachments for anatomic reconstruction: A cadaveric dissection and radiographic study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 22(9), 984-992. Retrieved 10. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2006.04.102>.
- Cooper, R. L., Taylor, N. F., & Feller, J. A. (2005). A systematic review of the effect of proprioceptive and balance exercises on people with an injured or reconstructed anterior

- cruciate ligament. *Research in Sports Medicine*, 13(2), 163-178. Retrieved 28. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1080/15438620590956197>.
- Corry, I. S., Webb, J. M., Clingeffer, A. J., & Pinczewski, L. A. (1999). Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. *The American Journal of Sports Medicine*, 27(4), 444-454. Retrieved 3. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/03635465990270040701>.
- Daggett, M., Redler, A., & Witte, K. (2018). Anterior cruciate ligament reconstruction with suture tape augmentation. *Arthroscopy Techniques*, 7(4), 385-389. Retrieved 5. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.eats.2017.10.010>.
- Dauri, M., Polzoni, M., Fabbi, E., Sidiropoulou, T., Servetti, S., Coniglione, F., Mariani, P., & Sabato, A. F. (2003). Comparison of epidural, continuous femoral block and intraarticular analgesia after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 47(1), 20-25. Retrieved 26. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1034/j.1399-6576.2003.470104.x>.
- DeAngelis, J. P., & Fulkerson, J. P. (2007). Quadriceps tendon – a reliable alternative for reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Clinics in Sports Medicine*, 26(4), 587-596. Retrieved 8. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.csm.2007.06.005>.
- Ditmar, R. (1995). *Instability kolenního kloubu* (2. vydání). Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého.
- Dungl, P. et al. (2005). *Ortopedie*. Praha: Grada.
- Duthon, V., Barea, C., Abrassart, S., Fasel, J., Fritschy, D., & Ménétrey, J. (2006). Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 14(3), 204-213. Retrived 2. 12. 2018 from EBSCO database on the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00167-005-0679-9>.
- Erickson, B. J., Cvetanovich, G. L., Frank, R. M., Riff, A. J., & Bach, B. R. (2017). Revision ACL reconstruction: A critical analysis review. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 5(6), 1-10. Retrieved 5. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.16.00094>.

- Ferretti, M., Doca, D., Ingham, S. M., Cohen, M., & Fu, F. H. (2011). Bony and soft tissue landmarks of the ACL tibial insertion site: An anatomical study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 22(1), 62-68. Retrieved 28. 1. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1592-z>.
- Fleaca, R., Prejbeanu, R., Feier, A. M., Russu, O., Todor, A., Predescu, V., Codorean, B., Bataga, T., & Roman, M. (2016). Single-or double-bundle technique in the anterior cruciate ligament reconstruction—current concepts and review of the literature. *Journal of Interdisciplinary Medicine*, 1(2), 8-12. Retrieved 10. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1515/jim-2016-004>.
- Flynn, R. K., Pedersen, C. L., Birmingham, T. B., Kirkley, A., Jackowski, D., & Fowler, P. J. (2005). The familial predisposition toward tearing the anterior cruciate ligament: A case control study. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(1), 23-28. Retrieved 20. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/0363546504265678>.
- Gabriel, M. T., Wong, E. K., Woo, S. L-Y., Yagi, M., & Debski, R. E. (2003). Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. *Journal of Orthopaedic Research*, 22(1), 85-89. Retrieved 30. 1. 2019 from the World Wide Web: [https://doi.org/10.1016/S0736-0266\(03\)00133-5](https://doi.org/10.1016/S0736-0266(03)00133-5).
- Gali, J. C., Camargo, D. B., De Oliveira, D. A. M., Pereira, R. H. N., & Da Silva, P. A. C. (2017). Descriptive anatomy of the anterior cruciate ligament femoral insertion. *Revista Brasileira de Ortopedia*, 53(4), 421-426. Retrieved 28. 1. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.rboe.2018.05.004>.
- Gardner, E., & O'Rahilly, R. (1968). The early development of the knee joint in staged human embryos. *Journal of Anatomy*, 102(2), 289-299. Retrieved 21. 11. 2018 from EBSCO database on the World Wide Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1231316/>.
- Georgoulis, A. D., Papadonikolakis, A., Papageorgiou, Ch. D., Mitsou, A., & Stergiou, N. (2003). Three-dimensional tibiofemoral kinematics of the anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knee during walking. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(1), 75-79. Retrieved 4. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/03635465030310012401>.

- Georgoulis, A. D., Ristanis, S., Chouliaras, V., Moraiti, C., & Stergiou, N. (2007). Tibial rotation is not restored after ACL reconstruction with a hamstring graft. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 454, 89-94. Retrieved 2. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=17075383>.
- Girgis, F. G., Marshall, J. R., & Monajem, A. (1975). The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis [Abstract]. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 106, 216-231. Retrieved 28. 1. 2019 from Euro PMC database from the World Wide Web: <https://europepmc.org/abstract/med/1126079>.
- Gobbi, A., Domzalski, M., Pascual, J., & Zanazzo, M. (2005). Hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: Is it necessary to sacrifice the gracilis?. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 21(3), 275-280. Retrieved 3. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2004.10.016>.
- Gobbi, A., Mahajan, V., Karnatzikos, G., & Nakamura, N. (2012). Single-versus double-bundle ACL reconstruction: Is there any difference in stability and function at 3-year followup?. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 470(3), 824-834. Retrieved 10. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s11999-011-1940-9>.
- Gobbi, A., Mahajan, S., Zanazzo, M., & Tuy, B. (2003). Patellar tendon versus quadrupled bone-semitendinosus anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective clinical investigation in athletes. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 19(6), 592-601. Retrieved 7. 3. 2019 from the World Wide Web: [https://doi.org/10.1016/S0749-8063\(03\)00393-1](https://doi.org/10.1016/S0749-8063(03)00393-1).
- Griffin, L. Y. (1995). *Rehabilitation of the injured knee*. St. Louis: Mosby.
- Grover, D. M., Howell, S. M., & Hull, M. L. (2005). Early tension loss in an anterior cruciate ligament graft: A cadaver study of four tibial fixation devices. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 87(2), 381-390.
- Guenther, D., Irrarrázaval, S., Nishizawa, Y., Vernacchia, C., Thorhauer, E., Musahl, V., Irrgang, J. J., & Fu, F. H. (2015). Variation in the shape of the tibial insertion site of the anterior cruciate ligament: Classification is required. *Knee Surgery, Sports Traumatology and Arthroscopy*, 25(8), 2428–2432. Retrieved 28. 1. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3891-2>.

- Hadjicostas, P. T., Soucacos, P. N., Berger, I., Koleganova, N., & Paessler, H. H. (2007). Comparative analysis of the morphologic structure of quadriceps and patellar tendon: A descriptive laboratory study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 23(7), 744-750. Retrieved 1. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2007.01.032>.
- Handl, M., Držík, M., Cerulli, G., Povýšil, C., Chlpík, J., Varga, F., Amler, E., & Trč, T. (2007). Reconstruction of the anterior cruciate ligament: Dynamic strain evaluation of the graft. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 15(3), 233-241. Retrieved 9. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00167-006-0175-x>.
- Hanzlíková, I., Richards, J., Hébert-Losier, K., & Smékal, D. (2019). The effect of proprioceptive knee bracing on knee stability after anterior cruciate ligament reconstruction. *Gait & Posture*, 67, 242-247. Retrieved 28. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.10.026>.
- Hanzlíková, I., Richards, J., Tomsa, M., Chohan, A., May, K., Smékal, D., & Selfe, J. (2016). The effect of proprioceptive knee bracing on knee stability during three different sport related movement tasks in healthy subjects and the implications to the management of Anterior Cruciate Ligament (ACL) injuries. *Gait & Posture*, 48, 165-170. Retrieved 28. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.05.011>.
- Harner, C. D., Baek, G. H., Vogrin, T. M., Carlin, G. J., Kashiwaguchi, S., & Woo, S. L. (1999). Quantitative analysis of human cruciate ligament insertions. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 15(7), 741-749. Retrieved 10. 3. 2019 from the World Wide Web: [https://doi.org/10.1016/S0749-8063\(99\)70006-X](https://doi.org/10.1016/S0749-8063(99)70006-X).
- Harner, C. D., Paulos, L. E., Greenwald, A. E., Rosenberg, T. D., & Cooley, V. C. (1994). Detailed analysis of patients with bilateral anterior cruciate ligament injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 22(1), 37-43. Retrieved 20. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/036354659402200107>.
- Hartl, R. & Štipčák, V. (2010). *Přední zkřížený vaz kolenního kloubu*. Praha: Maxdorf.
- Heidt, R. S., Dormer, S. G., Cawley, P. W., Scranton, P. E., Losse, G., & Howard M. (1996). Differences in friction and torsional resistance in athletic shoe-turf surface

- interfaces. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(6), 834-842. Retrieved 12. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/036354659602400621>.
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., Van den Bogert, A. J., Paterno, M. V., & Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 492-501. Retrieved 16. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/0363546504269591>.
- Hill, M. A. (2018). Paper – human embryo horizons 19-23. *Embryology*, 36, 167-196. Retrieved 20. 11. 2018 from the World Wide Web: https://embryology.med.unsw.edu.au/embryology/index.php/Paper_-_Human_Embryo_Horizons_19-23.
- Hollis, J. M., Takai, S., Adams, D. J., Horibe, S., & Woo, S. L. Y. (1991). The effects of knee motion and external loading on the length of the anterior cruciate ligament (ACL): A kinematic study. *Journal of Biomechanical Engineering*, 113(2), 208-214. Retrieved 29. 1. 2019 from the World Wide Web: <http://biomechanical.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=1398599>.
- Honová, K. (2013). Moderní přístup v rehabilitaci pacientů po plastice předního zkříženého vazů. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 22(2). Retrieved 17. 12. 2018 from EBSCO database from the World Wide Web: <https://shibboleth.ebscohost.com/Shibboleth.sso/Login?providerId=https://idp.upol.cz/idp/shibboleth&target=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=e5h&AN=89252496&lang=cs&site=eds-live>.
- Honová, K., & Procházka, P. (2015). Plastika předního zkříženého vazů metodou press-fit femorální fixace: Specifika v rehabilitační léčbě. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 22(4), 190-197. Retrieved 4. 11. 2018 from EBSCO database from the World Wide Web: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=111507224&site=eds-live&authtype=shib&custid=s7108593>.
- Hussein, M., Van Eck, C. F., Cretnik, A., Dinevski, D., & Fu, F. H. (2012). Prospective randomized clinical evaluation of conventional single-bundle, anatomic single-bundle, and anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: 281 cases with 3-to 5-year follow-up. *The American Journal of Sports Medicine*, 40(3), 512-520.

Retrieved 10. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/0363546511426416>.

Irarrázaval, S., Albers, M., Chao, T., & Fu, F. H. (2017). Gross, arthroscopic, and radiographic anatomies of the anterior cruciate ligament. Foundations for anterior cruciate ligament surgery. *Clinics In Sports Medicine*, 36(1), 9-23. Retrieved 19. 11. 2018 from EBSCO database on the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.csm.2016.08.002>.

Irvine, G. B., & Glasgow, M. M. (1992). The natural history of the meniscus in anterior cruciate insufficiency. Arthroscopic analysis. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 74(3), 403-405. Retrieved 22. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.74B3.1587888>.

Järvelä, T., Moisala, A. S., Paakkala, T., & Paakkala, A. (2008). Tunnel enlargement after double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective, randomized study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 24(12), 1349-1357. Retrieved 10. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2008.07.018>.

Jomha, N. M., Borton, D. C., Clingeleffer, A. J., & Pinczewski, L. A. (1999). Long-term osteoarthritic changes in anterior cruciate ligament reconstructed knees [Abstract]. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 358, 188-193. Retrieved 23. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://europepmc.org/abstract/med/9973991>.

Jonkergouw, A., Van der List, J. P., & DiFelice, G. S. (2019). Arthroscopic primary repair of proximal anterior cruciate ligament tears: Outcomes of the first 56 consecutive patients and the role of additional internal bracing. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 27(1), 21-28. Retrieved 25. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5338-z>.

Joseph, M., Nissen, C., Fulkerson, J., & Sheehan, T. J. (2006). Short-term recovery after anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective comparison of three autografts. *Orthopedics*, 29(3). Retrieved 7. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.3928/01477447-20060301-14>.

Kapandji, A. I. (1987). *The physiology of the joints: Annotated diagrams of the mechanics of the human joints* (5th ed.). Edinburgh: Churchill Livingstone.

- Karlsson, M. K., Linden, C., Karlsson, C., Johnell, O., Obrant, K., & Seeman, E. (2000). Exercise during growth and bone mineral density and fractures in old age. *The Lancet*, 355(9202), 469-470. Retrieved 15. 4. 2019 from the World Wide Web: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)82020-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)82020-6).
- Kato, Y., Ingham, S. J., Linde-Rosen, M., Smolinski, P., Horaguchi, T., & Fu, F. H. (2010). Biomechanics of the porcine triple bundle anterior cruciate ligament. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 18(1), 20-25. Retrieved 12. 2. 2018 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0893-y>.
- Kato, Y., Ingham, S. J., Maeyama, A., Lertwanich, P., Wang, J. H., Mifune, Y., Kramer, S., Smolinski, P., & Fu, F. H. (2012). Biomechanics of the human triple-bundle anterior cruciate ligament. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 28(2), 247-254. Retrieved 20. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2011.07.019>.
- Kautzner, J. (2016). *Biomechanické a klinické porovnání různých technik rekonstrukce předního zkrříženého vazů kolena*. Disertační práce, Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, Praha.
- 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 14. 1. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/036354658201000601>.
- Kidera, K., Yonekura, A., Miyaji, T., Nakazoe, Y., Gamada, K., Yoneta, K., Ikuta, F., Tomita, M., Miyamoto, T., Kajiyama, S., Hozumi, A., Chiba, K., Okazaki, N., Shida, T., & Osaki, M. (2018). Double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction improves tibial rotational instability: Analysis of squatting motion using a 2D/3D registration technique. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 13(1), 111. Retrieved 10. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1186/s13018-018-0825-y>.
- Kocher, M. S., Sterett, W. I., Zurakowski, D., & Steadman, J. R. (2003). Effect of functional bracing on subsequent knee injury in ACL-deficient professional skiers. *The Journal of Knee Surgery*, 16(2), 87-92.
- Kolář, P. (2012). *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén.

- Konishi, Y., Fukubayashi, T., & Takeshita, D. (2002). Possible mechanism of quadriceps femoris weakness in patients with ruptured anterior cruciate ligament. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(9), 1414-1418. Retrieved 10. 1. from the World Wide Web: [https:// europepmc.org/abstract/med/12218732](https://europepmc.org/abstract/med/12218732).
- Konshei, S., Nakata, K., Norimasa, N., Tatsuo, M., Hidenori, O., Takehito, I., & Shigeto, N. (2005). Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction using two double-looped hamstring tendon grafts via twin femoral and triple tibial tunnels. *Operative Techniques in Orthopaedics*, 15(2), 130-134. Retrieved 30. 1. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1053/j.oto.2004.10.012>.
- Kruse, L. M., Gray, B., & Wright, R. W. (2012). Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*, 94(19), 1737-1748. Retrieved 17. 3. 2019 from the World Wide Web: <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.K.01246>.
- Laible, C., & Sherman, O. H. (2014). Risk factors and prevention strategies of non-contact anterior cruciate ligament injuries. *Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases*, 72(1), 70-75. Retrieved 4. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://search.proquest.com/docview/1504658844?accountid=16730>.
- Leppälä, J., Kannus, P., Natri, A., Pasanen, M., Sievänen, H., Vuori, I., & Järvinen, M. (1999). Effect of anterior cruciate ligament injury of the knee on bone mineral density of the spine and affected lower extremity: A prospective one-year follow-up study. *Calcified Tissue International*, 64(4), 357-363. Retrieved 15. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s002239900632>.
- Li, X., Xu, Ch., Song, J., Jiang, N., & Yu, B. (2013). Single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: An up-to-date meta-analysis. *International Orthopaedics*, 37(2), 213-226. Retrieved 3. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00264-012-1651-1>.
- Logan, M. C., Williams, A., Lavelle, J., Gedroyc, W., & Freeman, M. (2004). Tibiofemoral kinematics following successful anterior cruciate ligament reconstruction using dynamic multiple resonance imaging. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(4), 984-992. Retrieved 8. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/0363546503261702>.

- MacKay, G., Anthony, I. C., Jenkins, P. J., & Blyth, M. (2015). Anterior cruciate ligament repair revisited. Preliminary results of primary repair with internal brace ligament augmentation: A case series. *Journal of Orthopedics and Muscular System*, 4(2), 188-193. Retrieved 23. 3. 2019 from the World Wide Web: <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0533.100018>.
- Mae, T., Shino, K., Matsumoto, N., Yoneda, K., Yoshikawa, H., & Nakata, K. (2013). Immediate postoperative anterior knee stability: Double-versus triple-bundle anterior cruciate ligament reconstructions. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 29(2), 213-219. Retrieved 13. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2012.08.012>.
- Mae, T., Shino, K., Take, Y., Iuchi, R., & Kinugasa, K. (2019). Anatomic triple-bundle ACL reconstruction using hamstring tendon. *Annals of Joint*, 4(6). Retrieved 13. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.21037/aoj.2019.01.02>.
- Maffulli, N., Binfield, P. M., & King, J. B. (2003). Articular cartilage lesions in the symptomatic anterior cruciate ligament-deficient knee. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 19(7), 685-690. Retrieved 22. 2. 2019 from the World Wide Web: [https://doi.org/10.1016/S0749-8063\(03\)00403-1](https://doi.org/10.1016/S0749-8063(03)00403-1).
- Mall, N. A., Lee, A. S., Cole, B. J., & Verma, N. N. (2013). The functional and surgical anatomy of the anterior cruciate ligament. *Operative Techniques in Sports Medicine*, 21(1), 2-9. Retrieved 20. 1. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1053/j.otsm.2012.10.007>.
- Marder, R. A., Raskind, J. R., & Carroll, M. (1991). Prospective evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction: Patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendons. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(5), 478-484. Retrieved 7. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/036354659101900510>.
- Marshall, J. L., Warren, R. F., Wickiewicz, T. L., & Reider, B. (1979). The anterior cruciate ligament: A technique of repair and reconstruction. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 143, 97-106. Retrieved 1. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://europepmc.org/abstract/med/389520>.

- Miyata, K., Yasuda, K., Kondo, E., Nakano, H., Kimura, S., & Hara, N. (2000). Biomechanical comparisons of anterior cruciate ligament: Reconstruction procedures with flexor tendon graft. *Journal of Orthopaedic Science*, 5(6), 585-592. Retrieved 12. 3. 2010 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s007760070010>.
- Muclingrová, M. (2003). *Kinezioterapeutické zásady u dysfunkce ligamentum cruciatum anterius*. Diplomová práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Muneta, T., Koga, H., Mochizuki, T., Ju, Y. J., Hara, K., Nimura, A., Yagishita, K., & Sekiya, I. (2007). A prospective randomized study of 4-strand semitendinosus tendon anterior cruciate ligament reconstruction comparing single-bundle and double-bundle techniques. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 23(6), 618-628. Retrieved 10. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2007.04.010>.
- Musil, D., Sadovský, P., Filip, L., Vodička, Z., & Stehlík, J. (2005). Rekonstrukce předního zkříženého vazů: Srovnání metod B-T-B a šlachami hamstringů. Část 2: Rekonstrukce předního zkříženého vazů – hamstringy – Rigidfix. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologicae Cechoslovaca*, 4, 239-245.
- Myer, G. D., Paterno, M. V., Ford, K. R., Quatman, C. E., & Hewett, T. E. (2006). Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: Criteria-based progression through the return-to-sport phase. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(6), 385-402. Retrieved 16. 11. 2018 from the World Wide Web: <https://www.jospt.org/doi/abs/10.2519/jospt.2006.2222>.
- Nakamura, T., Koga, H., Otabe, K., Horie, M., Watanabe, T., Yagishita, K., Sekiya, I., & Muneta, T. (2019). Comparison of three approaches for femoral tunnel during double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: A case controlled study. *Journal of Orthopaedic Science*, 24(1), 147-152. Retrieved 13. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.jos.2018.08.014>.
- Nobuo, A., Mitsuo, O., Yuji, O., Junji, I., Koji, R., & Masakazu, K. (2002). Mechanoreceptors in the anterior cruciate ligament contribute to the joint position sense. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 73(3), 330-334. Retrieved 14. 1. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1080/000164702320155356>.

- Núñez, M., Sastre, S., Núñez, E., Lozano, L., Nicodemo, C., & Segur, J. M. (2012). Health-related quality of life and direct costs in patients with anterior cruciate ligament injury: Single-bundle versus double-bundle reconstruction in a low-demand cohort-a randomized trial with 2 years of follow-up. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 28(7), 929-935. Retrieved 10. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2011.11.034>.
- Nyland, J., Mattocks, A., Kibbe, S., Kalloub, A., Greene, J. W., & Caborn, D. N. (2016). Anterior cruciate ligament reconstruction, rehabilitation, and return to play: 2015 update. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 7(21), 21-32. Retrieved 23. 3. 2019 from the World Wide Web: <http://dx.doi.org/10.2147/OAJSM.S723>.
- Odensten, M., & Gillquist, J. (1985). Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*, 67(2), 257-262. Retrieved 21. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://europepmc.org/abstract/med/3968118>.
- Ohsawa, T., Takagishi, K., & Kimura, M. (2016). Tibial bone tunnel placement in double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendons. *ACL Injury and Its Treatment*, 201-209. Retrieved 17. 3. 2019 from the World Wide Web: https://doi.org/10.1007/978-4-431-55858-3_17.
- Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I., & Bahr, R. (2003). Relationship between floor type and risk of ACL injury in team handbal. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 13(5), 299-304. Retrieved 16. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2003.00329.x>.
- Orchard, J., Seward, H., & McGivern, J. (1999). Rainfall, evaporation and the risk of non-contact anterior cruciate ligament injury in the Australian Football League [Abstract]. *The Medical Journal of Australia*, 170(7), 304-306. Retrieved 16. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.1999.tb127782.x>.
- Petersen, W., & Tillmann, B. (1999). Structure and vaskularization of the cruciate ligaments of the human knee joint. *Anatomy and Embryology*, 200(3), 325-334. Retrieved 7. 1. 2019 from the World Wide: <https://link.springer.com/article/10.1007/s004290050283>.

- Petersen, W., Tretow, H., Weimann, A., Herbort, M., Fu, F. H., Raschke, M., & Zantop, T. (2007). Biomechanical evaluation of two techniques for double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: One tibial tunnel versus two tibial tunnels. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(2), 228-234. Retrieved 11. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/0363546506294468>.
- Pokorný, V., & Paša, L. (2003). Diferencovaný přístup k ošetřování akutních ruptur předního zkříženého vazy [Abstract]. *Úrazová chirurgie*, 11, 9-17.
- Prodromos, Ch. C., Brown, Ch. H., Fu, F. H., Georgoulis, A., Gobbi, A., Howell, S. M., Johnson, D., Paulos, L. E., & Shelbourne, K. D. (2008). *The anterior cruciate ligament: Reconstruction and basic science*. Philadelphia: W. B. Saunders.
- Ramsey, D. K., Lamontagne, M., Wretenberg, P. F., Valentin, A., Engström, B., & Németh, G. (2001). Assessment of functional knee bracing: An in vivo three-dimensional kinematic analysis of the anterior cruciate deficient knee. *Clinical Biomechanics*, 16(1), 61-70. Retrieved 31. 1. 2019 from the World Wide Web: [https://doi.org/10.1016/S0268-0033\(00\)00065-6](https://doi.org/10.1016/S0268-0033(00)00065-6).
- Relph, N., Herrington, L., & Tyson, S. (2014). The effects of ACL injury on knee proprioception: A meta-analysis. *Physiotherapy*, 100(3), 187-195. Retrieved 5. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.physio.2013.11.002>.
- Risberg, M. A., Beynon, B. D., Peura, G. D., & Uh, B. S. (1997). Proprioception after anterior cruciate ligament reconstruction with and without bracing. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 7(5), 303-309. Retrieved 16. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s001670050168>.
- Risberg, M. A., Mørk, M., Jenssen, H. K., & Holm, I. (2001). Design and implementation of a neuromuscular training program following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31(11), 620-631. Retrieved 28. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://www.jospt.org/doi/abs/10.2519/jospt.2001.31.11.620>.
- Sadoghi, P., Müller, P. E., Jansson, V., Van Griensven, M., Kröpfl, A., & Fischmeister, M. F. (2011). Reconstruction of the anterior cruciate ligament: A clinical comparison of bone-patellar tendon-bone single bundle versus semitendinosus and gracilis double

- bundle technique. *International Orthopaedics*, 35(1), 127-133. Retrieved 10. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00264-010-1037-1>.
- Sadovský, P., Musil, D., & Stehlík, J. (2005). Použití alogenních štěpů v chirurgii zkřížených vazů kolenního kloubu [Abstract]. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Čechoslovaca*, 72, 293-296.
- Sakane, M., Fox, R. J., Woo, S. L-Y., Livesay, G. A., Li, G., & Fu, F. H. (1997). In situ forces in the anterior cruciate ligament and its bundles in response to anterior tibial loads. *Journal of Orthopaedic Research*, 15(2), 285-293. Retrieved 31. 1. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1002/jor.1100150219>.
- Sanders, T. L., Maradit K. H., Bryan, A. J., Larson, D. R., Dahm, D. L., Levy, B. A., Stuart, M. J., & Krych, A. J. (2016). Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: A 21-year population-based study. *The American Journal of Sports Medicine*, 44(6), 1502-1507. Retrieved 5. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/0363546516629944>.
- Sati, M., Staubli, H. U., Bourquin, Y., Kunz, M., & Nolte, L. P. (2004). CRA hip and knee reconstructive surgery: Ligament reconstructions in the knee-intra-operative model system (non-image based). *Computer and Robotic Assisted Knee and Hip Surgery*. Oxford University Press: Oxford.
- Schindler, O. S. (2012). Surgery for anterior cruciate ligament deficiency: A historical perspective. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 20(1), 5-47. Retrieved 10.4.2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1756-x>.
- Scranton, P. E., Whitesel, J. P., Powell, J. W., Dormer, S. G., Heidt, R. S., Losse, G., & Cawley, P. V. (1997). A review of selected noncontact anterior cruciate ligament injuries in the national football league. *American Orthopaedic Foot and Ankle Society*, 18(12), 772-776. Retrieved 16. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/107110079701801204>.
- Segawa, H., Omori, G., Koga, Y., Kameo, T., Iida, S., & Tanaka, M. (2002). Rotational muscle strength of the limb after anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus and gracilis tendon. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 18(2), 177-182. Retrieved 4. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1053/jars.2002.29894>.

- Shambaugh, J. P., Klein, A., & Herbert, J. H. (1991). Structural measures as predictors of injury basketball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(5), 522-527. Retrieved 27. 1. 2019 from the World Wide Web: <https://europepmc.org/abstract/med/1906569>.
- Shelbourne, K. D., Davis, T. J., & Klootwyk, T. E. (1998). The relationship between intercondylar notch width of the femur and the incidence of anterior cruciate ligament tears. *The American Journal of Sports Medicine*, 26(3), 402-408. Retrieved 17. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/03635465980260031001>.
- Shelbourne, K. D., & Nitz, P. (1990). Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, 18(3), 292-299. Retrieved 30. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/036354659001800313>.
- Shelbourne, K. D., Wilckens, J. H., Mollabashy, A., & DeCarlo, M. (1991). Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction: The effect of timing of reconstruction and rehabilitation. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(4), 332-336. Retrieved 23. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/036354659101900402>.
- Shino, K., Mae, T., & Tachibana, Y. (2015). Anatomic ACL reconstruction: Rectangular tunnel/bone–patellar tendon–bone or triple-bundle/semitendinosus tendon grafting. *Journal of Orthopaedic Science*, 20(3), 457-468. Retrieved 10. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00776-015-0705-9>.
- Shino, K., Nakata, K., Nakamura, N., Mae, T., Ohtsubo, H., Iwahashi, T., & Nakagawa, S. (2005). Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction using two double-looped hamstring tendon grafts via twin femoral and triple tibial tunnels. *Operative Techniques in Orthopaedics*, 15(2), 130-134. Retrieved 23. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1053/j.oto.2004.10.012>.
- Shultz, S. J., Kirk, S. E., Johnson, M. L., Sander, T. C., & Perrin, D. H. (2004). Relationship between sex hormones and anterior knee laxity across the menstrual cycle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(7), 1165-1174. Retrieved 17. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1993893/>.

- Siebold, R. (2007). Observations on bone tunnel enlargement after double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 23(3), 291-298. Retrieved 10. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2007.01.006>.
- Sinclair, J., & Taylor, P. J. (2019). Effects of a prophylactic knee sleeve on anterior cruciate ligament loading during sport-specific movements. *Journal of Sport Rehabilitation*, 28(1), 1-7. Retrieved 4. 2. 2019 from EBSCO database on the World Wide Web: <https://doi.org/10.1123/jsr.2017-0079>.
- Smékal, D., Kalina, R., & Urban, J. (2006). Rehabilitace po artroskopických náhradách předního zkříženého vazů. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Cechoslovaca*, 73(6), 421-428. Retrieved 23. 11. from EBSCO database from the World Wide Web: http://www.achot.cz/dwnld/0606_421.pdf.
- Steadman, J. R., Matheny, L. M., Briggs, K. K., Rodkey, W. G., & Carreira, D. S. (2012). Outcomes following healing response in older, active patients: A primary anterior cruciate ligament repair technique. *The Journal of Knee Surgery*, 25(3), 255-260. Retrieved 23. 3. 2019 from the World Wide Web: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0032-1313742>.
- Strocchi, R., De Pasquale, V., Gubellini, P., Facchini, A., Marcacci, M., Buda, R., Zaffagnini, S., & Ruggeri, A. (1992). The human anterior cruciate ligament: Histological and ultrastructural observations. *Journal of Anatomy*, 180(3), 515-519. Retrieved 6. 1. 2019 from EBSCO database on the World Wide Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1259652/>.
- Suzuki, T., Shino, K., Yamakawa, S., Otsubo, H., Suzuki, D., Matsumura, T., Fujimiya, M., Fujie, H., & Yamashita, T. (2019). A biomechanical comparison of single-, double-, and triple-bundle anterior cruciate ligament reconstructions using a hamstring tendon graft. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. Retrieved 20. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2018.10.124>.
- Śmigielski, R., Zdanowicz, U., Drwiega, M., Ciszek, B., & Williams, A. (2015). The anatomy of the anterior cruciate ligament and its relevance to the technique of reconstruction. *The Bone and Joint Journal*, 98(8), 1020-1026. Retrieved 15. 1. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.98B8.37117>.

- Škabroud, L. (2009). *Poranění kolenního kloubu a následná fyzioterapie po plastice křížových kolenních vazů*. Diplomová práce, Jihočeské univerzita, České Budějovice.
- Tachibana, Y., Mae, T., Shino, K., Kanamoto, T., Sugamoto, K., Yoshikawa, H., & Nakata, K. (2015). Morphological changes in femoral tunnels after anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(12), 3591-3600. Retrieved 13. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3252-6>.
- Take, Y., Shino, K., Mae, T., Tachibana, Y., Iuchi, R., Nakagawa, S., & Nakata, K. (2018). Early structural results after anatomic triple bundle anterior cruciate ligament reconstruction validated by tunnel location, graft orientation, and static anteroposterior tibia-femur relationship. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 34(9), 2656-2665. Retrieved 17. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2018.04.015>.
- Takehiko, I., Konsei, S., Ken, N., Hidenori, O., Tomoyuki, S., Hiroshi, A., & Norimasa, N. (2010). Direct anterior cruciate ligament insertion to the femur assessed by histology and 3-dimensional volume-rendered computed tomography. *The Journal of Arthroscopy and Related Surgery*, 26(9), 13-20. Retrieved 15. 1. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2010.01.023>.
- Tanaka, Y., Shino, K., Horibe, S., Nakamura, N., Nakagawa, S., Mae, T., Otsubo, H., Suzuki, T., & Nakata, K. (2012). Triple-bundle ACL grafts evaluated by second-look arthroscopy. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 20(1), 95-101. Retrieved 20. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1551-8>.
- Tashiro, T., Kurosawa, H., Kawakami, A., Hikita, A., & Fukui, N. (2003). Influence of medial hamstring tendon harvest on knee flexor strength after anterior cruciate ligament reconstruction: A detailed evaluation with comparison of single-and double-tendon harvest. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(4), 521-529. Retrieved 3. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/03635465030310040801>.
- Tashman, S., Collon, D., Anderson, K., Kolowich, P., & Anderst, W. (2004). Abnormal rotational knee motion during running after anterior cruciate ligament reconstruction.

- The American Journal of Sports Medicine*, 32(4), 975-983. Retrieved 4. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/0363546503261709>.
- Theut, P. C., Fulkerson, J. P., Armour, E. F., & Joseph, M. (2003). Anterior cruciate ligament reconstruction utilizing central quadriceps free tendon. *The Orthopedic Clinics of North America*, 34(1), 31-39. Retrieved 8. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://europepmc.org/abstract/med/12735199>.
- Torg, J. S., Stilwell, G., & Rogers, K. (1996). The effect of ambient temperature on the shoe-surface interface release coefficient. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(1), 79-82. Retrieved 16. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/036354659602400114>.
- Van Grinsven, S., Van Cingel, R. E. H., Holla, C. J. M., & Van Loon, C. J. M. (2010). Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 18(8), 1128-1144. Retrieved 27. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00167-009-1027-2>.
- Van Lunen, B. L., Roberts, J., Branch, J. D., & Dowling, E. A. (2003). Association of menstrual-cycle hormone changes with anterior cruciate ligament laxity measurements. *Journal of Athletic Training*, 38(4), 298-303. Retrieved from the World Wide Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14737210/>.
- Von der Mark, K., (1981). Localization of collagen types in tissues. *International Review of Connective Tissue Research*, 9, 265-324. Retrieved 6. 1. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-363709-3.50012-7>.
- Wasmaier, J., Kubik-Huch, R., Pfirrmann, C., Grehn, H., Bieg, C., & Eid, K. (2013). Proximal anterior cruciate ligament tears: The healing response technique versus conservative treatment. *The Journal of Knee Surgery*, 26(4), 263-272. Retrieved 23. 3. 2019 from the World Wide Web: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0032-1329720>.
- Weiler, A., Hoffmann, R. F., Bail, H. J., Rehm, O., & Südkamp, N. P. (2002). Tendon healing in a bone tunnel. Part II: Histologic analysis after biodegradable interference fit fixation in a model of anterior cruciate ligament reconstruction in sheep. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 18(2), 124-135. Retrieved 3. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1053/jars.2002.30657>.

- West, R. V., & Harner, C. D. (2005). Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, *13*(3), 197-207. Retrieved 27. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.33.0b/ovidweb>.
- Wetters, N., Weber, A. E., Wuerz, T. H., Schub, D. L., & Mandelbaum, B. R. (2016). Mechanism of injury and risk factors for anterior cruciate ligament injury. *Operative Techniques in Sports Medicine*, *24*(1), 2-6. Retrieved 5. 4. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1053/j.otsm.2015.09.001>.
- Wilk, K. E., Reinold, M. M., & Hooks, T. R. (2003). Recent advances in the rehabilitation of isolated and combined anterior cruciate ligament injuries. *The Orthopedic Clinics of North America*, *34*(1), 107-137. Retrieved 30. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://europepmc.org/abstract/med/12735205>.
- Wilson, W. T., Hopper, G. P., Byrne, P. A., Mackay, G. M., & Surgeon, C. O. (2016). Anterior cruciate ligament repair with internal brace ligament augmentation. *Ortopaedic Surgery*, *7*(9), 20-21. Retrieved 23. 3. 2019 from the World Wide Web: https://www.researchgate.net/profile/William_Wilson7/publication/309039325.
- Woo, S. L., Wu, C., Dede, O., Vercillo, F., & Noorani, S. (2006). Biomechanics and anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, *1*(1). Retrieved 3. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1186/1749-799X-1-2>.
- Yagi, M., Kuroda, R., Nagamune, K., Yoshiya, S., & Kurosaka, M. (2007). Double-bundle ACL reconstruction can improve rotational stability. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, *454*, 100-107. Retrieved 3. 2. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1097/BLO.0b013e31802ba45c>.
- Yagi, M., Wong, E. K., Kanamori, A., Debski, R. E., Fu, F. H., & Woo, S. L. (2002). Biomechanical analysis of an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, *30*(5), 660-666. Retrieved 10. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1177/03635465020300050501>.
- Yasuda, K., Kondo, E., Ichiyama, H., Kitamura, N., Tanabe, Y., Tohyama, H., & Minami, A. (2004). Anatomic reconstruction of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament using hamstring tendon grafts. *Arthroscopy: The Journal*

of Arthroscopic & Related Surgery, 20(10), 1015-1025. Retrieved 11. 3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2004.08.010>.

Yasuda, K., Tanabe, Y., Kondo, E., Kitamura, N., & Tohyama, H. (2010). Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 26(9), 21-34. Retrieved 12.3. 2019 from the World Wide Web: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2010.03.014>.

11 PŘÍLOHY

Seznam příloh

Příloha 1 – Informovaný souhlas pacienta

Příloha 2 – Potvrzení o překladu anglicky psaných textů bakalářské práce

**Informovaný souhlas ke zpracování osobních a zdravotních údajů pacienta
v bakalářské práci**

Název bakalářské práce: Moderní operativa a následná rehabilitace u pacientů po plastických předního zkříženého vazů

Jméno pacienta: F.M.

Datum narození: 31. 5. 1995

Vyšetřující student fyzioterapie: Sabina Průchová

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 vyšetření je prováděné studentem fyzioterapie.
3. Po pravdě jsem informovala vyšetřujícího fyzioterapeuta o všech anamnestických údajích.
4. Budu při vyšetření se svým fyzioterapeutem spolupracovat a v případě výskytu jakéhokoliv neobvyklého nebo nečekaného příznaku ho budu ihned informovat.
5. Jsem informován/a o tom, že v bakalářské práci budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
6. Vyšetření podstupuji dobrovolně bez očekávané finanční odměny.
7. Porozuměl jsem tomu, že v této bakalářské práci se nebude vyskytovat mé jméno, pouze iniciály.
8. Převzal/a jsem podepsaný stejnopis tohoto informovaného souhlasu.

Podpis pacienta:

Podpis vyšetřujícího studenta fyzioterapie:



Datum: 4. 3. 2019

Datum: 4. 3. 2019

Potvrzení o překladu anglicky psaných textů bakalářské práce

Jméno a příjmení studenta: Sabina Průchová

Studijní obor: Fyzioterapie

Ročník: 3.

Akademický rok: 2018/2019

Název bakalářské práce: Moderní operativa a následná rehabilitace u pacientů po plastikách předního zkříženého vazů

Jméno a příjmení překladatele: Mgr. Ondřej Sedlák

Datum: 12.4.2019

Podpis:

Mgr. Ondřej Sedlák