

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

„DOUBLE BUNDLE“ TYPY OPERACÍ U PACIENTŮ S RUPTUROU PŘEDNÍHO
ZKŘÍŽENÉHO VAZU, SROVNÁNÍ KLINICKÝCH NÁLEZŮ

Bakalářská práce

Autor: Denisa Nohelová, obor fyzioterapie
Vedoucí práce: PhDr. David Smékal, Ph.D.
Olomouc 2015

Jméno a příjmení autora: Denisa Nohelová

Název diplomové práce: „Double bundle“ typy operací u pacientů s rupturou předního zkříženého vazů, srovnání klinických nálezů

Pracoviště: Katedra fyzioterapie

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

Rok obhajoby diplomové práce: 2015

Abstrakt:

Častým poraněním vazivového aparátu kolenního kloubu je ruptura předního zkříženého vazů, jehož následná rekonstrukce patří k nejčastějším artroskopickým výkonům. Pro jeho náhradu byla vyvinuta řada technik. Tato práce shrnuje dosud známé poznatky o rekonstrukcích předního zkříženého vazů tzv. „double bundle“ technikami, které zatím nejsou v České republice příliš rozšířené, ale které oproti jednosvazkovým náhradám, tzv. „single bundle“ technikám, respektují průběh původního předního zkříženého vazů.

Práce sumarizuje poznatky o anatomii, biomechanice, rizikových faktorech a mechanismu poranění předního zkříženého vazů a jeho operační léčbě. Seznamuje s technikami „double bundle“ rekonstrukcí, jejich indikacemi, kontraindikacemi, výhodami i nevýhodami a dosud poskytovanou pooperační péčí. Uveřejňuje výsledky studií, které se touto problematikou zabývaly a poskytuje srovnání „double bundle“ rekonstrukcí s ověřenými „single bundle“ rekonstrukcemi.

Klíčová slova: přední zkřížený vaz (LCA), kolenní kloub, poranění, anatomická rekonstrukce, „double bundle“, „single bundle“

Author's first name and surname: Denisa Nohelová

Title of the master thesis: “The double bundle“ reconstruction techniques in patients with anterior cruciate ligament rupture, comparison of clinical outcomes

Department: Department of physiotherapy

Supervisor: PhDr. David Smékal, Ph.D.

The year of presentation: 2015

Abstract:

The anterior cruciate ligament rupture is one of the most common ligamentous injuries of the knee joints and its subsequent reconstruction is one of the most common arthroscopic procedures. Many techniques had been developed for its substitution. This thesis summarizes current knowledge about “double bundle” anterior cruciate ligament reconstructions, which are not frequently performed in the Czech Republic, but, in comparison to “single bundle” anterior cruciate ligament reconstructions, they respect anatomy of the native anterior cruciate ligament.

The work summarizes knowledge about anatomy, biomechanics, risk factors, and mechanism of anterior cruciate ligament injury and its surgical treatment. It informs us about the “double bundle” reconstruction techniques, their indications, contraindications, advantages, disadvantages and provided post-operative care. It refers to the results of studies that are engaged in this issue and provides a comparison of “double bundle” reconstruction with proven “single bundle” reconstruction.

Keywords: anterior cruciate ligament (ACL), knee, injury, anatomic reconstruction, “double bundle”, “single bundle”

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 28. dubna 2015

.....

Děkuji MUDr. Vladimíru Macháčkovi za ochotnou spolupráci a cenné rady, které mi poskytl, za zprostředkování kontaktu s pacientem a za umožnění mé přítomnosti na operačním sále, za což děkuji celému přítomnému týmu.

Děkuji J. V. za ochotnou spolupráci při vyšetření a za poskytnutí materiálních podkladů a potřebných informací.

Děkuji PhDr. Davidovi Smékalovi, Ph.D. za pomoc, cenné rady, vstřícnost a odborné vedení, které mi poskytl při zpracovávání bakalářské práce.

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	PŘEHLED POZNATKŮ	10
2.1	Kolenní kloub - základní poznatky	10
2.1.1	Anatomie	10
2.1.2	Stabilita	11
2.1.3	Statické stabilizátory	11
2.1.3.1	Dynamické stabilizátory	11
2.1.4	Biomechanika kolenního kloubu	12
2.1.4.1	Pohyby v kolenním kloubu	12
2.1.4.2	Rozsahy pohybů v kolenním kloubu	12
2.1.5	Propriocepce kolenního kloubu	12
2.2	Ligamentum cruciatum anterius	13
2.2.1	Historie	13
2.2.2	Ontogeneze	14
2.2.3	Histologie	14
2.2.4	Anatomie	15
2.2.5	Cévní zásobení	17
2.2.6	Nervové zásobení	17
2.2.7	Biomechanika LCA	18
2.2.8	Poranění LCA	21
2.2.8.1	Rizikové faktory poranění LCA	21
2.2.8.1.1	Anatomické rizikové faktory	22
2.2.8.1.2	Hormonální rizikové faktory	22
2.2.8.1.3	Neuromuskulární rizikové faktory	23
2.2.8.1.4	Genetické rizikové faktory	24
2.2.8.1.5	Environmentální rizikové faktory	24
2.2.8.1.6	Kognitivní rizikové faktory	25
2.2.8.2	Specifika poranění LCA u mužů a žen	25
2.2.8.3	Mechanismus poranění LCA	26
2.2.8.4	Klinický nález po poranění LCA	27
2.2.8.5	Následky poranění LCA	27
2.3	Rekonstrukce LCA	28

2.4	Výběr štěpu.....	30
2.5	Druhy fixace	34
2.6	Rotace a tonizace štěpu.....	37
2.7	Anatomická rekonstrukce LCA „single bundle“ technikou	39
2.8	Anatomická rekonstrukce LCA „double bundle“ technikou	41
2.8.1	Historie	42
2.8.2	Indikace a kontraindikace.....	42
2.8.3	Provedení.....	44
2.8.3.1.	Čtyřtunelové „double bundle“ rekonstrukce.....	47
2.8.3.2.	Třítunelové „double bundle“ rekonstrukce	49
2.8.3.3.	Dvoutunelové „double bundle“ rekonstrukce	50
2.8.3.4	Anatomická „triple bundle“ rekonstrukce	52
2.8.4	Komplikace	53
2.9	Srovnání výsledků techniky „double bundle“ s technikou „single bundle“	53
2.9.1	„Double bundle“ rekonstrukce v České republice	56
2.9.2	Výběr operační techniky	57
2.9.3	Klinický náález u pacientů.....	58
2.10	Vhojení a remodelace štěpů.....	58
2.11	Rehabilitace	59
2.11.1	Fáze I. Časná pooperační	60
2.11.2	Fáze II. Pooperační.....	61
2.11.3	Fáze III. Pozdní pooperační (Advanced posilování).....	62
2.11.4	Fáze IV. Rekonvalescenční (návrat ke sportovní aktivitě)	63
3	KAZUISTIKA	64
4	DISKUZE	72
5	ZÁVĚR	77
6	SOUHRN	80
7	SUMMARY	81
8	REFERENČNÍ SEZNAM	82
9	PŘÍLOHY	111

1 ÚVOD

Přední zkřížený vaz (LCA) zásadně ovlivňuje stabilitu i propriocepci kolenního kloubu (KOK) a chrání jeho nitrokloubní struktury před poškozením. Mezi nejčastější poranění KOK patří právě jeho ruptura, jež vede následně k pocitům nestability, nejistoty a nespolehlivosti KOK, k omezení jeho funkce, k bolestem a ke zvýšenému riziku poškození dalších struktur KOK, jako jsou menisky či chrupavka. Trvalým následkem poškození LCA může být chronická nestabilita KOK, jež vede k rozvoji sekundární gonartrózy.

Poranění LCA se může objevovat izolovaně, nebo v kombinaci s poraněním dalších struktur KOK, k čemuž dochází při zvyšujícím se násilí, jež působí na oblast KOK. Nejčastěji jsou postiženi jedinci sportující, ať již závodně či rekreačně, mladšího a středního věku. Sporty, u nichž dochází k rotačním (tzv. pivotálním) pohybům v KOK, jsou považovány za rizikové a vedou k poranění LCA nejčastěji. Řadí se mezi ně například alpské lyžování, fotbal, basketbal a lední hokej. K poškození LCA může dojít nejen při sportovních aktivitách, ale i při běžných činnostech doprovázených nekoordinovaným pohybem.

V posledních dekadách došlo ke změnám v léčbě poranění LCA. Zpočátku se dávala přednost konzervativnímu řešení, dnes se ale, vzhledem k nárokům postižených jedinců z řad nižších věkových kategorií, stále častěji přistupuje k operačnímu řešení, které spočívá v rekonstrukci LCA s cílem navrátit pacienta zpět k aktivnímu způsobu života. Operační řešení již není dostupné jen vrcholovým sportovcům, ale zájem o něj projevuje i běžná populace a kontraindikací už není ani vyšší věk zájemců. I přesto však nebyla problematika rekonstrukce LCA zcela vyřešena, což dokazuje stoupající počet reoperací náhrady LCA. Pro rekonstrukci LCA byla vyvinuta řada operačních technik. Neanatomické náhrady LCA byly kvůli nepříliš dobrým výsledkům nahrazeny anatomickými rekonstrukcemi LCA. Pro náhradu štěpem z ligamentum patellae, tedy techniku B-T-B, považovanou za „zlatý standart“, byla nalezena alternativa v podobě náhrady štěpem ze šlach hamstringů, nazývaná technikou ST-G. Tyto dvě výše zmíněné techniky patří v České republice k nejčastěji prováděným artroskopickým zákrokům a řadí se mezi „single bundle“ techniky, jejichž principem je náhrada jednoho svazku původního LCA, nejčastěji anteromediálního (AM). Typům operací, které se snaží o náhradu obou dvou svazků LCA se říká „double bundle“ rekonstrukce. Ty si v posledním desetiletí získaly popularitu a staly se široce uznávanými a používanými metodami, například v USA a Japonsku. V České republice se provádí jen na omezeném počtu pracovišť. Nejsou zde považovány za přelomové a převládá tendence od nich ustupovat. Avšak studie týkající se biomechaniky LCA, umožňující poznání úlohy

anteromediálního (AM) a posterolaterálního (PL) svazku při zajištění anteriorní a rotační stability došly k poznatku, že pro zabezpečení stability KOK je náhrada pouze jedním svazkem nedostatečná. Oba svazky totiž přispívají ke stabilizaci KOK odlišně. PL svazek zodpovídá hlavně za rotační stabilitu, méně za ventrální a AM svazek brání především anteriornímu posunu tibie. Stabilita KOK je tedy zajištěna dokonalou souhrou jednotlivých porcí LCA. Toto poznání predikuje využití anatomické rekonstrukce LCA „double bundle“ technikou, která lépe obnovuje anatomii i biomechaniku LCA a měla by vést k lepším klinickým výsledkům a nižšímu výskytu rozvoje poúrazové gonartrózy. Ověřením tohoto předpokladu se zabývá několik studií.

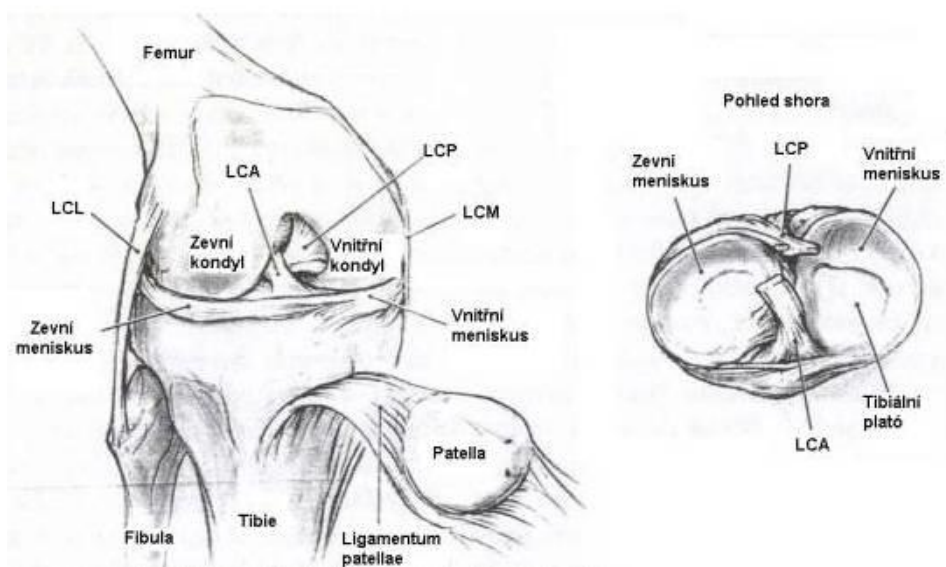
2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Kolenní kloub - základní poznatky

Podrobné zpracování problematiky kolenního kloubu (KOK) je možné najít v mnoha publikacích. V následující kapitole budou uvedeny základní informace týkající se anatomie, biomechaniky, stability a propriorecepce kolenního kloubu, které doplňují celkový přehled znalostí, které jsou potřebné k řešení problematiky rekonstrukce LCA.

2.1.1 Anatomie

Kolenní kloub je největším, nejsložitějším a nejprostornějším kloubem lidského těla. Je to složený kloub tvořený kondyly femuru, kloubními ploškami tibie a patellou. Mezi styčné plochy femuru a tibie jsou vloženy vazivové chrupavčité struktury poloměsíčitého tvaru zvané menisky, které vyrovnávají nestejně zakřivení kloubních ploch při pohybu, tlumí jejich vzájemný tlak a zvětšují jejich kontaktní plochu, napínají kloubní pouzdro a chrání synoviální membránu před uskřínutím, zlepšují lubrikační schopnost synoviální tekutiny a zmenšují tření. Rozlišujeme meniskus mediální (MM) a laterální (ML). MM je pevně srostlý s vnitřním postranním vazem (LCM) a s přední částí úponové šlachy musculus (m.) semimembranosus, je méně pohyblivý než ML, který je oddělen od zevního postranního vazy (LCL) vrstvou tukové tkáně, což umožňuje jeho menší zranitelnost. Postranní vazy brání sklouzávání kloubních ploch do stran, tj. omezují úhel vbočení i vybočení KOK, vnitřní i vnější rotaci a předozadní posun.



Obrázek 1. Zobrazení pravého kolenního kloubu

(<http://www.latinsky.estranky.cz/fotoalbum/klouby/klouby/kolenni-kloub4.jpg.html>)

Mezi femurem a tibií se nacházejí zkřížené vazy. Ligamentum cruciatum anterius (LCA) vystupuje z dorzální části vnitřní plochy laterálního kondylu femuru a upíná se v area intercondylaris anterior. Má vliv na ventrální posun tibie a předozadní stabilitu kloubu, tj. omezuje posun tibie dopředu a její vnitřní rotaci. Ligamentum cruciatum posterius (LCP) vychází ze zevní plochy vnitřního kondylu femuru a upíná se v area intercondylaris posterior, přičemž se kříží s LCA na jeho zadní straně. Stabilizuje dorzální posun tibie, tj. omezuje posun tibie dozadu a její zevní rotaci (Bartoníček & Heřt, 2004).

Kloubní plochy jsou pokryty chrupavkou a šlachy svalů upínající se v okolí kolenního kloubu zesilují kloubní pouzdro (Bartoníček & Heřt, 2004; Čihák, 2011; Rychlíková, 2002).

2.1.2 Stabilita

Stabilitu kolenního kloubu a současně jeho pohyblivost zajišťují stabilizátory KOK. Ty rozlišujeme na stabilizátory statické a dynamické. Největší stability dosahuje KOK v pozici takzvaného „uzamknutého kolena“, tedy v extenzi, kdy je většina statických a dynamických stabilizátorů napnuta (Nýdrle & Veselá, 1992).

2.1.3 Statické stabilizátory

Statické stabilizátory dělíme na centrální, mediální a laterální. Mezi centrální patří ligamenta cruciata, tedy LCA a LCP. K mediálním řadíme ligamentum collaterale mediale (LCM), mediální meniskus (MM) a posteromediální část kloubního pouzdra zesílenou úponem m. semimembranosus. Mezi laterální patří ligamentum collaterale laterale (LCL), laterální meniskus (ML), posterolaterální část kloubního pouzdra, ligamentum popliteum arcuatum a tractus iliotibialis (Nýdrle & Veselá, 1992).

2.1.3.1 Dynamické stabilizátory

Mezi dynamické stabilizátory patří extenzorový aparát, mediální a laterální stabilizátory. Extenzorový aparát zahrnuje m. quadriceps femoris a ligamentum patellae. Šlachy svalů upínajících se do pes anserinus, tj. m. sartorius, m. gracilis, m. semitendinosus, ale také caput mediale m. gastrocnemii patří k mediálním stabilizátorům. Mezi laterální řadíme tractus iliotibialis, m. biceps femoris, m. popliteus a caput laterale m. gastrocnemii (Nýdrle & Veselá, 1992).

2.1.4 Biomechanika kolenního kloubu

Za základní postavení kolenního kloubu je považovaná extenze, při níž jsou napjaty postranní vazy i všechny vazivové útvary na dorzální straně kloubu a femur naléhá na tibií. Ve středním postavení je kloub ve 20-30° flexi (Čihák, 2011; Kolář, 2012).

2.1.4.1 Pohyby v kolenním kloubu

Mezi pohyby, které lze provést v KOK patří flexe (FL) a extenze (EX), což jsou pohyby základní, dále rotace vnitřní (VR) a zevní (ZR), které jsou proveditelné při FL v KOK, kdy jsou postranní vazy ochablé a zásuvkový pohyb, tj. pohyb tibie dopředu a dozadu vůči femuru. Při provedení FL a EX dochází k řadě souhybů, tj. počáteční rotaci, která obsahuje fázi „odemknutí kolena“, při níž se uvolňuje LCA, dále pak k valivému a klouzavému pohybu (Čihák, 2011; Rychlíková, 2002).

2.1.4.2 Rozsahy pohybů v kolenním kloubu

Při určování rozsahů pohybů v KOK se autoři liší. Průměrné variační šíře jsou uvedeny v příloze 1.

Flexi lze provést aktivně maximálně do 140°, poté již aktivní pohyb není možný, protože na sebe naléhají svalové hmoty stehna a lýtka. Zbývajících 10-20° flexe lze dosáhnout pasivně. U jedinců se zvýšenou kloubní laxitou může docházet k hyperextenzi, ta však nepřekročí 15° (Bartoníček & Heřt, 2004; Kolář, 2012).

Nejdříve omezeným pohybem v KOK je FL, poté EX, přičemž FL je vždy omezena ve větším rozsahu (Rychlíková, 2002).

2.1.5 Propriocepce kolenního kloubu

Propriocepce je schopnost nervového systému zaznamenávat změny, které vznikají ve svalech a uvnitř těla při pohybu a svalové činnosti. Statická propriocepce poskytuje informace o poloze kolenního kloubu, dynamická o jeho pohybu. Tyto informace jsou nezbytné pro správnou koordinaci pohybu, registraci změny polohy kolenního kloubu a jeho svalovou kontrolu (Merkunová & Orel, 2008).

Signály ze svalů, šlach, kloubních pouzder, fascií a periostu jsou přijímány proprioceptory, mění se v nervové vzruchy a jsou aferentním systémem vedeny a přepojovány v buňkách spinálního ganglia. Dále pokračují do míchy, zadními provazci a projíkájí se do mozečku, thalamu a subkortikálních oblastí, kde se informace zpracovávají a vyhodnocují. Motorický kortex, bazální ganglia a mozeček jsou zodpovědné za kognitivní

programování pohybového programu (Ambler, 2011; Čihák, 2011; Fremerey et al., 2000; Lephart, Pincivero, & Rozzi, 1998; Winter, 1995).

V různých intraartikulárních strukturách kolenního kloubu jsou zastoupeny kromě volných nervových zakončení také Golgiho šlachová tělíska, Ruffiniho a Vater-Paciniho tělíska, jež patří mezi mechanoreceptory. Nachází se uvnitř kůže, v muskulotendinózních strukturách, uvnitř kostí, kloubního pouzdra, kloubních ligament a v synoviální vrstvě obalující vazy, ale většina z nich se vyskytuje v blízkosti úponů vazů na tibií a femur (Fremerey et al., 2000; Lephart, Pincivero, & Rozzi, 1998). Studie ukazují, že následkem poranění kloubního pouzdra a ligamentózních struktur kolenního kloubu, včetně osteoartrotických změn, je kloubní deafferentace, která přispívá ke změnám kinestézie a statostézie (Barrack, Buckley, & Skinner, 1989; Fremerey et al., 2000; Lephart, Pincivero, & Rozzi, 1998). Mnoho autorů se věnovalo studiu LCA, jehož objem je tvořen z 1 až 2 % mechanoreceptory a při jehož ruptuře dochází k výraznému snížení propriocepce, a to jak na končetině zraněné, tak i nezraněné (Arockiaraj et al., 2013; Beard, Dodd, Trundle, & Simpson, 1994; Beard, Kyberd, Fergusson, & Dodd, 1993; Courtney, Rine, & Kroll, 2005; Fremerey et al., 2000; Lee, Cheng, & Liau, 2009; Nagai, Sell, House, Abt, & Lephart, 2013; Viggiano, Corona, Cerciello, Vasso, & Schiavone-Panni, 2014).

2.2 Ligamentum cruciatum anterius

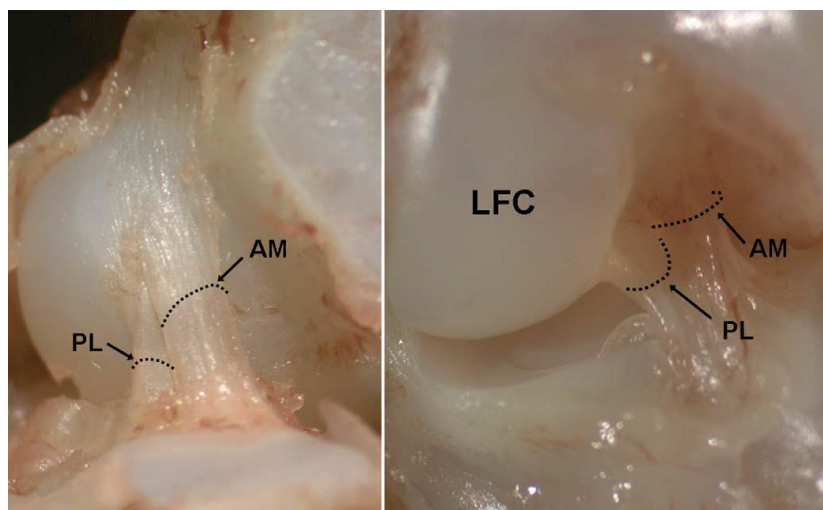
2.2.1 Historie

Jeden z prvních popisů lidského LCA napsaný na svitku egyptského papyru, byl vytvořen v období 3000 let př. n. l. Během římské éry vznikl nejstarší popis ligament, jehož autorem byl Claudius Galen z Pergamonu (129-199 př. n. l.), který poprvé použil moderní název „ligamenta genu cruciata,“ jenž vymyslel. V knize *De Humani Corporis Fabrica Libris Septum* od Andrease Vesalia z roku 1543 je první známá kompletní anatomická studie LCA. Poprvé byla popsána dvousvazková struktura LCA roku 1938 Palmerem et al., jež následovali Abbott et al. v roce 1944 a Girgis et al. roku 1975. Všichni tito autoři popsali anteromediální (AM) svazek a posterolaterální (PL) svazek, pojmenované podle relativního umístění úponu na tibií. V roce 1979 a znovu v roce 1991 byl popsán třetí svazek, intermediální (IM), nejdříve Norwoodem et al., poté Amisem et al. Přesto je ve většině studií použit dvousvazkový popis LCA, který je zjednodušením kompletní anatomické stavby a je vhodný pro vysvětlení anatomie a biomechaniky vazů. IM svazek je nejvíce podobný AM svazku,

a to jak po stránce anatomické, tak i biomechanické, a proto je často považován za jeho součást (Prodromos et al., 2008).

2.2.2 Ontogeneze

Vedoucí hypotéza tvrdí, že LCA vzniká kondenzací ventrální části fetálního blastomu, podobně jako menisky, a s formací interkondylického prostoru postupně migruje dorzálně. Formování LCA lze pozorovat kolem 8. týdne embryonálního vývoje. Od 14. týdne jsou vyvinuty všechny struktury kolenního kloubu. V 16. týdnu je patrné rozlišení LCA na dva svazky, AM i PL, které jsou odděleny septem vaskularizované pojivové tkáně (Obrázek č. 2). Po počátečním vytvoření LCA již nejsou do konce fetálního vývoje pozorovány ani organizační, ani kompoziční změny. Autoři uvádějí, že fetální LCA má podobný vzhled jako LCA u dospělých, ale je orientováno více paralelně a má širší femorální upevňovací plochu. Je také složeno z většího množství buněk a má bohatší cévní zásobení, což odhalují histologická vyšetření. Během extenze jsou svazky umístěné vedle sebe paralelně, při flexi se PL svazek kříží přes AM svazek (Bicer, Lustig, Servien, Selmi, & Neyret, 2010; Ferretti et al, 2007; Hart & Štipčák, 2010; Prodromos et al., 2008).



Obrázek 2. Rozlišení dvou svazků LCA u 16. týdenního plodu (Prodromos et al., 2008, 5)

2.2.3 Histologie

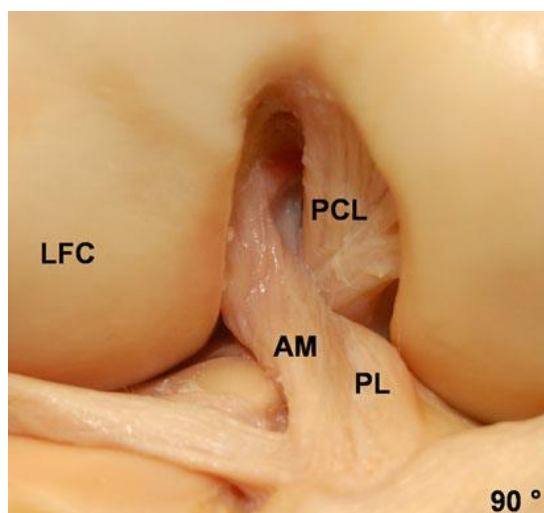
Histologické vlastnosti vazů jsou variabilní v různých fázích vývoje LCA. Jak již bylo zmíněno, ve fetálním období je LCA hypercelulární, v dospělosti naopak hypocelulární. Liší se také tvar buněk, které jsou u fetálního LCA spíše kruhové, oválné a větvenovité,

u dospělého LCA převažují fibroblasty s vřetenovitými jádry, jejichž tvar je obvykle hvězdicovitý (Prodromos et al., 2008).

LCA je tvořeno podélně orientovanými vlákny kolagenní tkáně (kolagen typu I) o průměru 20-70 μm , přičemž průměr vláken se distálním směrem zvyšuje. Vlákná kolagenu tvoří subfascikly, které jsou obaleny endotenoniem. Subfascikly se sdružují dohromady a vytváří fascikulus, jež je obalen epitenoniem. Celé LCA obaluje paratenonium (Bowditch, 2001; Hart & Štipčák, 2010).

2.2.4 Anatomie

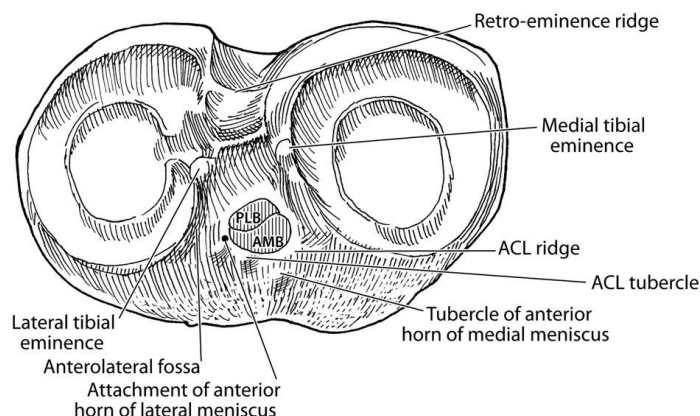
LCA se skládá z mnoha svazků husté pojivové tkáně, které spojují distální konec femuru s proximální tibií. Tyto svazky jsou obaleny synoviální membránou, která vychází ze zadní stěny interkondylického prostoru a končí u tibiálního úponu LCA. Díky tomu je LCA intraartikulární, ale extrasynoviální. Fascikly vytváří dvě oddělené funkční struktury, AM a PL svazek. Amis a Dawkins identifikovali i třetí strukturu zvanou IM svazek. Odensten a Gillquist naopak nenašli žádný důkaz o rozdělení LCA do jednotlivých svazků. Autoři věnující se operační náhradě LCA přijímají dvousvazkovou strukturu LCA jako stěžejní (Bicer, Lustig, Servien, Selmi, & Neyret, 2010; Hart & Štipčák, 2010; Prodromos et al., 2008).



Obrázek 3. Zobrazení pravého kadaverického KOK v 90° flexi (Van Eck, Schreiber, Liu, & Fu, 2010, 1155)

Z anatomického hlediska začíná LCA na mediální ploše laterálního kondylu femuru a probíhá uvnitř kolenního kloubu šikmo, z laterální a posteriorní pozice směřuje mediálně a anteriorně a upíná se do area intercondylaris anterior na tibií. Příčný průřez vazy

se v celém jeho průběhu výrazně mění. Ve střední části dosahuje přibližně 44 mm² a směrem k oběma úponům se rozšiřuje, přičemž příčný průřez v blízkosti úponu je až třikrát větší než ve střední části. Průměrná šířka vazů je 11 mm a jeho celková délka se pohybuje v rozmezí 31-38 mm a v průběhu fyziologického pohybu se může lišit až o 10 % (Bicer, Lustig, Servien, Selmi, & Neyret, 2010; Mall, Lee, Cole, & Verma, 2013; Prodromos et al., 2008; Rahim & Lubna, 2011).

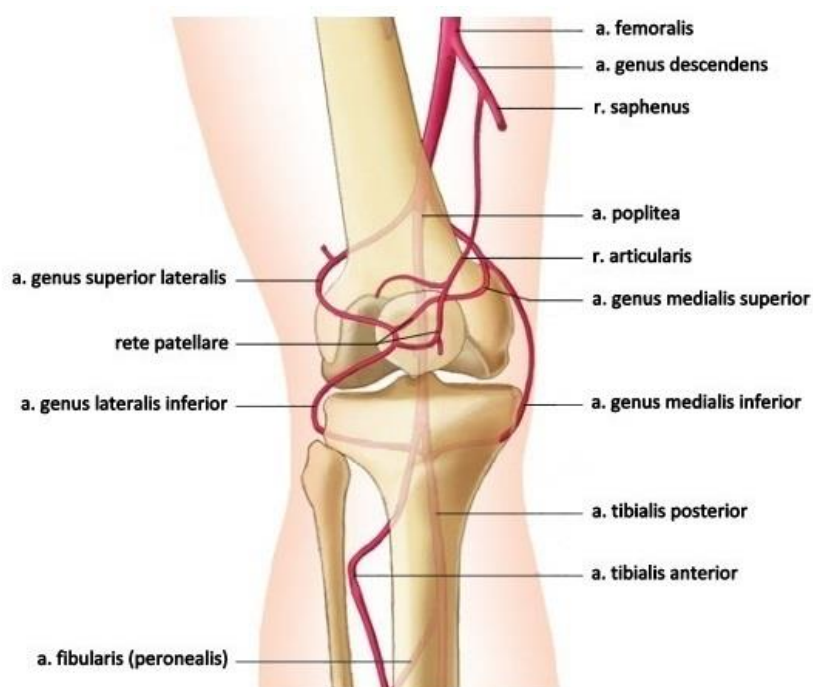


Obrázek 4. Zobrazení úponu AM a PL svazku LCA na tibia
(Mall, Lee, Cole, & Verma, 2013, 6)

Femorální úpon leží posteriorně vůči kostnímu hřebenu, který je známý jako „residents’ ridge“ či „lateral intercondylar ridge“ a nachází se na mediální straně laterálního kondylu femuru. „Residents’ ridge“ slouží jako orientační bod táhnoucí se v proximodistálním směru po celé délce úponu LCA. Studie prokázaly, že žádné z vláken LCA se neupíná anteriorně od tohoto hřebenu. Začátek AM svazku je lokalizován na femorálním úponu proximálně a anteriorně, zatímco PL svazek posteriorně a inferiorně. Umístění obou svazků se s rozsahem pohybu mění. Během extenze je PL svazek umístěn vůči AM svazku posteriorně a inferiorně. Při flexi se stává mělký a v porovnání s AM svazkem je umístěn inferiorně. Femorální úpony AM a PL svazku jsou odděleny kostním hřebenem zvaným „lateral bifurcate ridge“. AM svazek leží proximálně od tohoto hřebenu, a plocha, na kterou se upíná, má konkávní tvar. Úponová plocha pro PL svazek je rovná. Tibiální úpon má oválný či trojúhelníkovitý tvar a je umístěn mezi laterální a mediální tuberculum intercondylare (spinu) do oblasti area intercondylaris anterior. Tibiální úpon je nejširší část vazů a je až o 120 % větší než femorální úpon. AM svazek je na tibiálním úponu umístěn anteromediálně a PL svazek posterolaterálně. Od jejich relativního umístění na tibia jsou odvozeny i jejich názvy (Bicer, Lustig, Servien, Selmi, & Neyret, 2010; Mall, Lee, Cole, & Verma, 2013; Prodromos et al., 2008; Van Eck, Schreiber, Liu, & Fu, 2010).

2.2.5 Cévní zásobení

Nejdůležitějším zdrojem cévního zásobení je arteria (a.) genus media, jež obstarává výživu pro celé LCA, odděluje se z a. poplitea a vstupuje do zadní části kloubního pouzdra. Distální část vazy je zásobena větvemi z a. genus medialis inferior a a. genus lateralis inferior. Tyto větve vytváří v synoviálním rukávci periligamentózní plexus a některé z těchto cév se dělí do větví, které pronikají do vnitřních vrstev vazy ležících mezi fascikly ve volné pojivové tkáni. Výživa vazy není homogenní. Proximální část ligamenta má bohatší vaskularizaci, ale některé části vazy nemají žádné cévní zásobení, a tudíž je v nich zhoršená hojivost. Jedná se o fibrokartilagenózní oblast AM svazku a úponové oblasti (Bicer, Lustig, Servien, Selmi, & Neyret, 2010; Bowditch, 2001; Hart & Štipčák, 2010; Mall, Lee, Cole, & Verma, 2013). Cévní zásobení KOK je znázorněno na obrázku 5.



Obrázek 5. Cévní zásobení KOK (převzato a upraveno z <http://www.natomimages.com/br/sistema-cardiovascular/760-joelho-vista-anterior-artérias.html>)

2.2.6 Nervové zásobení

Inervaci LCA zajišťuje nervus (n.) articularis posterior, tedy větev n. tibialis, která se odděluje ve fossa poplitea, obtáčí se kolem popliteální tepny i žíly, proniká zezadu do kloubního pouzdra a vytváří popliteální plexus, jehož větve prochází synoviálním rukávцем LCA a dále probíhají vedle periligamentózních cév do infrapatelárního tukového

tělesa. Nervový plexus společně s proprioceptory a mechanoreceptory má zásadní význam pro kontrolu propriocepce a tonu kolemkloubních svalů (Bicer, Lustig, Servien, Selmi, & Neyret, 2010; Bowditch, 2001; Hart & Štipčák, 2010).

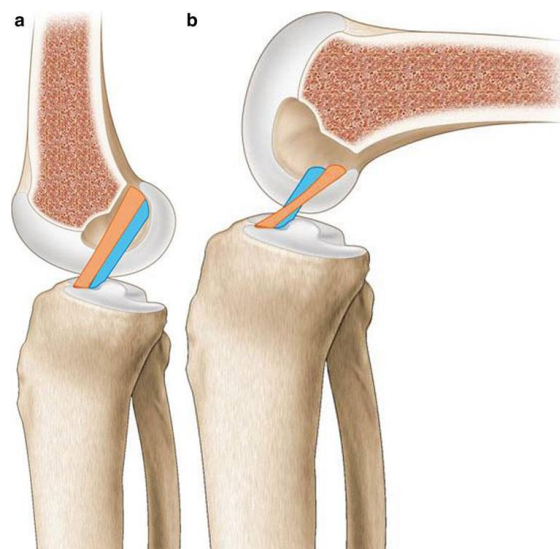
Dle Schutteho (in Bicer, Lustig, Servien, Selmi, & Neyret, 2010) je lidské LCA mimořádně inervovaná tkáň, přičemž nervová tkáň tvoří 1 % LCA.

Halata a Haus (1989) studovali strukturu lidského LCA světelným i elektronovým mikroskopem a objevili, že pojivová tkáň mezi synoviální membránou a LCA obsahuje malá Ruffiniho a Vater-Pacciniho tělíska, a že septa z pojivové tkáně, nacházející se mezi jednotlivými fascikly LCA, obsahují Ruffiniho tělíska a volná nervová zakončení.

Kennedy et al. (in Bicer, Lustig, Servien, Selmi, & Neyret, 2010) objevili paravaskulární nervová vlákna, která jsou zapojená především do vazomotorické kontroly a jejichž vzdálené větve, které nejsou doprovázené cévami, souvisí s přenosem impulzů pomalé složky bolesti. Histologická studie ukázala přítomnost mechanoreceptorů, jež se nacházejí na povrchu LCA pod synoviální membránou a jež se dělí podle jejich adaptace na excitační podnět. Mezi pomalu adaptující se receptory přítomné v LCA patří Ruffiniho a Golgiho šlachová tělíska, která vykazují nepřetržitou aktivitu v závislosti na změně pohybu, polohy a úhlu natočení kloubu. K rychle adaptujícím se mechanoreceptorům obsaženým v LCA patří Vater-Pacciniho tělíska. Tyto receptory jsou nejcitlivějšími indikátory změn napětí ve vazů, určují zrychlení a jsou aktivována bez ohledu na pozici kloubu. Kromě toho se v LCA nachází i malý počet volných nervových zakončení, které působí jako nociceptory a mohou hrát roli při vazomotorické kontrole (Bicer et al., 2010; Schultz, Miller, Kerr, & Micheli, 1984).

2.2.7 Biomechanika LCA

AM svazek leží v oblasti femorálního úponu více ventrálně a proximálně, tedy hlouběji a výše, zatímco PL svazek je více dorsálně a kaudálně. Jak již bylo zmíněno, vzájemná poloha svazků se při flexi a extenzi mění. Zatímco při extenzi mají svazky paralelní uspořádání, při flexi se kříží a femorální úpon PL svazku se posouvá ventrálně. Během extenze v KOK je PL svazek nejvíce protažen a je v největším napětí, zatímco AM svazek je zkrácený. Při flexi v KOK se PL svazek zkracuje, nejméně napnutý je ve 120° flexi a AM svazek se od 0° do 30° flexe zkracuje, od 30° do 120° se postupně prodlužuje, přičemž maximálního napětí dosahuje mezi 45° až 60° flexe a v rozsahu 30° až 70° se jeho délka nemění. PL svazek je navíc napínán i při vnitřní a zevní rotaci KOK (Van Eck, Schreiber, Liu, & Fu, 2010).



Obrázek 6. Orientace AM (červený) a PL (modrý) svazku během extenze (a) a 90° flexe (b) v sagitální rovině (Bicer, Lustig, Servien, Selmi, & Neyret, 2010, 1077)

Bylo přijato, že LCA prvotně zabraňuje anteriornímu pohybu tibie, druhotně její vnitřní rotaci. Jeho funkcí je omezení kombinovaného pohybu tibie do vnitřní rotace a anteriorně. Významnou roli při udržování anteroposteriorní i rotační stability hrají oba svazky, AM i PL. Během celého rozsahu pohybu v KOK dochází k odlišnému napínání každého svazku, což umožňuje jeho stabilitu (Bicer, Lustig, Servien, Selmi, & Neyret, 2010; Hart & Štipčák, 2010; Prodromos et al., 2008).

Mediální meniskus, kolaterální vazy a kloubní pouzdro hrají v intaktním KOK při zabraňování anteriornímu pohybu tibie vedlejší roli, ale předpokládá se, že při poraněném LCA jeho hlavní vliv nahrazují. To zvyšuje riziko jejich následného poškození (Bowditch, 2001).

Amis a Dawkins (in Bicer, Lustig, Servien, Selmi, & Neyret, 2010) zjistili, že hlavní svazek, který zabraňuje anteriornímu posunu tibie, je během extenze PL svazek, zatímco při 90° flexi je to AM svazek. Sakane et al. (in Bicer, Lustig, Servien, Selmi, & Neyret, 2010) měřili *in situ* síly LCA u kadaverózního KOK pomocí robotického manipulátoru a dospěli k závěru, že při 110 N anteriorního tibiálního zatížení, byla velikost síly, kterou působil PL svazek větší než u AM svazku, byl-li KOK v blízkosti extenze. Při 45° flexi tomu bylo naopak a AM svazek nesl větší sílu než PL svazek. Síly působící na LCA jsou nejvyšší v rozmezí 0-30° flexe, s maximem v 15°, nejnižší mezi 60-90°, s minimem v 90° (Prodromos et al., 2008; Sakane, Fox, Woo, Livesay, Li, Fu, 1997). Tyto poznatky byly ověřeny i v další studii (Gabriel, Wong, Woo, Yagi, & Debski, 2004), která se kromě rozdělení sil v LCA v reakci na anteriorní tibiální zatížení zabývala také reakcí na rotační zatížení. V této studii

byla použita jiná metodologie a větší anteriorní tibiální zatížení, tedy 134 N. Dále byl KOK zatěžován kombinací torzních momentů, a to 10 Nm valgózně a 5 Nm vnitřně rotačně v 15° a 30° flexi. U PL svazku byly naměřeny síly 21 N pro 15° flexi a 14 N při 30° flexi, u AM svazku postupně 30 N v 15° a 35 N v 30° flexi, což dokazuje, že rotační stabilitu v těchto stupních flexe zajišťují oba svazky. Během aplikace obou rotačních i anteriorního tibiálního zatížení jsou tedy síly rozděleny mezi oba svazky. Při omezení pohybu kloubu dochází ke změnám v distribuci *in situ* sil mezi AM a PL svazkem (Livesay, Rudy, Woo, Runco, Sakane, Li, & Fu, 1997). Tyto poznatky vedly k rozvoji anatomické rekonstrukce LCA nahrazující PL i AM svazek, zvané „double bundle“ (Gabriel, Wong, Woo, Yagi, & Debski, 2004; Prodromos et al., 2008).

Při studiu *in vivo* kinematiky jedinců s intaktním a porušeným LCA během čtyř fází chůze Andriacchi et al. zjistili, že KOK s deficitem LCA je umístěn jinak než normální KOK. Při chůzi udržuje neporušený LCA rotace v intervalu mezi švihovou fází a úderem paty v rovnováze, ale v KOK s porušeným LCA se mezi těmito fázemi chůze objevuje zvýšená vnitřní rotace, která přetrvává i ve stojné fázi (in Prodromos et al., 2008). Při běhu se také objevují abnormální rotační pohyby, ale předozadní stabilita je normální.

Pevnost LCA je ovlivněna polohou KOK, tonem svalů a jejich dynamickou interakcí. Izolovaná aktivita m. quadriceps femoris vede k největšímu napětí LCA, zatímco izolovaná aktivita hamstringů k jeho nejmenšímu zatížení. To souvisí s poklesem síly m. quadriceps femoris na končetině s poškozeným LCA, která se po rekonstrukci zvyšuje (Hart & Štípcák, 2010).

Fu et al. a Woo et al. zjistili, že LCA má mez pevnosti v tahu vyšší než 2000 N a tuhost v komplexu kost-vaz-kost je 250 N/m, přičemž činnosti při běžné chůzi vedou k silám 500 N, ale akceleračně-decelerační aktivity, jako brzdění, otáčení, zrychlení a zpomalení zvyšují sílu až na 1700 N (in Bowditch, 2001).

Biomechanické vlastnosti LCA byly podrobně prozkoumány různými autory v mnoha studiích. Publikované poznatky získané díky technologickému pokroku jsou důležité nejen pro pochopení etiologie zranění LCA, ale také pro prevenci zranění LCA, zlepšení operačních metod, řešících náhradu LCA, a následnou rehabilitaci (Bates, Myer, Shearn, & Hewett, 2015; Pappas, Zampeli, Xergia, & Georgoulis, 2013).

Studie poukazují na důležitost obnovení rotační stability, což by mělo být jedním z cílů rekonstrukce LCA, jenž by mohl vést k lepším dlouhodobým funkčním výsledkům. Význam obnovení vnitřní rotace tibie po rekonstrukci ACL se objevil v několika studiích (Pappas, Zampeli, Xergia, & Georgoulis, 2013; Fu & Zelle, 2007).

Bylo zjištěno, že mezi rizikové faktory ruptury LCA patří nadměrná valgozita KOK, špatná kontrola trupu, přednostní aktivita m. quadriceps femoris a asymetrie dolních končetin. Na základě těchto poznatků byly vypracovány programy pro prevenci zranění LCA, jejichž ceny nejsou vysoké, ale účinnost ano, a to především u sportujících žen. Jedinci s nervosvalovým deficitem, který je predispozicí pro zranění LCA, mohou být identifikováni a zařazeni do preventivních programů (Bates, Myer, Shearn, & Hewett, 2015; Pappas, Zampeli, Xergia, & Georgoulis, 2013).

Chirurgové se při rekonstrukcích ACL zaměřují na obnovu nestability, nicméně, až 25 % pacientů s rekonstruovaným LCA zažívá během dvou let od návratu ke sportu sekundární zranění na poraněné nebo kontralaterální končetině, a tato míra daleko převyšuje primární poranění, což může znamenat, že mechanika KOK je po zhojení pozměněna (Bates, Myer, Shearn, & Hewett, 2015; Paterno et al., 2010). Paterno et al. (2010) hledali prediktory pro sekundární poranění LCA u sportovců a zjistili, že jimi jsou změny v neuromuskulární kontrole kyčelního a kolenního kloubu během dynamického dopadu a deficit v posturální stabilitě objevující se po rekonstrukci LCA.

Poranění LCA i jeho následná rekonstrukční operace způsobují změny v pohybových vzorech na zraněné i nezraněné dolní končetině. Nalezené změny jsou totožné se změnami, u nichž bylo již dříve prokázáno, že zvyšují riziko nekontaktního zranění LCA. Tyto posttraumatické změny v pohybových vzorech nejsou zlepšeny ani zmírněny prostřednictvím tradiční fyzikální terapie ani rehabilitace (Goerger et al, 2015).

2.2.8 Poranění LCA

Ruptura LCA je jedním z nejčastějších poranění KOK a její incidence se s rozvojem sportů zvyšuje a stále častěji postihuje mladé jedince. Vyšší kvalita sportovního vybavení sice snižuje celkový počet poranění, ale například u alpského lyžování či snowboardingu umožňuje dosahovat vyšších rychlostí a agresivnějšího pojetí jízdy, což v konečném důsledku vede ke zvýšenému počtu poranění LCA.

2.2.8.1 Rizikové faktory poranění LCA

Rizikové faktory poranění LCA můžeme rozdělit na vnitřní a vnější. Vnitřní rizikové faktory jsou pro jedince unikátní a zahrnují anatomické, neuromuskulární, hormonální a genetické predispozice a rovnovážné schopnosti. Vnější rizikové faktory působí na tělo jedince z vnějšího prostředí a patří mezi ně například obutí, povrch, ortézy a počasí.

Další klasifikace dělí rizikové faktory na anatomické, hormonální, neuromuskulární, genetické a vlivy prostředí (Prodromos et al., 2008).

2.2.8.1.1 Anatomické rizikové faktory

K anatomickým rizikovým faktorům řadíme užší interkondylární prostor, slabé nebo malé LCA, nesprávné postavení dolních končetin, valgózní postavení KOK, zvýšenou kloubní laxicitu, postavení pánve, pronační polohu subtalárního kloubu, pokles os naviculare, vyšší body mass index (BMI) a svalovou sílu (Yu, Kirkendall, & Garrett, 2002; Loudon, J. K., Jenkins, & Loudon, K. L., 1996; Prodromos et al., 2008; Smith et al., 2012).

Předpoklad, že větší Q-úhel, tj. úhel mezi osou tahu m. quadriceps femoris a osou ligamentum patellae (Čihák, 2011), je rizikovým faktorem poranění LCA, byl v některých studiích potvrzen (Shambaugh, Klein, & Herbert, 1991), v jiných ne (Myer, Ford, & Hewetta, 2005). Nesoulad mezi těmito výsledky je pravděpodobně způsoben tím, že při kontrakci m. quadriceps femoris dochází k pozměnění měřeného Q-úhlu, a proto je obtížné určit přímou souvislost mezi statickými rozměry Q-úhlu a zraněním při dynamickém pohybu (Guerra, Arnold, & Gajdosik, 1994).

Studia (Angelo, Costa, Galindo, Tashiro, & Silvia, 2007; Dienst et al., 2007) dokazují, že interkondylární femorální prostor je rizikovým faktorem nekontaktního zranění LCA. Menší interkondylární prostor, tj. „interkondylární stenóza“, vyskytující se častěji u žen, může způsobit impingement LCA a tím zvýšit riziko jeho poranění. Menší prostor mezi kondyly femuru je pravděpodobně spojen s výskytem menšího LCA, které není kvůli menším rozměrům tak silné, a proto stačí menší síly k jeho natržení (Prodromos et al., 2008).

2.2.8.1.2 Hormonální rizikové faktory

Jelikož studie odhalily, že jsou ženy dvakrát až osmkrát náchylnější k poranění LCA, hledaly se možné důvody, proč tomu tak je. Studie Liu et al. (1996) odhalila, že se v LCA nacházejí progesteronové a estrogenové receptory, což by mohlo znamenat, že ženské pohlavní hormony ovlivňují metabolismus, složení a biomechanické vlastnosti LCA (Yu, Liu, Hatch, Panossian, & Finerman, 1999; Yu, Panossian, Hatch, Liu, & Finerman, 2001). Zatím ale neexistují žádné kohortové ani případové studie, které by potvrdily, že by měla jak přítomnost receptorů na LCA, tak koncentrace pohlavních hormonů vliv na strukturální a mechanické vlastnosti vazy (Smith et al., 2012).

Menstruační cyklus společně s měsíčními hormonálními výkyvy je jedním z nejzákladnějších rozdílů mezi muži a ženami. Proto se studie zaměřily na odhalení

souvislostí mezi fázemi menstruačního cyklu, ve kterých se mění hladiny ženských hormonů a poraněním LCA. Výsledky nejsou zcela jednoznačné. Podle některých autorů riziko poranění LCA u žen stoupá během preovulační (folikulární) fáze menstruačního cyklu, tj. před ovulací (Bere, Flørenes, Nordsletten, & Bahr, 2014; Slaughterbeck et al., 2002; Ruendl et al., 2009), podle jiných během ovulační fáze (Adachi, Nawata, Maeta, & Kurozawa, 2008; Wojtys, Huston, Boynton, Spindler, & Lindenfeld, 2002; Wojtys, Huston, Lindenfeld, Hewett, & Greenfield, 1998). Během luteální fáze je riziko poranění LCA nejmenší (Adachi, Nawata, Maeta, & Kurozawa, 2008; Wojtys, Huston, Boynton, Spindler, & Lindenfeld, 2002). S výše uvedeným souvisí i hladiny hormonů. Zatímco hladina estrogenu stoupá během folikulární fáze a dosahuje maxima ve fázi ovulační, hladina progesteronu je nejvyšší ve fázi luteinizační. Ve zjednodušení lze říci, že nejvyšší riziko poranění LCA je ve fázi preovulační a nejnižší ve fázi postovulační, v čemž se většina studií shoduje.

Další studie (Hertel, Williams, Olmsted-Kramer, Leidy, & Putukian, 2006) zjistila, že se neuromuskulární kontrola a kloubní laxicita KOK během menstruačního cyklu v podstatě nemění. I přes různé hladiny estrogenu a progesteronu nebyly identifikovány podstatné změny v síle m. quadriceps femoris ani hamstringů, v polohocitu KOK ani v posturální kontrole při stožení na jedné DK. Studie Abta et al. (2007) došla k podobným závěrům, tedy že se nemění biomechanické ani neuromuskulární vlastnosti v závislosti na koncentraci estradiolu a progesteronu. Dále bylo zjištěno, že užívání orální antikoncepce nemá ochranný účinek proti poranění LCA a nebyla nalezena ani spojitost s vyšším rizikem poranění LCA (Ruendl et al., 2009; Wojtys, Huston, Boynton, Spindler, & Lindenfeld, 2002). Vescovi (2011) poukázal na nutnost dalšího výzkumu v této oblasti, který je nezbytný k ověření platnosti hormonálního vlivu na poranění LCA.

2.2.8.1.3 Neuromuskulární rizikové faktory

Nejvíce poranění LCA se objevuje při zastavování, prudkém brždění, změně směru a doskoku, tedy při deceleračních činnostech. Markolf et al. zjistili, že kombinace vnitřní rotační a anteriorní tibiální síly má za následek nejvyšší zatížení LCA. Podrobná video-analýza mechanismu poranění LCA při alpském lyžování odhalila dva rozdílné mechanismy. Nejčastější je ten, kdy lyžař spadne nazad a vnitřní hrana se mu na patce lyže zařízne do sněhu, což vyvolá vnitřní rotaci tibie s KOK ve flexi větší než 90°. Druhý mechanismus se objevuje při tvrdém doskoku, při němž lyžař ztratí rovnováhu a lyžařská bota při doskoku tlačí tibií dopředu, což opět zvyšuje zatížení LCA. DeMorat et al. potvrdili Garrettovu teorii, že velká excentrická kontrakce m. quadriceps femoris u KOK v mírné flexi

může vyvolat dostatečně velkou sílu potřebnou k roztržení LCA. Jinými slovy, m. quadriceps femoris může být zodpovědný za vznik bezkontaktního zranění LCA. Stabilita KOK je zajištěna nejen staticky pomocí vazů, ale též dynamicky svalovou kontrakcí. Studie Wojtyse et al. zjistila, že maximální ko-kontrakce hamstringů a m. quadriceps femoris významně snižuje ventrální pohyb tibie a to především u mužů. Ženy oproti mužům využívají dynamickou stabilizaci KOK méně (in Prodromos et al., 2008).

2.2.8.1.4 Genetické rizikové faktory

Není mnoho studií, které by posuzovaly rodinné predispozice k poranění LCA. Byl však objeven častější výskyt poranění LCA v rodinách, kde již některý z příbuzných toto poranění měl. Flynn et al. zjistili, že je toto riziko v porovnání s kontrolní skupinou až dvakrát vyšší (in Prodromos et al., 2008).

Další studie odhalily změny v genotypech. Vzácný genotyp TT genu COL1A1 kódujícího proteinový řetězec kolagenu typu I, tedy hlavní stavební komponentu vazů, byl u jedinců s poraněním LCA zastoupen nedostatečně. Genotyp CC, jedna z variant genu COL5A1 kódujícího proteinový řetězec kolagenu typu V, který se nachází ve vazech a šlachách, je spojován s rupturou LCA u žen. Genotyp AA genu COL12A1 kódujícího proteinový řetězec kolagenu typu XII, u něž se předpokládá, že reguluje průměr fibril ve vazů, je u žen s poraněním LCA zastoupen nadměrně. Jiná studie zaznamenala spojitost mezi chromozomální oblastí 11q22 a rizikem poranění LCA. V této oblasti jsou lokalizovány matrixové metaloproteinázy, což jsou enzymy proteolyticky degradující extracelulární matrix kolagenu. Jsou odpovědné za remodelaci pojivové tkáně, mají význam při regeneraci tkání, hojení a tvorbě jizvy a zánětu. U pacientů s poraněním LCA byly genotypy AG a GG matrixové metaloproteinázy zastoupeny nedostatečně v porovnání s nezraněnými jedinci (Smith et al., 2012).

2.2.8.1.5 Environmentální rizikové faktory

Bylo prozkoumáno mnoho environmentálních rizikových faktorů, mezi něž patří počasí, hrací podmínky, interakce mezi botou a povrchem, obuv a ortézy. Poloha nohy při došlapu, obuv, povrch a interakce mezi obuví a povrchem byly zařazeny mezi kritické faktory, protože mohou zvyšovat statickou třecí sílu mezi chodidlem a podložkou, což zvyšuje intenzitu sil působících na dolní končetinu, s čímž souvisí i následné zvýšené riziko poranění LCA (Prodromos et al., 2008).

Olsen, Myklebust, Engebretsen, Holme a Bahr (2003) při studiu házené objevili vyšší riziko poranění LCA na syntetických parketách, než na dřevěných parketách. Autoři věří, že příčinou častějšího poranění LCA na umělých površích, je jejich vyšší součinitel smykového tření.

Orchard et. al., Heidt et al. a Scranton et al. (in Prodromos et al., 2008) zjistili, že větší množství srážek a nižší teploty souvisí se sníženým rizikem poškození LCA a domnívali se, že suché a horké počasí vede ke zvýšení třecí síly na hracím povrchu a to pak ke zvýšenému výskytu poranění LCA. Naopak nízká evaporace a vysoké srážky riziko poranění LCA snižují, jelikož změkčují půdu a snižují tření mezi obuví a podložím (Orchard, Seward, McGivern, & Hood, 1999). Dále bylo objeveno, že druh a vlastnosti trávy mají větší vliv na poranění LCA než tvrdost podloží (Orchard, Chiveres, Aldous, Bennell, & Seward, 2005).

2.2.8.1.6 Kognitivní rizikové faktory

Oblast kognitivních rizikových faktorů není ještě dostatečně prozkoumána. Byla však provedena případová studie, která se snažila najít rozdíl mezi neurokognitivními funkcemi jedinců s intaktním LCA a jedinců s poraněným LCA. K testování byl použit ImPACT test. Jedinci s poraněním LCA měli statisticky významně pomalejší reakční dobu i rychlost zpracování. Ve srovnání s kontrolní skupinou měli také významně nižší skóre v oddílech testujících vizuální a verbální paměť a celkové skóre. Neurokognitivní rozdíly mohou být spojeny se ztrátou neuromuskulární kontroly a s chybami v koordinaci, což vede ke zvýšenému riziku poranění LCA. K průkazu tohoto tvrzení je však potřeba dalších studií (Smith et al., 2012; Swanik, Covassin, Stearne, & Schatz, 2007).

2.2.8.2 Specifika poranění LCA u mužů a žen

Poranění LCA postihuje častěji ženy než muže. V týmových sportech je toto riziko trojnásobně až šestinásobně vyšší. Prodromos, Han, Rogowski, Joyce a Shi (2007) vyhodnotili, že ve fotbale a basketbalu je incidence ruptury LCA u žen zhruba 3x vyšší než u mužů a že preventivní programy pro snížení rizika poranění byly efektivní u fotbalu, ale u basketbalu ne. Největší incidence ruptury LCA byla podle nich při rekreačním lyžování, zatímco při závodním lyžování byla nejnižší. Další studie dokumentují, že při rekreačním lyžování je rizikovost poranění LCA u žen dvakrát vyšší než u mužů, zatímco u závodních lyžařů nehraje pohlaví při poranění LCA roli (Bere, Flørenes, Nordsletten, & Bahr, 2014).

Proč je ženské LCA náchylnější k poranění není zatím zcela jasné. Za rizikové faktory je považována větší ligamentózní laxicita, menší svalová hmota, mírně opožděná svalová

odpověď a pomalejší generování síly a větší tendence k posilování m. quadriceps femoris na úkor flexorů KOK. Jelikož byly v LCA detekovány receptory pro pohlavní hormony, hledala se souvislost mezi fází menstruačního cyklu a poraněním LCA. Byla objevena zvýšená úrazovost v určitých fázích cyklu, v nichž se mění hladiny hormonů. Je však potřeba dalších studií v této oblasti, aby byla tato teorie potvrzena (viz kapitola 2.2.8.1.2).

Většina studií zabývajících se rizikovými faktory byla zaměřena na ženy, avšak poranění LCA je velmi časté i u mužů, u nichž se rizikové faktory mohou lišit. Alentorn-Geli et al. (2014) shrnuli poznatky ze studií v systematickém přehledu následovně. Většina úrazů je spojena s anatomickými rizikovými faktory a s rizikovými faktory životního prostředí, riziko bezkontaktního LCA zranění u mužů může zvyšovat suché počasí, umělý trávník a vyšší posteriorní tibiální sklon laterálního tibiálního plateau. Neuromuskulární a biomechanické rizikové faktory nebyly prozatím dostatečně prozkoumány. Předpokládá se, že poranění LCA u sportujících mužů má multifaktoriální etiologii.

2.2.8.3 Mechanismus poranění LCA

Ruptury LCA mohou vznikat přímým i nepřímým mechanismem. Jestliže v okamžiku úrazu nepůsobí na oblast KOK žádná vnější síla, jedná se o nekontaktní poranění LCA. Pokud na LCA působí dostatečná síla, dochází k jeho úplné ruptuře, tj. k přetržení AM i PL svazku. Menší síla může způsobit parciální rupturu, při níž zůstává kontinuita vazy nepřerušena, protože jsou postiženy jen některé snopce. Jednotlivé svazky mohou být postiženy izolovaně v závislosti na mechanismu úrazu. Pokud převažuje anteriorní složka násilí o větší intenzitě, působící na KOK ve flexi 20-60°, dochází k poranění AM svazku. Převažuje-li rotační složka násilí menší intenzity, působící na KOK v blízkosti extenze, dochází k izolované ruptuře PL svazku. Z toho vyplývá, že druh násilí potřebný k přetržení jednotlivých svazků, je shodný s jejich funkcí při zajišťování stability KOK. Náhrada ruptury izolovaného svazku LCA je možná, ale patří k náročnějším artroskopickým výkonům a nebude dále v této práci rozváděna (Hart & Štípčák, 2010; Prodromos et al., 2008; Siebold & Fu, 2008; Siebold, 2008).

Porozumění mechanismu poranění LCA je věnováno velké množství prací, které bývají často specializované na určitý sport, při kterém k poranění LCA dochází nejčastěji. Mezi rizikové sporty patří alpské lyžování, hokej, fotbal, basketbal, volejbal, házená, ragby, judo, dále také gymnastika, badminton, tenis, softball či sumo. U mužů vzniká nejvíce zranění LCA při fotbale, na druhém místě je lyžování. U žen je na prvním místě basketbal a na druhém opět

lyžování (Kobayashi et al., 2010). K popisu mechanismu poranění jsou často používány video-analýzy, které umožňují zpomalené sledování úrazového mechanismu.

Ke zranění LCA často dochází při pohybech, jako jsou rychlé změny směru, náhlé zpomalení, zastavování či dopady, které jsou nekoordinované, nemotorné a dochází při nich k tvrdému dopadu, přičemž je KOK blízko plné extenze a objevuje se pocit, že se KOK hroutí do valgózní pozice. Hlavním zdrojem přední smykové síly, která způsobuje rupturu LCA, je m. quadriceps femoris (Prodromos et al., 2008).

Poranění LCA můžeme rozdělit na nízkoenergetická a vysokoenergetická. Mechanismus nízkoenergetických poranění může být nepřímý i přímý, pokud dojde ke kontaktu. Při nekontaktním poranění často dochází k prudké deceleraci a rotačním manévřům, jež jsou typické pro kolektivní sporty, skoky a běh. Při přímém násilí dochází sekundárně k hyperextenzi a k valgotizaci. Nejčastějšími příčinami vysokoenergetických poranění jsou motohavárie. Poranění LCA při nich bývá komplikováno přidruženými poraněními či se jedná o sdružená poranění a polytraumata (Hart & Štípčák, 2010).

2.2.8.4 Klinický nálezn po poranění LCA

Akutní poranění LCA bývá ve většině případů doprovázené otokem, bolestí, reflexním spasmem a bloádou KOK v semiflexi, které se objevují během několikati hodin po poranění. Chůze je buď znemožněna, nebo nahrazena antalgickou, při které dochází ke zkrácení stojné fáze na poraněné končetině. Časný otok KOK je zapříčiněn tvorbou hemartrosu, jež bývá indikátorem vážného poranění KOK, přičemž ruptura LCA patří mezi nejčastější. Nepřítomnost hemartrosu však rupturu LCA nevylučuje. Při fyzikálním vyšetření se zjišťuje stupeň a rozsah otoku, při punkci přítomnost hemartrosu a zvýšení kloubní laxicity při klinických testech, kterými testujeme přední stabilitu KOK (Lachmanův test), anteriorní posun tibie (test přední zásuvky) a rotační nestabilitu KOK (pivot-shift test, Jerk test, Loseeho test). Pokud se testy provádějí v celkové anestezii, jejich přesnost se zvyšuje, jelikož nejsou limitované ochranným svalovým spasmem (Hart & Štípčák, 2010; Mašát, Dylevský, & Havlas, 2005; Prodromos et al., 2008).

2.2.8.5 Následky poranění LCA

Pacienti s poraněným LCA si stěžují na intermitentní bolesti, které se objevují při zátěži, ale s vysazením fyzických aktivit po několika dnech vymizí. Současně vnímají pocity nestability a nemožnosti spolehnout se na KOK (pozitivní giving way fenomen). Větší problémy jim dělá chůze ze schodů a z kopce, kdy se může objevovat současně bolest

i nestabilita KOK. Na postižené dolní končetině jsou časté i edémy či opakované výpotky serózního charakteru. Nestabilita KOK způsobuje přetížení a insuficienci vazivových stabilizátorů, což vede k postupnému rozvoji chondropatie. Dochází k přetěžování okolních struktur kolenního kloubu, které musejí kompenzovat absenci LCA, což může vést až k jejich poranění. Nejčastěji jsou zasaženy menisky (Mašát, Dylevský, & Havlas, 2005). Kvůli chronické instabilitě KOK se zvyšuje riziko vzniku pouřazové gonartrózy. Deset až dvacet let po poranění LCA jí trpí až 50 % pacientů, a to bez ohledu na způsob léčby (Matava, Howard, Polakof, & Brophy, 2014; Racine & Aaron, 2014).

Změněná kinematika chůze vede k přetížení KOK, a to zejména v iniciální fázi kroku, přičemž se tyto změny nejvíce projevují v mediálním kompartmentu KOK (Hart & Štipčák, 2010).

Poranění LCA způsobuje deaferentaci následovanou deficitem v propiocepci a kinestézii. Senzorické informace ovlivňují neuromuskulární kontrolní systém, čímž dochází ke změnám v biomechanice KOK. Kvůli obnovení funkce kloubu se zapojují kompenzační mechanismy, přičemž insuficienci LCA kompenzuje zvýšená aktivita laterálních hamstringů a snížená činnost m. quadriceps femoris (Goerger et al, 2015; Hart & Štipčák, 2010).

2.3 Rekonstrukce LCA

Ruptura LCA je jedním z nejčastějších poranění vazivového aparátu kolenního kloubu a její náhrada patří mezi nejčastější rekonstrukční artroskopické výkony (Smékal, Kalina, & Urban, 2006; Zeman, P. et al., 2014). Navzdory tomu, jak častým chirurgickým výkonem rekonstrukce LCA je, její přínos pro zlepšení stavu KOK je diskutabilní. Postupem času bylo vyvinuto několik technik, ale stále se hledají další postupy, které by měly lepší výsledky. Jedinci, kteří podstupují rekonstrukční operaci, by si měli uvědomit, jaké jsou její přínosy a rizika. Tím, že se stala rekonstrukce LCA používaným výkonem jak mezi vrcholovými sportovci, tak i mezi běžnou populací, mohou pacienti její benefit přeceňovat a očekávat po ní navrácení plné funkčnosti KOK, shodné s předúrazovým stavem.

Studie provedená ve Spojených státech amerických poukázala na nedostatek znalostí, mylné představy a nepochopení problematiky LCA u běžné populace. Pouze 37 % zúčastněných vědělo, že operační rekonstrukce LCA nesnižuje riziko vzniku gonartrózy a 52 %, že roztržené LCA se bez operace nezahojí. Na druhou stranu až 75 % účastníků vědělo, že LCA zajišťuje stabilitu KOK, pouze 27 % si myslelo, že je nezbytné podstoupit při ruptuře LCA operaci a 30 % znalo rozdíl v úrazovosti KOK mezi ženami a muži s tím, že u žen je úrazovost vyšší. Tyto uvedené a další zkoumané znalosti mohlou mít dopad

na konečné rozhodnutí pacientů při volbě operační či konzervativní léčby (Matava, Howard, Polakof, & Brophy, 2014).

Po rekonstrukci LCA se nesporně zlepšuje anteroposteriorní stabilita KOK, což dokazují mnohé studie. V porovnání s konzervativním přístupem je toto zlepšení statisticky významné, avšak meta-analýza ani systematický přehled neprokázali žádný další statisticky významný rozdíl mezi operačním a konzervativním způsobem léčby LCA. Randomizovaná kontrolovaná studie Frobella et al. nenašla statisticky významný rozdíl po dvou ani pěti letech mezi operační a konzervativní léčbou ruptury LCA při rozvoji gonartrózy, frekvenci následného poranění menisků ani ve funkčních výsledcích (Tegner Activity Scale, Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score). Závěry této meta-analýzy by však měly být přijímány s opatrností, jelikož základem byly studie s omezenou kvalitou, a proto je potřeba dalšího výzkumu v této oblasti (Smith, Postle, Penny, McNamara, & Mann, 2014). Přesto je uváděno, že je riziko rozvoje degenerativních změn po rekonstrukci LCA při srovnání s konzervativním způsobem léčby, kdy KOK zůstává nestabilní, nižší. Časná rekonstrukce LCA také snižuje riziko následného poranění okolních struktur, zejména menisků (Hart & Štipčák, 2010; Murawski, Van Eck, Irrgang, Taschman, & Fu, 2014).

Po tradičních „single bundle“ rekonstrukcích často přetrvává rotační nestabilita KOK a pozitivní pivot-shift test. Pacienti, u nichž byl dva roky po operaci prokázán pozitivní pivot-shift test, měli nižší subjektivní funkční výsledky (Tegner aktivity scale, Lysholmovo skóre) a zvýšenou scintigrafickou aktivitu subchondrální kosti. Radiografické známky gonartrózy byly spojeny s vyšší koncentrací radiofarmaka v operovaném KOK ve vztahu k intaktnímu KOK (Johnsson, Riklund-Ahlstrom, & Lind, 2004). Přetrvávající známky pivotálního posunu (pozitivní pivot-shift test) jsou prognostickým faktorem rozvoje pozdní gonartrózy a dobrým ukazatelem pacientovy subjektivní nestability KOK (Amis, 2012). Souvislost rozvoje gonartrózy po rekonstrukcích LCA s přetrvávajícím pozitivním pivot-shift testem prokázal Jonsson et al. (in Hart & Štipčák, 2010).

Ukázalo se, že zachování pozůstatků nativního LCA nejen zvyšuje biomechanickou stabilitu KOK, ale také poskytuje mechanoreceptory, které po rekonstrukci LCA potenciálně zlepšují proprioceptivní funkce. Pozůstatky nativního LCA zachovávalo na Panther Global Summit 68 % (tedy 20 z 28) odborníků (Musahl, Becker, Fu, & Karlsson, 2011).

V posledních letech se při rekonstrukcích LCA experimentovalo s biologickými podpůrnými prostředky. Jedním z mála schválených je růstový faktor, podávaný formou autologních fibrinových sraženin nebo plazmou bohatou na trombocyty (PRP) (Musahl, Becker, Fu, & Karlsson, 2011). Fibrinové sraženiny aplikované u „double bundle“

rekonstrukcí mezi AM a PL štěp zlepšovaly hojení u zvířecích modelů (Illingworth, Musahl, Lorenz, & Fu, 2010). Při *in vitro* aplikaci PRP bylo prokázáno zvýšení životaschopnosti a funkčnosti buněk. Došlo k výraznému nárůstu počtu buněk a z důvodu jejich zvýšené proliferace byla i vyšší produkce kolagenu. Exprese genu pro kolagen typu III byla významně zvýšena, zatímco exprese genu pro kolagen typu I nebyla významně ovlivněna (Fallouh et al., 2010). Při studiích prováděných na zvířecích modelech však byly výsledky rozporuplné, a proto je v této oblasti potřeba dalšího výzkumu (Wroblewski, Mejia, & Wright, 2010).

Dobře zacílená rekonstrukce LCA nesporně zlepšuje stabilitu KOK. V závislosti na zvoleném typu rekonstrukce jsou ovlivněny jednotlivé složky stability. Tradiční „single bundle“ rekonstrukce nahrazující AM porci LCA brání především anteriornímu posunu tibie vůči femuru. U „double bundle“ rekonstrukcí při náhradě obou porcí LCA, tj. AM i PL svazku, dochází k zajištění i rotační stability, a to fyziologičtějším způsobem.

2.4 Výběr štěpu

Při výběru štěpu je možno volit z několika možností. Volbu ovlivňuje věk, pohlaví a aktivita pacienta, jeho současné potíže, zvolená operační technika, případné obtíže spojené s odběrem a přidružená poranění okolních tkání. Po zvážení všech aspektů by měl být vybrán štěp, který splňuje všechny požadavky, jenž na něj budou kladeny a je tedy pacientovi „ušíť na míru“.

Štěp může být odebrán buď z vlastního těla (autoštěp) nebo získán z těl dárců (alloštěp). Snahou je i vytvoření syntetických náhrad, jejichž výhodou by byla okamžitá dostupnost, absence obtíží a rizik spojených s odběrem štěpů, žádné riziko přenosu nemocí a umožnění okamžité zátěže v důsledku odpadnutí doby potřebné k přestavbě štěpů. Dosud vytvořené syntetické náhrady však selhávaly a měly mnoho nežádoucích vlastností. Způsobovaly infekce, imunologické reakce, osteolýzu kolem fixace v kostních kanálech, synovitidu, chronické výpotky, přetrvávající nestabilitu KOK a gonartrózu. V současné době neexistuje syntetický materiál, který by byl vhodný k rekonstrukci LCA (Legnani, Ventura, Terzagni, Borgo, & Albisetti, 2010; Longo et al., 2013; Ventura, Terzagni, Legnani, Borgo, & Albisetti, 2010).

Při primárních náhradách bývají první volbou autoštěpy, při replastikách a ve vybraných případech mohou být použity alloštěpy. Ty mohou být odebrány z různých míst, například z ligamentum patellae, Achillovy šlachy, ze šlachy m. tibialis anterior, m. semitendinosus, m. gracilis a z fasciae latae. Následně jsou zmrazeny na $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jejich nevýhodou je potenciální riziko přenosu onemocnění, zejména HIV a infekční hepatitidy. Pacientům

však přináší i řadu výhod, mezi něž patří zkrácení operační doby, délky anestézie a odkrvení končetiny, menší kožní incize, eliminace bolestí a rizika komplikací v odběrovém místě, což zahrnuje zlomeniny patelly, oslabení šlachového a svalového aparátu či přetržení ligamentum patellae. U opakovaných rekonstrukcí poskytují potřebnou velikost štěpů, jež by mohla být v případě autoštěpů nedostatečná, případně umožňují použít kostní bločky, které zajišťují pevnější fixaci a rychlejší zhojení. Alloštěpy bývají používány u „double bundle“ rekonstrukcí. V České republice nebývá rekonstrukce LCA pomocí kadaverózního štěpu častým operačním výkonem.

Mezi výhody autoštěpů patří nulová finanční náročnost a nulová imunitní reakce. Nevýhodami jsou možné komplikace spojené s odběrem štěpů, porušení měkkých tkání, větší kožní incize, bolesti v místě odběrů a prodloužení operační doby, která je v případě „double bundle“ rekonstrukce sama o sobě dlouhá.

V České republice se při „single bundle“ rekonstrukcích nejčastěji odebírají autoštěpy z ligamentum patellae (B-T-B) nebo ze šlach hamstringů (ST-G), tj. z m. semitendinosus a m. gracilis.

Štěp odebraný ze střední třetiny ligamentum patellae společně s přilehlými kostními bločky z tuberositas tibie a z dolního pólu patelly se následně upravuje. Ligamentózní část i kostní bločky se oštípají tak, aby je bylo možné umístit do předvrtaných kanálů na tibií a femuru. Pro „double bundle“ rekonstrukci je štěp z ligamentum patellae nevhodný, proto se k odběru štěpu využívají šlachy hamstringů, které mají několik možností úprav. Po očištění se šlacha překládá v potřebné délce a její konce se sešijí speciálním stehem, zvaným whipstitch. Dvouvláknové ani třívláknové štěpy neměly u „single bundle“ technik dobré výsledky (Beynon et al., 2002), proto se u nich nejčastěji používají štěpy čtyřvláknové, jejichž uspokojivé výsledky byly prokázány a jsou víceméně srovnatelné se štěpy zhotovenými z ligamentum patellae (Courvoisier, Grimaldi, & Plaweski, 2011; Ravandi, Lazlo, & Nooritajer, 2013; Serbest & Yilmaz, 2013). Čtyřvláknové štěpy mohou být složeny ze dvou vláken připravených ze šlachy m. semitendinosus a ze dvou vláken ze šlachy m. gracilis (2ST/2Gr), což je nejpoužívanější, nebo ze čtyř vláken získaných ze šlachy m. semitendinosus (4ST). Možné je i použití štěpů pětivláknových (5HS), šestivláknových (6HS) a osmivláknových (8HS), jejichž velikost je větší než u původního LCA, ale dle studií nezpůsobuje problémy (Lavery, Rasmussen, & Dhawan, 2014; Lee & Ganley, 2014; Sun, Zhao, Shen, Du, & Yuan, 2013). Naopak studie ukazují, že šestivláknové štěpy mohou mít dokonce lepší výsledky v porovnání se štěpy z ligamentum patellae. Autoři randomizované kontrolované studie provedené v Asii naměřili pomocí KT-2000 artrometru

významně nižší stranový rozdíl laxicity (tj. srovnání laxicity operovaného a neoperovaného KOK) u 6HS než u B-T-B štěpu. Zaznamenali též nižší výskyt poškození v místě odběru tkání a méně potíží při klečení u skupiny s 6HS štěpem. Z této skupiny se do dvanácti měsíců vrátilo ke sportovní aktivitě více pacientů (84,62 %), než tomu bylo u pacientů s B-T-B štěpem (66,67 %), což naznačuje rychlejší zotavení a vliv na pooperační rehabilitační péči (Laoruengthana, Pattayakorn, Chotanaputhi, & Kosiyatrakul, 2009). V úvahu ale připadají i potenciální nevýhody, mezi něž patří nedostatečná velikost a délka šlach hamstringů, pooperační rozšíření kanálů (Kawaguchi et al., 2011; Siebold, 2007) a pooperační omezení pohybu do flexe (Sun, Zhao, Shen, Du, & Yuan, 2013).

U „double bundle“ rekonstrukcí se štěp typu 2ST/2Gr zpravidla nepoužívá. Z odebraných šlach musí být vytvořeny dva štěpy, přičemž část nahrazující AM svazek musí zůstat dostatečně silná i přes přidání druhé části nahrazující PL svazek. Štěp vytvořený ze šlachy m. semitendinosus snese větší zatížení než ze šlachy m. gracilis (Hamner, Brown, Steiner, Hecker, & Hayes, 1999; Noyes, Butler, Grood, Zernicke, & Hefzy, 1984). U „double bundle“ rekonstrukcí byly popsány různé kombinace štěpů. Gobbi a Francisco použili k vytvoření AM i PL svazku dvouvláknové štěpy zhotovené ze šlachy m. semitendinosus. Během dvouročního pozorování v rámci krátkodobé follow-up studie byly jejich výsledky srovnatelné s rekonstrukcemi „single bundle“ používajícími čtyřvláknový hamstringový štěp, přičemž subjektivní hodnocení, Lysholmova škála a IKDC (International Knee Documentation Committee) skóre se významně nelišili, ale počítačová analýza anteriorního posunu tibie poukázala na lepší výsledky u „double bundle“ rekonstrukcí (in Prodromos et al., 2008). Christel et al. použili k vytvoření AM svazku dvouvláknový štěp ze šlachy m. semitendinosus (2ST), zatímco pro náhradu PL svazku zvolili dvouvláknový štěp ze šlachy m. gracilis (2Gr) a v případě že měl 2Gr průměr menší než 5 mm, tak třívláknový (3Gr) štěp (in Prodromos et al., 2008). Zhao, Peng, He a Wang (2006) s úspěchem použili čtyřvláknový štěp ze šlachy m. semitendinosus (4ST) k rekonstrukci AM porce a čtyřvláknový štěp ze šlachy m. gracilis (4Gr) k náhradě PL porce LCA. Yasuda vytvořil pro náhradu AM svazku čtyřvláknový štěp (2ST/2Gr), jehož dvě vlákna byla ze šlachy m. semitendinosus a druhá dvě ze šlachy m. gracilis. Pro PL porci LCA zvolil dvouvláknový štěp složený ze šlachy m. semitendinosus (in Prodromos et al., 2008).

Štěp je možné odebrat i ze šlachy m. quadriceps femoris, což má své výhody i nevýhody. Nevýhodou je viditelná, poměrně velká jizva, technická náročnost odběru a výrazné oslabení síly m. quadriceps femoris. Výhodou je možnost odebrání kostního bločku z baze patelly, což umožňuje lepší fixaci štěpu v relativně řídké spongiózní struktuře proximální tibie, dále

tloušťka štěpu, která je 2x větší než u štěpu z ligamentum patellae a v porovnání s ním má i o třetinu vyšší pevnost, protože obsahuje o 20 % více kolagenu. Lze jej využít u „double bundle“ rekonstrukcí, či revizních operací (Hart & Štipčák, 2010; Prodromos et al., 2008). V následující tabulce jsou uvedeny další výhody a nevýhody jednotlivých typů štěpů.

Tabulka 1. Výhody a nevýhody štěpů používaných při rekonstrukcích předního zkříženého vazu (Murawski, Van Eck, Irrgang, Taschman, & Fu, 2014, 687)

Štěp	Výhody	Nevýhody
kost-ligamentum patellae-kost	hojení kost-kost v obou tunelech	nevhodnost pro „double bundle“ rekonstrukce
		bolest při klečení/na přední straně KOK
		invazivní, velká incize
	srovnatelná tuhost s nativním LCA	nebezpečí fraktury patelly
		pevná délka
		slabší než nativní LCA
hamstringy	snadný odběr	zhojení měkkých tkání
	kosmeticky výhodné	nepředvídatelnost velikosti štěpu
	minimální poškození v místě odběru tkání	menší tuhost než nativní LCA
	srovnatelná síla s nativním LCA	nevhodnost pro sportovce, kteří se výrazně spoléhají na hamstringy
m. quadriceps femoris	velký štěp	invazivní, velká incize
	možnost užití pro „single bundle“ i „double bundle“ rekonstrukce	nebezpečí fraktury patelly
	možnost odběru jednostranného kostního bloku	
allograft	žádné poškození v místě odběru tkání	teoretické riziko přenosu onemocnění
	dostupnost v různých typech a velikostech	delší doba hojení zvýšené riziko re-ruptur, zejména u mladších pacientů a ozářených štěpů

Hodnoty tahového zatížení na mezi porušení a tuhosti štěpů, které uvádějí jednotliví autoři, se mírně odlišují. Hart a Štipčák uvádí, že intaktní LCA přenesou maximální tahové

zatížení 2160 N a disponuje tuhostí 242 N/mm, zatímco čtyřvláknový štěp ze šlachy *m. semitendinosus* a *m. gracilis* přenese maximální tahové zatížení 3880 N a jeho tuhost je 807 N/mm, štěp ze šlachy *m. quadriceps femoris* má tahovou únosnost 2352 N a tuhost 326 N/mm a pro 10mm B-T-B štěp je maximální tahové zatížení 2977 N a tuhost 455 N/mm. Předpoklad, že pevnější štěp bude poskytovat lepší stabilitu KOK a lepší subjektivní výsledky, neplatí. Naopak se ukazuje, že je nejvýhodnější použití štěpu, který svými vlastnostmi nejvíce připomíná nativní LCA, protože tak dochází k přirozenějšímu obnovení kinematiky KOK, což přináší nejlepší subjektivní výsledky (Bach & Verma, 2008). Podle tohoto kritéria by bylo nejvhodnější použití autoštěpů ze šlachy *m. quadriceps femoris*. Jejich odběr má ale negativní vliv na extenzorový aparát KOK, který je následně výrazně oslaben a proto se tyto štěpy využívají jen v některých případech. Vlastnosti hamstringových štěpů se od nativního LCA odlišují nejvíce, přesto bývají při „double bundle“ rekonstrukcích používány nejčastěji.

2.5 Druhy fixace

S vývojem operačních postupů se vyvíjely i metody fixace štěpů. Byly popsány jejich výhody i nevýhody. Experimentovalo se s různými materiály, jež mohou být vstřebatelné i nevstřebatelné. Fixaci rozlišujeme na přímou a nepřímou. U přímé fixace je štěp fixován přímo proti stěně kanálu nebo na povrchu kosti interferenčními šrouby nebo skobami. Při nepřímé fixaci bývá štěp zavěšen uvnitř femorálního kanálu prostřednictvím crosspinů (RigidFix, TransFix) či endobuttonů (Bach & Verma, 2008).

Vybrané typy fixací, jež upevňují štěpy do kostních struktur, ovlivňují i následnou rehabilitační péči, zejména zvyšování zátěže operované dolní končetiny, a umožňují použití akcelerovaného rehabilitačního programu (Bach & Verma, 2008; Smékal, Kalina, & Urban, 2006).

U „double bundle“ rekonstrukcí, u nichž se nejčastěji používají autoštěpy ze šlach hamstringů, se jedná o fixaci šlacha-kost. Vytvoření srůstů mezi kostí a šlachou trvá déle, než mezi kostí a kostí, což zvyšuje nároky na fixaci. Press-fit fixace je zajištěna tím, že se průměr vrtaných kanálů volí podle průměru štěpů. Přímou fixaci zprostředkovávají interferenční šrouby a skoby, nepřímou fixaci zajišťují techniky endobuttonů, crosspinů a skob. Fixace interferenčními šrouby umožňuje větší kompresi štěpů v kostním kanále a zajišťuje větší stabilitu KOK ve srovnání s technikami, které fixují štěp dál od kloubního vyústění, tj. nepřímou fixací. Pro femorální fixaci se často užívá technika endobutton, při níž je štěp fixován od kloubní linie, což může vyvolávat „bungee“ efekt, tedy pružení štěpu uvnitř

kanálu v jeho podélné ose. „Bungee“ efekt následně zpomaluje vhojování šlachy do kosti a může vést k rozšíření kanálů. Pohyb štěpu v rozšířeném kanále je nazýván jako „wind-screen“ efekt. U „double bundle“ rekonstrukcí je riziko „bungee“ a „wind-screen“ efektu dvojnásobné. Výhody fixace pomocí techniky endobutton (pevnost) a fixace pomocí interferenčního šroubu (upevnění blízko nitrokloubního vyústění kanálu) mají transfixační piny, které umožňují pevnou fixaci femorální části štěpů. Pro tibiální fixaci je nejvýhodnější užití kombinace vstřebatelného interferenčního šroubu a podložky, která má nejvyšší mezní zatížení a je tudíž nejpevnější. Platí též, že čím je interferenční šroub delší, tím je fixace pevnější.

Pokud je u „double bundle“ rekonstrukcí použit štěp z m. quadriceps femoris s jednostranným kostním bločkem, tak dochází i k fixaci kost-kost. Při ní se používají stejné metody upevnění jako při fixaci štěpu z ligamentum patellae (B-T-B). Mohou to být již výše zmíněné interferenční šrouby, jež se zavádějí buď technikou inside-out nebo outside-in a používají se k upevnění štěpů jak k femuru, tak k tibií. Druhou možností je transkondylární fixace prostřednictvím crosspinů, tj. RigidFix a TransFix. Klinické výsledky jsou u obou metod stejné.

Při použití aloštěpů se fixace volí podle konkrétního typu štěpu, ale z důvodu pomalejšího vhojování alogenních tkání musí být co nejpevnější.

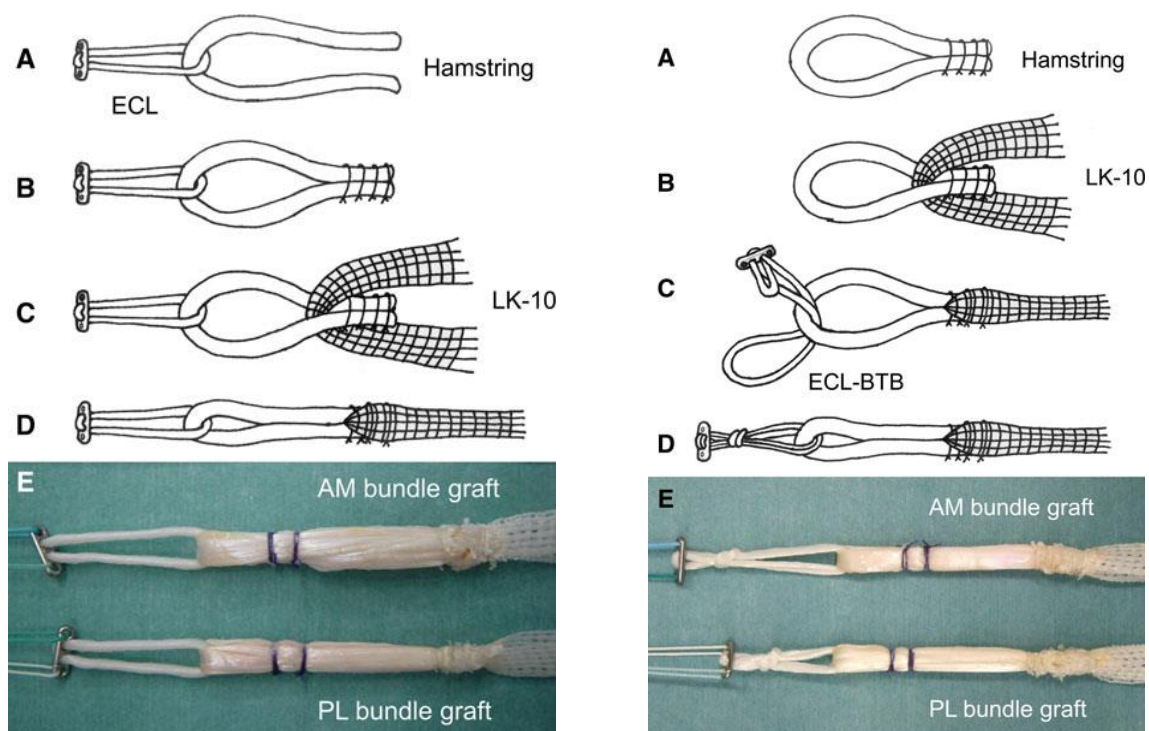
Studie prokázaly, že nejpevnější fixaci poskytují metody endobutton a TransFix. Nejhorší výsledky a časné selhávání byly zaznamenány při fixaci titanovými interferenčními šrouby. Vstřebatelné interferenční šrouby poskytují fixaci pevnější, a proto jsou doporučovány k doplnění techniky endobutton. Jejich nevýhodou ale je, že ze všech použitých typů fixací, způsobují největší rozšíření kanálů (Hart & Štípčák, 2010).

U DB rekonstrukcí LCA byla zpočátku využívána i tzv. „screw post“ fixace. Jednalo se o nepřímý typ fixace, při němž byly konce štěpů sešity whipstitch stehem a k nimž byly dále připevněny velké smyčky, které byly následně uvázány kolem šroubů, které byly umístěny mimo tunely (obrázek 7). Nevýhodou této metody byla nutnost provedení dvou incizí a dále zvýšené riziko „bungee“ efektu, nutnost imobilizace a pomalejší rehabilitace. Po vyvinutí techniky endobutton a crosspinů, které nevyžadovaly druhou incizi, se „screw post“ fixace dostala do pozadí. U DB rekonstrukcí byla využívána zejména pro tibiální fixaci (OA Centers for Orthopaedics - A division of Spectrum Medical Group, 2014; Prodromos et al., 2008).



Obrázek 7. „Screw post“ fixace (<http://www.orthoassociates.com/SP11B35/>)

Prospektivní komparativní kohortová studie porovnávala dva typy nepřímé fixace hamstringových štěpů u „double bundle“ rekonstrukcí. Jednalo se o techniky EndoButton-CL-BTB[®] (ECL-BTB) a EndoButton-CL[®] (ECL), které byly použity k upevnění femorálních konců hybridních autoštěpů. K tibiálním koncům autoštěpů byly sériově připojeny polyesterové pásky (tape) a jejich fixace byla zajištěna prostřednictvím svorek s hroty (spiked staples). Hybridní autoštěpy byly vyvinuty s cílem omezit nevýhody běžných „suture“ technik, tj. nízkou tuhost a rychlé uvolnění napětí štěpů. Jejich klinické výsledky jsou příznivé, nicméně technickou nevýhodou tohoto postupu je významné prodloužení operační doby. To je způsobeno tím, že štěp, který je následně fixován technikou ECL, může být připravován až po změření délky femorálního tunelu, který musí být nejprve vytvořen. Technika ECL-BTB byla vyvinuta pro fixaci B-T-B štěpu u „single bundle“ rekonstrukcí. Biomechanické studie však ukázaly, že maximální zatížení flexorové šlachy štěpu, který je připojen k ECL-BTB, je podobné tomu, který je připojen k ECL. Proto může být tato technika využita i při fixaci hybridních autoštěpů u „double bundle“ rekonstrukcí a přináší výhodu okamžité přípravy štěpu po odebrání šlach hamstringů. Odlišnou přípravu štěpů, které budou následně fixovány technikami ECL a ECL-BTB znázorňuje obrázek 8.



Obrázek 8. Příprava štěpu vlevo pro techniku ECL, vpravo pro techniku ECL-BTB
(Kongo et al., 2012, 1264)

Při využití ECL-BTB techniky fixace byl operační čas zkrácen průměrně o 11 minut (z průměrných 73 minut na průměrných 62 minut). Přes to, že se toto zkrácení nezdá vysoké, je redukce operační doby o 15 % významná. Při srovnání peroperačních a pooperačních komplikací i klinických výsledků (Lysholmova škála, IKDC skóre, přední zásuvkový test a pivot-shift test měřené KT-2000 artrometrem ve 30° flexi při aplikaci 133 N, peak izokinetického momentu síly hamstringů a m. quadriceps femoris), které byly hodnoceny dva roky po provedení operace, nebyly nalezeny žádné významné rozdíly mezi těmito dvěma fixačními technikami. Přestože je tuhost štěpu s ECL-BTB významně nižší (110 N/mm) než tuhost štěpu s ECL (132 N/mm), je z klinického hlediska stále vyšší než tuhost po fixaci hamstringových štěpů interferenčními šrouby či „suture“ technikami. Tuhost při fixaci ECL-BTB, jenž se skládá z endobuttonu a dvou tenkých smyček, je pravděpodobně snížena tím, že se po fixaci štěpu mezi dlouhou a krátkou smyčkou vytvoří „uzel“. Ten se při tahovém zatížení může utáhnout, což následně snižuje tuhost štěpu s ECL-BTB (Kongo et al., 2012).

2.6 Rotace a tonizace štěpu

Intaktní LCA má ve svém průběhu vlákna rotována přibližně o 90° zevně. Riziko impingementu štěpů, který je jednou z komplikací rekonstrukce LCA, lze při rotaci štěpů

zmenšit. Kromě obnovení normálního průběhu vláken totiž dochází ke zmenšení kontaktu vláken s laterální stěnou interkondylického prostoru. Právě tento kontakt je příčinou zvýšeného rizika impingementu štěpů. Rotace dále zvyšuje napětí vláken a zároveň zmenšuje délku štěpů. Zmenšení délky štěpů nemusí být u „double bundle“ rekonstrukcí žádoucí, protože v případě autoštěpů může být získání potřebné délky už samo o sobě problematické. Při použití štěpu s kostním bločkem, v případě „double bundle“ rekonstrukcí je to nejčastěji štěp ze šlachy m. quadriceps femoris, dochází při rotaci k natočení kortikální části kostního bločku proti přední stěně kanálu, což pomáhá zabezpečit pevnou fixaci pomocí interferenčního šroubu a minimalizovat možnost poranění šlachové části štěpu při pohybu KOK (Hart & Štipčák, 2010).

Tonizace štěpů, tedy nastavení velikosti napětí štěpů v době fixace, má přímý vliv na kinematiku KOK. Napětí štěpů ovlivňují pozice femorálních a tibiálních kanálů, pozice KOK v době fixace, mechanické vlastnosti štěpů a vlastní tonizace štěpů při fixaci. „Double bundle“ rekonstrukce umožňují fixaci každého štěpu odděleně s volitelným napětím (Muneta, Koga, Ju, Yagishita, & Sekiya, 2011). Jednotná metoda tonizace štěpů zatím nebyla popsána a názory jednotlivých operatérů na tuto problematiku se liší (Crawford et al., 2007). Kinematická studie ukázala, že napětí vláken LCA je v plné extenzi největší, zatímco ve 30° flexi nejmenší. Příliš velké napětí štěpů může vést k přetržení jejich vláken nebo k selhání fixace. Nedostatečně tonizované štěpy nemohou zajišťovat potřebnou stabilitu KOK. Štěpy s nižší tuhostí vyžadují větší iniciální napětí, které však musí vždy umožňovat fyziologický anteroposteriorní posun tibie vůči femuru. Krátce po primární fixaci dochází ke snížení tohoto napětí. Pravděpodobně za to může tření štěpů uvnitř tunelů a viskoelastická elongace tkáně štěpů. To, že tkáň štěpů podléhá stresové relaxaci, znamená, že při konstantním zatížení (deformaci) dochází ke snížení napětí v tkáni. Zvláště u hamstringových štěpů dochází ke snížení iniciálního napětí rychleji. Biologické a biomechanické vlastnosti štěpů se dále mění v průběhu hojení. Předpětí štěpu trvalým tahem před fixací minimalizuje protažení a následnou laxitu náhrady (Hart & Štipčák, 2010; Muneta, Koga, Ju, Yagishita, & Sekiya, 2011).

V rámci kohortové studie zkoumající klinické výsledky po třech různých metodách nastavení iniciálního napětí štěpů bylo zjištěno, že nejlepších výsledků bylo dosaženo v případě, když byly oba štěpy tonizovány stejně. Fixace a tonizace štěpů proběhla v tomto případě následovně. Nejprve byl fixován PL štěp kotvící svorkou ve 30° flexi a s použitím pružinového tenzometru bylo iniciální napětí nastaveno na 40 N, poté bylo artroskopicky

sondou vyhodnoceno napětí AM štěpu ve 30° flexi. Pomocí 5 N stepů byla určena počáteční síla pro AM štěp, která vedla ke shodnému napětí, jako měl PL štěp. Určenou silou byl AM štěp fixován kotvicí svorkou ve 30° flexi. V ostatních případech byly štěpy také fixovány ve 30° flexi, avšak iniciální napětí štěpů bylo rozdílné a bylo nastaveno ručně. Vyhodnocovány byly rozsahy pohybů, maximální síla při flexi a extenzi měřená pomocí Cybex machine, výsledky manuálních testů na laxicitu KOK (Lachmanův test, přední zásuvkový test, pivot-shift test), hodnoty anteriorní laxicity KOK naměřené pomocí artrometru KT-1000, Lysholmovo skóre a Tegner aktivity scale. Nejhorších výsledků bylo dosaženo, pokud měl AM štěp vyšší iniciální napětí než PL štěp (Muneta, Koga, Ju, Yagishita, & Sekiya, 2011).

V rámci biomechanických studií provedených na lidských kadaverózních KOK bylo odhaleno, že kromě iniciálního napětí a úhlu, při nichž jsou štěpy fixovány, záleží také na pořadí fixace štěpů. Síly *in situ* nativního LCA a štěpů byly měřeny při dvou modelových zatíženích. První z nich bylo reprezentováno silou ve směru anteriorním tibiálním (134 N), druhé bylo tvořeno kombinací torzních momentů (10 Nm valgózně, 5 Nm vnitřně rotačně). Zatížení a měření bylo prováděno při různých úhlech flexe (0°, 15°, 30°, 60°, 90°). Pokud byl jako první upevněn AM štěp, byly u něj při všech flekčních úhlech naměřeny *in situ* síly nižší než u nativního AM svazku. U PL štěpu byly ve všech flekčních úhlech naměřeny síly *in situ* vyšší než u nativního PL svazku. Pokud byl jako první upevněn PL štěp, tak byly naměřené síly *in situ* u AM štěpu vyšší a u PL štěpu nižší při srovnání s nativním AM a PL svazkem, a to při všech flekčních úhlech. Pořadí fixace štěpů má tedy při „double bundle“ rekonstrukcích vliv na rozložení sil (Chen, Gadikota, Gill, & Guoan, 2011).

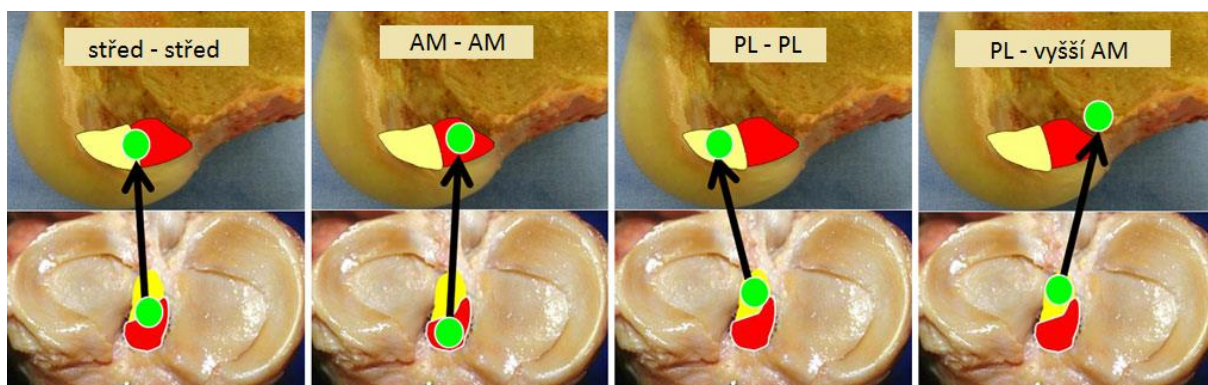
2.7 Anatomická rekonstrukce LCA „single bundle“ technikou

Anatomická rekonstrukce LCA „single bundle“ (SB) technikou spočívá v náhradě celého původního vazů jedním štěpem a to nejčastěji autoštěpem odebraným z ligamentum patellae (B-T-B technika) či ze šlach hamstringů (ST-G technika), tj. z m. semitendinosus a m. gracilis. K upevnění štěpu slouží femorální a tibiální kanál. Oba kanály jsou cíleny do centra původního úponu LCA, tj. přesně mezi AM a PL svazek. Anatomické SB rekonstrukce LCA jsou založeny na čtyřech základních principech. Prvním z nich je pochopení anatomie nativního LCA. Druhým je individualizace každé operace. Ta se přizpůsobuje pacientovým specifickým potřebám a anatomii. Třetím principem je obnovení nativní anatomie umístěním štěpu do středu footprintu a čtvrtý princip spočívá v obnovení nativní funkčnosti, čehož je dosaženo aplikací napětí, které co nejpřesněji

napodobuje nativní LCA (Van Eck, Schreiber, Liu, & Fu, 2010). Mnozí autoři se domnívají, že anatomické „single bundle“ rekonstrukce LCA umožňují, podobně jako „double bundle“ rekonstrukce, zajištění nejen anteroposteriorní, ale také rotační stability. Porter a Shadbolt (2014) ověřili možnost snížení anteriorního translačního a vnitřně rotačního pohybu tibie po anatomických „single bundle“ rekonstrukcích, nicméně normální pohyblivost KOK nebyla plně obnovena.

Správné umístění štěpu je velmi důležité. Pokud je femorální kanál navrtán příliš dorzálně, tak se délka štěpu zvětšuje s extenzí, což může omezovat rozsah pohybu do extenze a současně způsobovat laxicitu ve flexi. Pokud je femorální kanál umístěn moc ventrálně, tak se délka štěpu zvětšuje s flexí, může docházet k omezení pohybu do flexe nebo k protažení štěpu, který následně neplní svoji stabilizační funkci v extenzi.

Jak již bylo zmíněno, LCA není v celém svém průběhu stejně široké. Díky vějířovitému uspořádání zabírá v místě tibiálního úponu největší plochu, ve střední části se zúžuje a při femorálním úponu se opět mírně rozšiřuje. Štěpy zhotovené z hamstringů mají konstantní průměr v celém svém průběhu, proto může být pokrytí celé úponové plochy LCA, tzv. footprintu, u „single bundle“ rekonstrukcí obtížné. Naopak to může zvýhodňovat „double bundle“ rekonstrukce, které mají díky umístění dvou štěpů větší předpoklad k zaujmutí celého footprintu. Výše uvedené důvody umožňují i při anatomické „single bundle“ rekonstrukci LCA různé možnosti cílení kanálů, které jsou znázorněny na obrázku 9.



Obrázek 9. Možnosti cílení kanálů u „single bundle“ rekonstrukcí (Yuki et al., 2013, 818)

Zpočátku bylo doporučováno cílení tunelů přesně mezi AM a PL svazek, tedy do pozice střed-střed (Bedi & Altchek, 2009). Předpokládalo se, že toto umístění štěpů je pro obnovení biomechaniky KOK nejlepší. Kato et al. (2010) zkoumali vliv umístění tunelů při rekonstrukcích LCA na biomechaniku KOK s využitím robotického systému a artrometru KT-1000. Ke studii použili prasečí modely, což bylo největším nedostatkem, jelikož získané

poznatky nemusely být reprodukovatelné na lidský KOK. Vyhodnotili, že ze všech aplikovaných pozic tunelů (střed-střed, AM-AM, PL-PL, PL-vyšší AM a anatomické „double bundle“) poskytuje střed-střed pozice tunelů nejlepší stabilitu a nejvíce se přibližuje k obnově normální kinematiky KOK. Od anatomické „double bundle“ pozice, při níž byly nahrazeny obě porce LCA, se významně nelišila. Nejhorší výsledky byly získány při pozici PL-vyšší AM, která je řazena mezi neanatomické rekonstrukce a bývá označována jako konvenční. Studie (Kato et al., 2013) publikovaná o dva roky později přinesla jiné výsledky. Byla provedena téměř stejnou sestavou pracovníků jako u výše zmíněné studie, ale k výzkumu byly použity lidské kadaverózní KOK. Metodika práce byla téměř shodná s metodikou předcházející práce, vynechána však byla anatomická „double bundle“ pozice tunelů. Ze všech aplikovaných typů rekonstrukcí se AM-AM „single bundle“ rekonstrukce nejvíce přiblížila síle *in situ* a stabilitě intaktního LCA. Nejednotnost doporučovaných postupů při „single bundle“ rekonstrukcích vedla Crosse et al. (2012) ke srovnání AM-AM a střed-střed umístění tunelů. Studie byla provedena na lidských kadaverózních KOK a ukázala, že oba přístupy jsou stejně efektivní při kontrole anteriorní tibiální translace během Lachmanova testu a též srovnatelné s intaktním LCA. Ani jeden z nich však nebyl schopen obnovit původní kinematiku KOK, což dokazovala snížená kontrola anteriorní translace laterálního kompartmentu během pivot-shift testu při srovnání s intaktním LCA. Limitací všech studií prováděných na kadaverózních modelech je vynechání dynamické složky, tj. neuromuskulární a nemožnost hodnocení vlivu fyziologické cyklické zátěže.

Většina zdrojů uvádí, že u 80-90% pacientů je rekonstrukce LCA úspěšná, avšak u 10-30% pacientů se objevuje přetrvávající bolest KOK a nestabilita. Revizní operace ukázaly, že nejčastější příčinou těchto obtíží je neovládnutá operační technika, zejména nesprávné umístění femorálního a tibiálního tunelu (Crawford et al., 2007; Devgan et al., 2015).

2.8 Anatomická rekonstrukce LCA „double bundle“ technikou

„Double bundle“ (DB) rekonstrukce LCA nejsou takovou novinkou, jak se může zdát. V Japonsku se provádí již více než patnáct let a v USA se dostaly do povědomí širší veřejnosti před sedmi lety, kdy byla v televizi odvysílána reportáž o jedné z těchto technik, které si zde následně získaly oblibu. V Evropě se o jejich rozvoj zasloužila zejména Francie, v níž bylo mnohým operátorům umožněno se s těmito technikami seznámit a v případě zájmu se naučit i jejich provedení. Ve Francii se vyvíjely především čtyřtunelové DB rekonstrukce. Před více než pěti lety byly DB rekonstrukce známé i v sousedním Německu a dále se o ně

zajímali operatéri z Rakouska, Španělska, Švédska, Kanady, Korei, Kuvajtu, Číny, Norska a z dalších zemí.

Anatomické „double bundle“ rekonstrukce nejsou pouze technikou, ale spíše konceptem, který je založen na následujících principech. Za prvé je to obnova AM i PL svazku LCA. Za druhé, umístění femorálních a tibiálních tunelů by mělo být anatomické, tj. v rámci úponové plochy nativního LCA. Za třetí, každý štěp je tonizován v souladu s jeho nativním napínacím vzorem z plné extenze KOK do flexe. Za čtvrté by měla být operace přizpůsobena každému pacientovi, s přihlédnutím na úroveň jeho aktivity a vlastní anatomii úponu LCA (Hofbauer, Muller, Wolf, Forsythe, & Fu, 2013).

2.8.1 Historie

Řada autorů navrhovala zrekonstruování jak AM, tak i PL svazku a zabývala se řešením této problematiky. Jako první uveřejnil časné klinické výsledky tohoto operačního postupu Zaricznyj v roce 1987, poté se ale stali klíčovými pro rozvoj „double bundle“ rekonstrukcí Japonci. Ti ve spojení s evropany, kteří projevíli velký zájem o tuto techniku, publikovali několik studií. V nich byly popsány četné technické varianty využívající buď jeden nebo dva tibiální či femorální tunely, autoštěpy nebo alloštěpy a různé metody tonizace štěpů. Rekonstrukce LCA „double bundle“ technikou, která využívá dva nezávislé tibiální a dva nezávislé femorální tunely byla poprvé popsána ve Francii v roce 2002 Franceschim at al. a následně vylepšena (Prodromos et al., 2008; Franceschi, Shibi, & Champsaur, 2002).

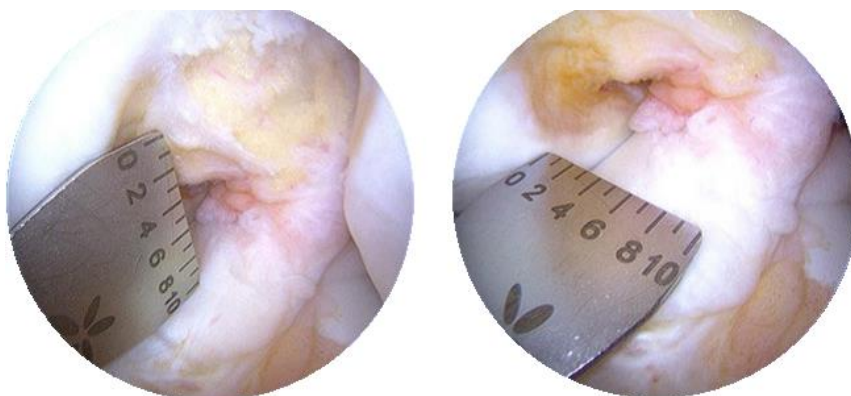
2.8.2 Indikace a kontraindikace

„Double bundle“ rekonstrukce jsou indikovány při úplné ruptuře LCA, při velké úponové oblasti, tj. pokud je anteroposteriorní průměr tibiálního úponu větší než 18 mm, dále pokud je šířka interkondylického prostoru větší než 12 mm a při vysokostupňovém pivotálním posunu. Doporučovány jsou také při revizních operacích LCA (Musahl, Becker, Fu, & Karlsson, 2011).

Mezi relativní kontraindikace „double bundle“ rekonstrukcí LCA se řadí otevřené růstové štěrbin, úzký a mělký interkondylický prostor, závažné artritické změny (stupeň 3 a více), závažné a rozsáhlé kostní podlitiny, multiligamentózní poranění a ruptura pouze jednoho svazku.

Peroperační měření výšky a šířky interkondylického prostoru je znázorněno na obrázku 10. Pokud jsou naměřené hodnoty menší než 14 mm, hrozí zvýšené riziko iatrogenního poškození a impingementu štěpů, jehož následkem je časné selhání štěpů.

Také je obtížné umístit naváděcí piny, zvláště AM naváděcí pin, do místa nativního femorálního úponu. Pokud je šířka interkondylického prostoru menší než 12 mm, je obtížné vyvrtat femorální tunely skrz mediální portál bez poškození mediálního kondylu femuru vrtákem (drill). Pokud jsou úpony (footprinty) LCA na délku menší než 14 mm, není možné vyvrtat nezávislé tunely s dostatečným kostním můstkem, který by je od sebe odděloval. Z těchto důvodů je výhodnější indikace „single bundle“ rekonstrukcí (Christel & Boueri, 2011; Musahl, Becker, Fu, & Karlsson, 2011; Van Eck, Schreiber, Liu, & Fu, 2010).



Obrázek 10. Peroperační měření (Müller, Hofbauer, Wongcharoenwatana, & Fu, 2013, 244)

Závažné a rozsáhlé kostní podlitiny bývají lokalizované zejména na laterálním kondylu femuru. Na rozdíl od zlomenin, u nichž je poškozena kontinuita všech trámců, jsou zde porušeny pouze některé trámce a kontinuita kosti zůstává zachována. Těžké artritické změny se mohou zhoršit rychleji v důsledku omezení pohybu KOK dvěma zrekonstruovanými svazky.

Při izolované ruptuře jedné porce LCA je výhodnější provést augmentaci, kdy je nepoškozená část LCA zachována a poškozená část nahrazena štěpem s anatomickým cílením kanálů přesně do úponové oblasti intaktního LCA. (Van Eck, Schreiber, Liu, & Fu, 2010; Kato, Maeyama, Lertwanich, Wang, Ingham, Kramer, Martins, Smolinski, & Fu, 2013; Müller, Hofbauer, Wongcharoenwatana, & Fu, 2013).

Biomechanická studie Ettingera et al. vedla k dalším poznatkům, které by měly být při indikaci „double bundle“ rekonstrukcí zváženy. Při studiu provedeném na lidských kadaverózních KOK, které měly tendenci k hyperextenzi, bylo mimo jiné zjištěno, že „double bundle“ rekonstrukce významně omezují extenzi v KOK s tendencí k hyperextenzi. Pooperační omezení extenze bylo zjištěno u všech sledovaných KOK. Z toho může být odvozen i důsledek pro rehabilitaci, a to potřeba obnovení tohoto rozsahu pohybu. Kdyby byl KOK omezen do EX pouze jednostranně, došlo by k narušení chůzového stereotypu

a k následnému zřetězení dysfunkcí. U „single bundle“ rekonstrukcí se omezení do extenze může objevit také. V praxi se však ukázalo, že se toto omezení postupně snižuje a operovaná dolní končetina se následně srovnává s neoperovanou. Přitom dochází k protažení štěpu a k mírnému poklesu získané stability. Je pravděpodobné, že u „double bundle“ rekonstrukcí by byl mechanismus podobný (D. Smékal, osobní sdělení, 19. 3. 2015).

2.8.3 Provedení

„Double bundle“ rekonstrukce mohou být provedeny různými způsoby. Jednotlivé operační techniky se od sebe liší v mnoha aspektech, tj. použitými typy štěpů, vyvrtáním různého množství tunelů, použitím různých způsobů fixace a tonizace štěpů a užitím různého instrumentária. Následující tabulka uvádí přehled základních rysů různých typů „double bundle“ rekonstrukcí.

Tabulka 2. Přehled technik „double bundle“ rekonstrukcí
(Crawford et al., 2007)

Studie	Tunely	Štěpy	Tonizace	Fixace
Muneta et al.	2 femorální 2 tibiální	ST a G autoštěpy	upevněno ve 30° flexi, maximální manuální napětí	femorální endobuttony, tibiální „screw post“ fixace
Kubo et al.	1 femorální 1 tibiální	B-T-B autoštěp pro AM svazek, ST autoštěp pro PL svazek	napínáno ve 20° flexi	femorální endobuttony pro B-T-B štěp, svorky pro ST štěp, tibiální interferenční šrouby
Yagi et al.	2 femorální 1 tibiální	zdvojený ST autoštěp pro AM svazek, zdvojený Gr autoštěp pro PL svazek	pod 67 N upevněn PL svazek v 15° flexi, AM svazek v 60° flexi	femorální endobuttony, tibiální šrouby s podložkami
Giron et al.	2 femorální 1 tibiální (transtibiální přístup)	STG autoštěpy	štěp tonizován v blízkosti plné extenze	2 endobuttony pro femur, washerloc a svorky pro tibií
	2 femorální 2 tibiální	STG autoštěpy	štěp tonizován v blízkosti plné extenze	interferenční šrouby
Hamada et al.	2 femorální 1 tibiální	ST nebo STG autoštěp	maximální manuální napětí ve 20° flexi	femorální endobuttony, tibiální šrouby

Marcacci et al.	1 femorální 1 tibiální	STG autoštěp (odebrán s neporušením tibiálního úponu, štěpy jsou sešity dohromady s vytvořením smyčky)	nespecifikováno, bez technického vybavení	štěpy jsou upevněny přes kostní můstek (vytvořený při vrtání tunelů) prostřednictvím transoseálního šicího uzlu
Toritsuka et al.	2 femorální 1 tibiální	ST nebo STG autoštěpy		femorální endobuttony, tibiální „screw post“ fixace
Hara et al.	2 femorální 1 tibiální	ST autoštěp pro AM svazek, Gr autoštěp pro PL svazek	femorální tunel pro PL štěp vytvořen přes posteromediální portál	femorální endobuttony, tibiální „screw post“ fixace s podložkou s hroty
	1 femorální 1 tibiální	B-T-B autoštěp pro AM svazek, ST (over the top) autoštěp pro PL svazek	tonizace ve 20° flexi KOK s maximálním manuálním tahem	ST and B-T-B autoštěpy upevněny v tibiálním tunelu interferenčními šrouby, ST autoštěp upevněn k laterálnímu kondylu femuru dvěma svorkami (při 90° flexi KOK)
Siebold, Dehler	2 femorální 2 tibiální			femorální endobuttony, tibiální šrouby pro autoštěpy z hamstringů
Otsubo et al.	2 femorální 2 tibiální	ST autoštěp s dvěma smyčkami		
Yasuda et al. Ishibashi et al.	2 femorální 2 tibiální	polovina ST autoštěpu a Gr autoštěpu pro AM svazek, polovina ST autoštěpu pro PL svazek	AM štěp tonizován na 40 N, PL štěp tonizován na 20 N	femorální endobuttony, tibiální svorky
Adachi et al.	2 femorální 1 tibiální	ST autoštěp rozdělen na poloviny a zdvojen, Gr autoštěp pokud ST není dostačující	tonizován na 25 N v 90° flexi	femorální endobuttony, dvojité svorky na tibií

Fu et al. Vidal et al.	2 femorální 2 tibiální	ST a Gr autoštěpy nebo 2 alloštěpy z m. tibialis anterior	PL štěp napínán ve 45°, AM štěp napínán v 10°	femorální endobutton, tibiální hybridní vstřebatelný interferenční šroub a svorka
Bellier et a.	2 femorální 2 tibiální	ST (AM svazek) a Gr (PL svazek) autoštěp, z nich vyrobeny dvouvláknové štěpy	tonizován na 50 N	femorální endobuttony, tibiální interferenční šrouby
Ahn, Lee	2 femorální 1 tibiální	pětivláknové STG autoštěpy	simultánní napětí štěpu na 6,8-9,1 kg (15-20 liber)	femorální úpon PL štěpu upevněn pomocí mini-plate, femorální úpon AM štěpu pomocí Rigid Fix, vstřebatelný šroub pro tibiální fixaci (s KOK v 10-20° flexi) Back-up post-tied tibiální fixace kortikálním šroubem (4,5 mm) s podložkou
Aglietti et al. Giron et al.	2 femorální 2 tibiální (1 incize, transtibiální technika)			endobutton pro femur, washerloc a svorky pro tibií
	2 femorální 2 tibiální (2 incize, outside-in technika)	STG autoštěp	PL svazek tonizován a upevněn v blízkosti plné extenze, AM svazek při 45° flexi KOK	interferenční šrouby a svorky pro femur, kostní můstek a interferenční šrouby a svorky pro tibií
Takeuchi et al.	1 femorální 1 tibiální	2 ST a Gr štěp s kostními bločky	před použitím předepnuto 4,5 kg (10 lbs)	interferenčními šrouby pro femorální a tibiální tunel, back-up svorka pro tibií
Caborn, Chang	1 femorální 1 tibiální	1 alloštěp z m. tibialis anterior	tonizace s 4,5 kg (10 lbs) v 15° flexi KOK	femorální a tibiální interferenční šrouby, mohou být otočeny pro „jemné doladění“ pozic štěpů

Zhao et al.	2 femorální 2 tibiální	čtyřvláknový STG autoštep s polyesterovou vložkou		12 mm mini-plate, 14 mm mini-button tibiální fixace
Pederzini et al.	1 femorální 2 tibiální	rozdělená šlacha m. quadriceps femoris s kostním bločkem	AM štep napínán ve 40° flexi KOK, PL štep v 0° flexi KOK	nevstřebatelný interferenční šroub pro femur, vstřebatelný interferenční šroub pro tibií
Cha et al.	2 femorální 2 tibiální	2 čtyřvláknové autoštěpy vyrobené z ST a Gr, alloštep z m. tibialis anterior (pokud nedostatek autogenního materiálu)	2 techniky tonizace, AM štep buď v 0° nebo 60° flexi, PL štep buď v 15° nebo 45° flexi KOK	femorální endobuttony, tibiální suture-post fixace

Z výše uvedeného vyplývá dělení „double bundle“ rekonstrukcí na čtyřtunelové, třítunelové a dvoutunelové. Z důvodu variability operačních postupů budou popsány jen základní rysy, které se vztahují k dané problematice. Přesně popsané operační techniky se dají lehce dohledat v databázích a v odborných časopisech.

2.8.3.1. Čtyřtunelové „double bundle“ rekonstrukce

Edwards et al. při srovnávání tří různých technik vrtání tunelů (dva tibiální a dva femorální, jeden tibiální a dva femorální, dva tibiální a jeden femorální) s ohledem na obnovení funkce nativního LCA zjistili, že se obnově nejvíce blíží technika čtyřtunelová (in Hart & Štípcák, 2010).

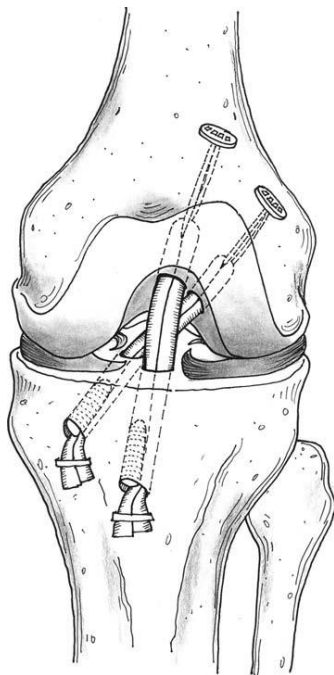
Při použití dvou porcí štěpů se zvětšuje celkový průměr štěpu a kontakt šlacha-kost v tunelech, čímž dochází ke zvýšení pevnosti štěpů. Přesné souřadnice pro vrtání tunelů zatím nebyly stanoveny, i přesto, že je někteří autoři u vybraných technik uvádějí. Ke správnému umístění AM a PL štěpu proto pomáhají již výše zmíněné orientační body, tj. kostěnné hřebeny lokalizované na laterálním kondylu femuru nebo zbytky původního LCA. Jedná se o „laterální bifurkační hranu“, která u nativního LCA odděluje AM a PL svazek a „laterální interkondylární hřeben“, který určuje ventrální ohraničení celého úponu LCA. Podle jejich umístění se vrtají tunely pro následně vložené štěpy a proto, že každý KOK je individuální, umožňují lepší cílení než tradiční orientace podle hodin. Protože je chování LCA v tahu ovlivněno především jeho úponovou femorální oblastí, dochází mezi operátéry

ke shodě při potřebě vrtání dvou femorálních tunelů, avšak pro tibiální kanály se názory různí a někteří operatéři doporučují vyvrtat tunel pouze jeden (třítunelová rekonstrukce LCA). Vyvrtání dvou tunelů v tibií však umožňuje lepší tonizaci obou štěpů.

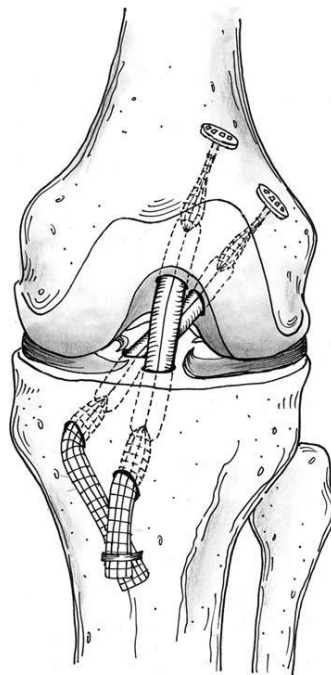
Umístění tunelů již bylo zmíněno. Snahou je cílit je do místa úponů původního LCA. Je však důležité podotknout, že ani prostřednictvím dvou štěpů nedochází k úplnému napodobení intaktního LCA, protože ani dva štěpy nenahradí anteriorně se upínající vlákna intaktního LCA na tibií. Z tohoto důvodu byla popsána i tzv. „triple bundle“ rekonstrukce. Jelikož je u DB rekonstrukcí častou komplikací impingement štěpů oproti přední hraně interkondylického prostoru, doporučují někteří operatéři umístit kanály pro oba dva štěpy do zadních částí jejich příslušných nativních úponových oblastí, čímž se riziko impingementu štěpů sníží. Mezi vyvrtanými tunely zůstává kostní můstek, který zajišťuje nezávislé fungování zrekonstruovaných porcí LCA a taktéž umožňuje jejich spolehlivou fixaci (Koudela, Matějka, Nepraš & Zeman, P., 2012; Hart, Kučera & Safi, 2010; Hart & Štipčák, 2010; Prodromos et al., 2008).

Na obrázku 11 je znázorněna čtyřtunelová rekonstrukce LCA, využívající k fixaci femorálních konců štěpů techniku endobutton a k fixaci tibiálních konců štěpů interferenční šrouby, umístěné ze strany a doplněné o záložní svorky (Fu, Zelle, & Beasley, 2005).

Na obrázku 12 je zobrazena čtyřtunelová rekonstrukce LCA používající hybridní štěpy s polyesterovými páskami. Technika endobutton byla použita pro fixaci femorálních konců štěpů a fixaci tibiálních konců štěpů zajistily svorky (Yasuda, Kongo, Ichiyama, Tanabe, & Tohyama, 2005).



Obrázek 11. (Crawford et al., 2007, 952)



Obrázek 12. (Crawford et al., 2007, 956)

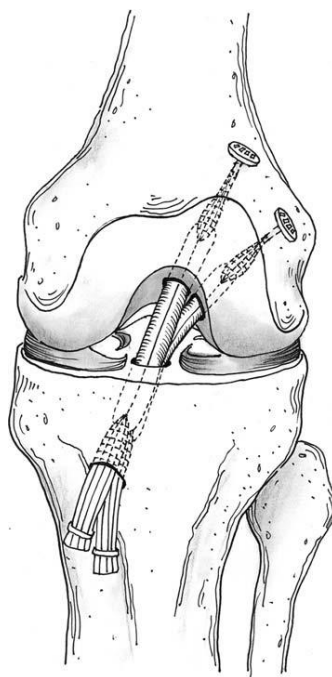
2.8.3.2. Třítunelové „double bundle“ rekonstrukce

Pomocí laboratorních studií bylo prokázáno, že po třítunelových „double bundle“ rekonstrukcích jsou rotace i translační posun tibie kontrolovány lépe než po „single bundle“ rekonstrukcích, ale méně fyziologicky než po čtyřtunelových „double bundle“ rekonstrukcích.

Protože je fixace šlachových štěpů v tibiálních tunelech obtížná, přináší třítunelové „double bundle“ rekonstrukce výhodu v podobě možnosti užití štěpu ze šlachy m. quadriceps femoris, který může být odebrán i s jednostranným kostním bločkem z baze patelly, jenž problém fixace eliminuje. Navíc odběr ze šlachy m. quadriceps femoris poskytuje pro štěp dostatek materiálu, který odběr ze šlach hamstringů nemusí vždy zajistit.

Hart a Štipčák (2010) nejprve fixují PL svazek nahrazující štěp ve femuru pomocí interferenčního šroubu, poté fixují interferenčním šroubem tibiální konec štěpu s kostním bločkem při 15° flexi v KOK, čímž štěp tonizují a následně při 80° flexi v KOK izolovaně tonizují AM svazek nahrazující štěp, který opět fixují interferenčním šroubem.

Na obrázku 13 vidíme třítunelovou rekonstrukci LCA, využívající hybridní štěpy s polyesterovými páskami. K fixaci femorálních konců štěpů byla použita technika endobutton, k fixaci tibiálního konce byly užity svorky (Yasuda, Kongo, Ichiyama, Tanabe, & Tohyama, 2005).



Obrázek 13. (Crawford et al., 2007, 955)

2.8.3.3. Dvoutunelové „double bundle“ rekonstrukce

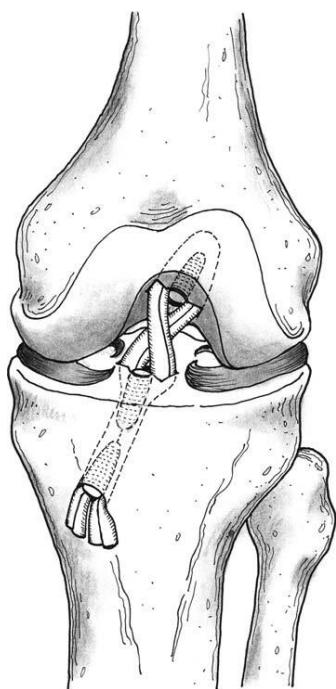
Tyto techniky bývají nazývány jako „double bundle, single tunnel“ a od SB rekonstrukcí se odlišují dvěma LCA nahrazujícími štěpy. Jednou z možností jak umístit dva štěpy do jednopárových tunelů je, že se při odběru šlach hamstringů odeberou také dva kostní bločky z anteromediální plochy tibie, které se pak následně vsijí na koncích štěpů mezi šlachy, čímž se získají dva oddělené štěpy, které je poté možno fixovat prostřednictvím interferenčních šroubů ve femuru a tibii. Nevýhodou této techniky je značná velikost tunelů (Hart & Štipčák, 2010).

Na obrázku 14 je znázorněna dvoutunelová rekonstrukce LCA, při níž byl použit jeden tibiální tunel, a místo femorálního tunelu byla ve femuru vyvrtána pouze slepá jamka, v níž byla pomocí retrográdního šroubu fixována femorální úponová část štěpu, na níž byla vytvořena smyčka. Tibiální konce štěpů byly fixovány pomocí retrográdního i antegrádního šroubu (Caborn & Chang, 2005; Morgan & Caborn, 2005).

Na obrázku 15 je zobrazena tzv. „over the top“ anatomická dvoutunelová rekonstrukce LCA, při níž jsou štěpy upevňovány přes kostní můstek, který bývá vytvořen při vrtání tunelů, prostřednictvím transoseálního šicího uzlu (Marcacci, Molgora, Zaffagnini, & et al., 2003; Marcacci, Zaffagnini, Marchesini, Delcogliano, & Bruni, 2005).

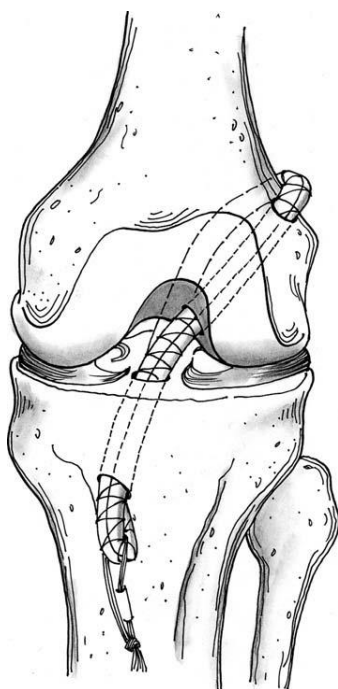
Na obrázku 16 vidíme dvoutunelovou rekonstrukci LCA, u níž byly použity hybridní štěpy s polyesterovými páskami. Fixace femorálního konce štěpu byla zajištěna technikou

endobutton, fixace tibiálního konce zajišťují svorky (Yasuda, Kongo, Ichiyama, Tanabe, & Tohyama, 2005).



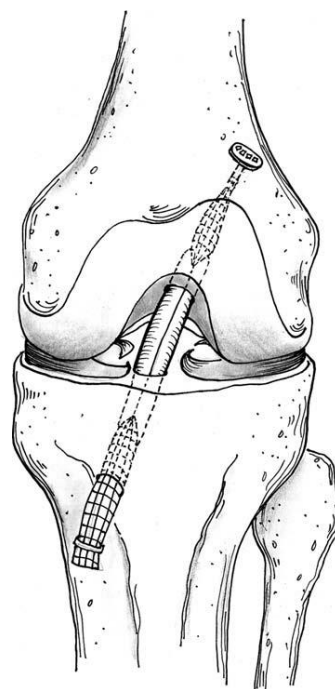
Obrázek 14.

(Crawford et al., 2007, 952)



Obrázek 15.

(Crawford et al., 2007, 953)



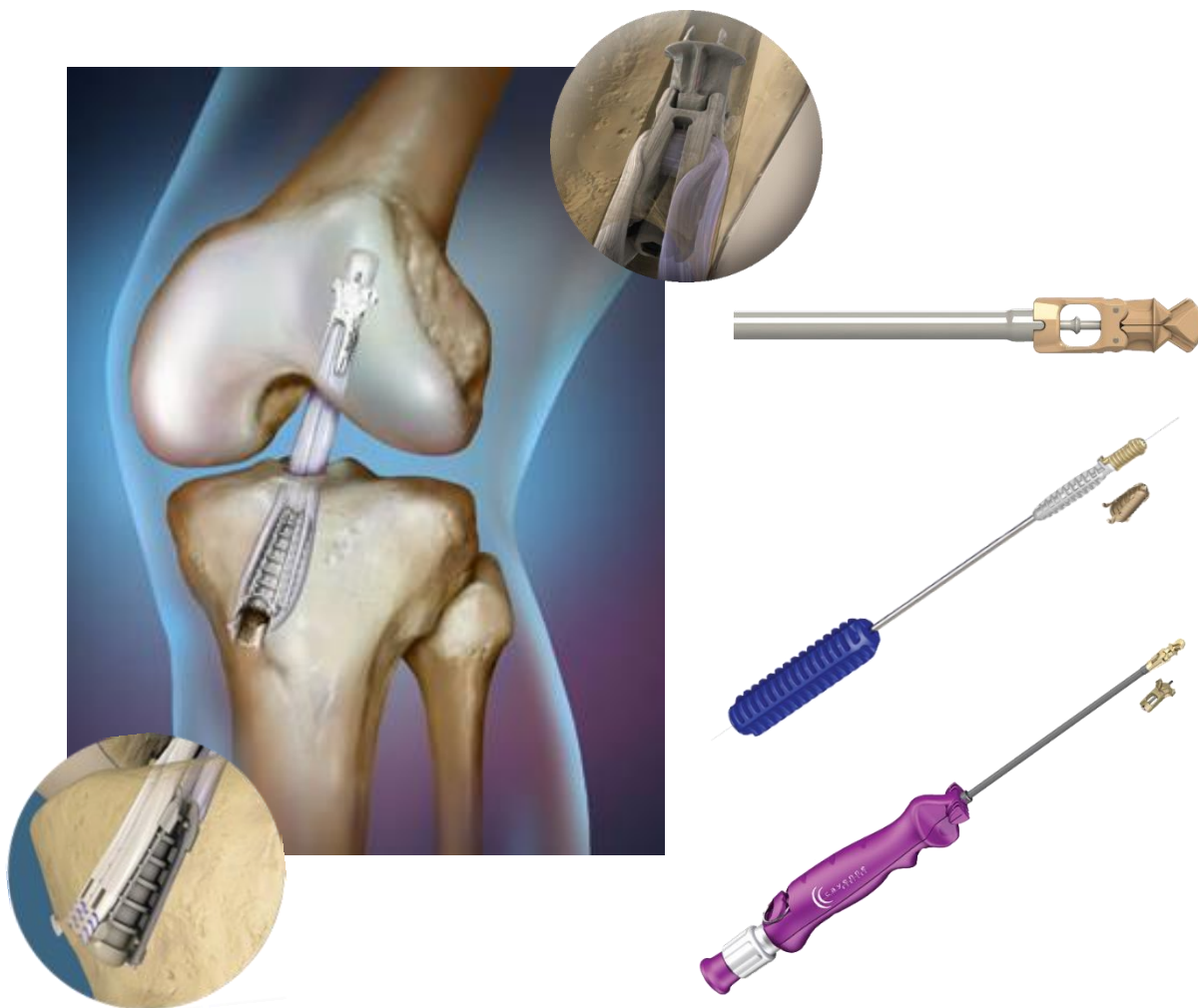
Obrázek 16.

(Crawford et al., 2007, 955)

V posledních letech operatérům s touto technikou pomáhají systémy AperFix® a AperFix® II. Mezi výhody AperFix® Femoral Implant systému, jehož prostřednictvím jsou upevněny femorální konce štěpů, patří komprese po celém obvodu štěpů, kompletní oddělení AM a PL svazku, vysoká únosnost (až 1253 N), jednoduché a rychlé umístění a díky aperturní fixaci je zajištěna vysoká tuhost štěpu. Výhodami AperFix® II Tibial Sheath & Screw systému, jenž zajišťuje upevnění tibiálních konců štěpů, je využití vstřebatelného radiolucentního, tj. průsvitného pro rentgenové záření, PEEK polymeru pro tibiální implantát, oddělení štěpů pomocí ochranného pouzdra, komprese štěpů po celém jejich obvodu a kontrované umístění AM a PL svazek nahrazujícího štěpu. Na obrázku 17 je znázorněna fixace femorálních i tibiálních konců štěpů a zařízení, které se k tomu užívají (Cayenne Medical, 2015).

Schachter a Montgomery (2009) podrobně popsali využití tohoto systému a zjistili, že tato technika přesněji obnovuje translační kinematiku KOK než konvenční SB rekonstrukce.

Görmeli et al. (2015) zhodnotili, že AperFix systém poskytuje uspokojivé klinické i radiologické výsledky a že je při jeho použití nízké riziko komplikací.

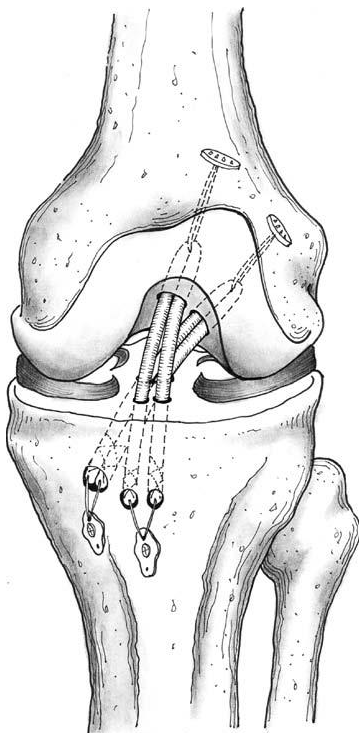


Obrázek 17. Pomocné instrumentárium (<http://cayennemedical.com>)

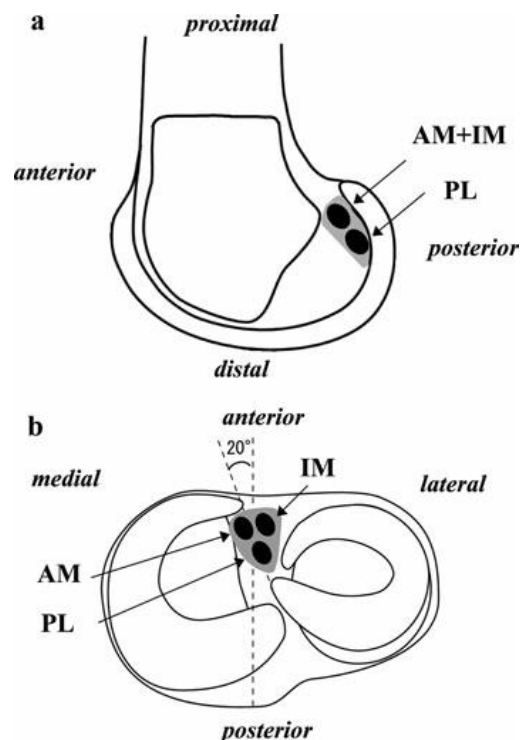
2.8.3.4 Anatomická „triple bundle“ rekonstrukce

Min et al. a Shino et al. se pokusili o třísvazkovou rekonstrukci LCA, při níž byl nahrazen nejen AM a PL svazek, ale také IM porce LCA. Použili dva femorální a tři tibiální tunely. K upevnění femorálních konců štěpů byla použita technika endobutton. Fixace tibiálních konců štěpů byla zajištěna prostřednictvím suture-mini-plate, což znázorňuje obrázek 18.

Zhang et al. (2014) v prospektivní randomizované studii srovnávali výsledky (získané po dvou letech od operace) „triple bundle“ rekonstrukcí se „single bundle“ rekonstrukcemi. Rotační stabilita byla významně lepší po „triple bundle“ rekonstrukcích a při hodnocení přetrvávající anteroposteriorní laxicity nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly. Stejně tak nebyl zjištěn žádný významný rozdíl při hodnocení IKDC skóre, OAK (Orthopädische Arbeitsgruppe Knie), obvodu stehna, síly a rozsahu pohybu. „Triple bundle“ rekonstrukce vedla podobně jako „single bundle“ rekonstrukce k uspokojivým subjektivním výsledkům a z objektivního hlediska zajišťovala dostatečnou stabilitu.



Obrázek 18. (Crawford et al., 2007, 959)



Obrázek 19. (Tanaka et al., 2012, 97)

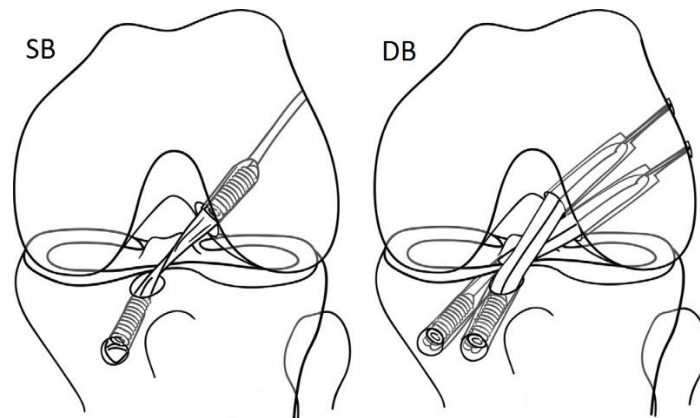
2.8.4 Komplikace

Mezi potenciální komplikace „double bundle“ rekonstrukcí patří případné složitější revizní výkony, jenž jsou ztíženy zdvojením tunelů, impingement interkondylárního prostoru způsobený zvětšením tibiální úponové oblasti a potenciální fraktura prostoru mezi sousedními tunely a jejich následné propojení. Z počátku to byl také nedostatek vhodného instrumentária, které je nezbytné pro správné umístění tunelů a nejednotnost názorů na tonizaci štěpů a pozici, při níž mají být štěpy fixovány (úhlu pro fixaci štěpů).

Mezi komplikace, které se mohou objevit po „double bundle“ rekonstrukcích se řadí zanětlivé reakce na intraartikulární sutury (šicí materiál), vytažení endobuttonu společně s PL svazek nahrazujícím štěpem a frakturou v oblasti metafýzy femuru či suprakondylické zlomeniny femuru (Crawford et al., 2007).

2.9 Srovnání výsledků techniky „double bundle“ s technikou „single bundle“

Komparací SB a DB rekonstrukcí se zabývá velké množství studií. Jejich snahou je zjistit, který z těchto operačních postupů je pro pacienty nejlepší. Názory operátorů na tuto problematiku se liší. Podle některých nejsou DB rekonstrukce LCA žádnou senzací, jiní v jejich přínos věří. Obrázek 20 znázorňuje rozdílnost daných přístupů.



Obrázek 20. SB a DB rekonstrukce LCA (Chalmers, Mall, Yanke, & Bach, 2013, 58)

Macdonald et al. (2014) se zabývali srovnáním pooperačních bolestí následujících po „single“ a „double bundle“ rekonstrukcích LCA a množstvím užívané medikace. K hodnocení bolesti byla použita 10mm vizuální analogová škála bolesti (VAS) a z medikace byly podávány perorálně opioidy, nesteroidní antirevmatika a acetaminofen (paracetamol). Konkrétně se jednalo o Percocet (325 mg acetaminofenu, 5 mg oxykodonu), Tylenol No. 3 (325 mg acetaminofenu, 30 mg kodeinu) a Naproxen (500 mg naprosyn), případně klasický Tylenol (325 mg acetaminofenu). Významný rozdíl v intenzitě bolesti byl nalezen jednu hodinu po operaci, kdy pacienti po „single bundle“ rekonstrukci udávali nižší hodnoty. Od prvního pooperačního dne již rozdíly v udávaných hodnotách nebyly statisticky významné, přesto jedinci po „double bundle“ rekonstrukcích uváděli hodnoty vyšší. Během následujících čtrnácti dní se intenzita bolesti u obou typů rekonstrukcí zmírňovala. Jedinci po „double bundle“ rekonstrukci užívali významně větší množství opioidů a acetaminofenu, navzdory podobnému skóre ve VAS v porovnání s jedinci po „single bundle“ rekonstrukcích. Pacienti po „double bundle“ rekonstrukcích a celkové anestézii užívali významně vyšší dávky opioidů než pacienti po „double bundle“ rekonstrukcích a spinální anestézii.

Kawaguchi et al. vyhodnocovali a srovnávali incidenci a míru rozšíření femorálního tunelu po rekonstrukcích LCA „double bundle“ a „single bundle“ metodou s využitím hamstringových štěpů. Měření, které proběhlo dva roky po operaci, ukázalo, že jak incidence, tak i míra rozšíření femorálního tunelu je po „double bundle“ rekonstrukcích významně nižší.

Při 3D kinematické *in vivo* analýze bylo potvrzeno, že anatomické „single bundle“ i „double bundle“ rekonstrukce LCA jsou schopny obnovit rotační výchylky tibie, a to při srovnání s kontralaterálním KOK i s kontrolními kolenními klouby, u nichž nedošlo k poranění LCA. U pacientů s chronickým deficitem LCA dochází během pivotálních pohybů ke zvýšení tibiálních rotací v obou kolenních kloubech. Výsledky této studie, při níž byly

kolenní klouby podrobeny skutečnému zatížení objevujícím se při běžných činnostech, nepotvrdily domnělé výhody „double bundle“ rekonstrukcí (Claes, Neven, Callewaert, Desloovere, & Bellemans, 2011).

V roce 2008 Meredick et al. publikovali meta-analýzu, která srovnávala „single bundle“ (SB) a „double bundle“ (DB) rekonstrukce LCA. Došli k závěru, že neexistuje žádný důkaz o tom, že je metoda DB lepší než její SB protějšek, přičemž byla srovnávána anatomická DB rekonstrukce s neanatomickou transtibiální SB rekonstrukcí (Christel & Boueri, 2011; Suomalainen, Kannus, & Järvelä, 2013). Od té doby bylo publikováno několik vysoce kvalitních prospektivních randomizovaných studií, které došly k odlišným závěrům (příloha 2). Nadále však byly publikovány studie, které mezi SB a DB metodami rozdíl nenašly (Gobbi, Mahajan, Karnatzikos, & Nakamura, 2012; Sastre et al., 2010; Streich, Friedrich, Gotterbarm, & Schmitt, 2008).

V roce 2014 bylo v rámci prospektivní randomizované studie publikováno zjištění, že se u čtyřtunelových DB rekonstrukcí neprokázaly žádné výhody oproti SB rekonstrukcím při zhodnocení klinických výsledků a stability KOK. Naopak bylo poukázáno na významně vyšší míru peroperačního poškození chrupavky u DB rekonstrukcí (Xu, Ao, Wang, & Cui, 2014).

Výsledky prospektivní longitudinální studie publikované v roce 2015 byly příznivé. Čtyřtunelové DB rekonstrukce nebyly srovnávány se SB rekonstrukcemi, hodnotil se pouze stav preoperační a postoperační (průměrně po 36 měsících). Studie ukázala, že DB rekonstrukce LCA obnovují LCA anatomicky z hlediska jeho velikosti a úhlu orientace (Devgan et al., 2015).

Systematický přehled Cochranovy databáze, který vypracovali Tiamklang, Sumanont, Foocharoen a Laopaiboon (2012) došel k závěru, že neexistuje dostatek důkazů pro stanovení nadřazenosti výsledků (funkční škály, škodlivé účinky, komplikace, deficit rozsahu pohybu) po DB rekonstrukcích oproti SB rekonstrukcím při rekonstrukci LCA u dospělých. Omezené důkazy však nasvědčují tomu, že DB rekonstrukce LCA mohou mít lepší výsledky při objektivních měřeních stability KOK (IKDC skóre, měření pomocí KT-1000 artrometru, manuální testy na stabilitu KOK, zejména pivot-shift test), při ochraně proti opětovnému zranění (poranění menisku, opětovná ruptura LCA) a ve schopnosti navrácení se k předúrazové úrovni aktivity.

Zhu et al. (2013) v meta-analýze porovnávali krátkodobé a dlouhodobé klinické výsledky DB rekonstrukcí s výsledky SB rekonstrukcí LCA a došli k závěru, že DB rekonstrukce LCA přinášejí lepší klinické výsledky ve srovnání se SB rekonstrukcemi.

V témže roce byla publikována další meta-analýza (Li, Xu, Song, Jiang, & Yu, 2013), která vzhledem k příznivějším výsledkům DB rekonstrukcí při selhání štěpů, stabilitě a funkčnosti KOK, dospěla k závěru, že by měly být artroskopické DB rekonstrukce LCA zváženy jako primární léčba ruptury LCA.

Autoři systematického přehledu randomizovaných kontrolních studií se vyjádřili k heterogenitě, která se objevovala u některých hodnocených výsledků, především u pivot-shift testu. Žádné důkazy prokazující zaujatost k publikování určitých výsledků nebyly nalezeny. DB rekonstrukce LCA mohou být oproti SB rekonstrukcím lepší při zajištění rotační stability, ale z hlediska funkčnosti, translačního posunu a komplikací ne. Bylo také potvrzeno malé, ale statisticky významné zlepšení anteriorní laxicity u DB rekonstrukcí (Kongtharvonskul et al., 2013).

Meta-analýza z roku 2014 (Desai et al., 2014) taktéž vyhodnotila, že DB rekonstrukce LCA jsou nadřazené SB rekonstrukcím, a to z hlediska obnovení kinematiky KOK, především anteroposteriorní laxicity. Zda-li toto zlepšení laxicity povede k dlouhodobému zlepšení klinicky významných výsledků je stále nejisté.

Meta-analýza Li et al. (2014) prokázala opět převahu DB rekonstrukcí nad SB rekonstrukcemi LCA. DB rekonstrukce mají lepší výsledky při obnovení rotační stability (pivot-shift test, IKDC skóre, měření KT1000/2000 artrometrem). Nicméně z hlediska funkčního zotavení nebyl mezi SB a DB rekonstrukčními technikami významný rozdíl. Tato meta-analýza však měla značné nedostatky, na které poukázali Gong, Pan a Zhang, Y. N. (2013) a Dong, Chen, Fan a Zhang, S. (2013).

Nejnovější komprehenzivní systematický přehled poukázal na nižší výskyt opakovaných ruptur a menší anteroposteriorní a rotační laxicitu po DB rekonstrukcích. Na základě současných důkazů nebyly zjištěny žádné rozdíly v krátkodobých pacienty hlášených výsledcích ani v objektivních nálezech, jako je svalová síla a rozsah pohybu. K potvrzení jakéhokoliv statisticky významného rozdílu mezi SB a DB rekonstrukcemi je potřeba provést detailní statistickou analýzu zahrnutých studií rozdělených do homogenních skupin, tak aby se zabránilo zkreslení výsledků (Björnsson et al., 2015).

Podle některých operatérů jsou potenciální výhody DB rekonstrukcí převáženy jejich technickou náročností a prodloužením operační doby, které je, zejména u rekonstrukcí LCA s malým objemem, výrazné (Metzler & Johnson, 2014).

2.9.1 „Double bundle“ rekonstrukce v České republice

V České republice se touto problematikou také zabývalo několik operatérů.

Hart, Kučera a Safi (2010) porovnávali DB rekonstrukce s využitím štěpů ze šlach hamstringů nebo z m. quadriceps femoris, tj. čtyřtunelové a třítunelové DB rekonstrukce LCA. Při porovnání krátkodobých výsledků došli k závěru, že obě techniky poskytují obdobné výsledky, bez statisticky významného rozdílu. Hodnoceno bylo funkční skóre (IKDC skóre, Lysholmovo skóre), rotační stabilita (pivot-shift test) a předozadní stabilita (artrometrem KT-1000), při níž měly třítunelové rekonstrukce LCA v průměru o málo větší předozadní stabilitu, ale bez statistické významnosti. Předpoklad, že u třítunelových rekonstrukcí bude operační doba kratší, nebyl u těchto použitých technik prokázán. Operační časy byly rovnocenné, neboť odběr štěpů z m. quadriceps femoris a sutura odběrového místa trvá déle než získání štěpů z hamstringů. Dále se autoři vyjádřili ke vztahu DB a SB rekonstrukcí LCA. Zhodnotili, že techniky DB rekonstrukcí jsou obtížnější a vyžadují delší operační dobu v porovnání se SB technikami. Možnost nesprávného cílení kostních tunelů je u DB technik dvojnásobná, a tudíž u nich může být četnější výskyt komplikací, mezi něž patří například impingement štěpů následovaný deficitem extenze, případně rozšíření kostních tunelů. Z ekonomického hlediska je cena implantátů užívaných při DB rekonstrukcích dvojnásobně vyšší než u SB rekonstrukcí, přičemž subjektivní výsledky jsou obdobné.

Koudela, Matějka, Nepraš a Zeman, P. (2012) se zabývali možnostmi cílení femorálních kanálů a jednoznačně doporučili cílení obou kanálů anteromediální technikou, tj. přes akcesorní anteromediální port nebo přes anteromediální port, který umožňuje lepší přehlednost obou femorálních úponů LCA. U SB rekonstrukcí se akcesorní anteromediální port nepoužívá.

Zeman, P. et al. (2014) při zhodnocení krátkodobých klinických výsledků prospektivní randomizované studie zabývající se SB a DB anatomickými rekonstrukcemi LCA prokázali statisticky významně nižší výskyt anteriorní i rotační laxity operovaného KOK po DB rekonstrukcích LCA. V dalších hodnocených subjektivních i objektivních kritériích (výskyt selhání štěpu, deficit rozsahu pohybu, návrat k předúrazové sportovní zátěži, IKDC a Lysholmovo skóre) nebyl statisticky významný rozdíl.

2.9.2 Výběr operační techniky

Často řešenou otázkou pacientů s poraněním LCA je, zda jít na operaci či ne. Vrcholoví sportovci, kteří chtějí pokračovat v závodní činnosti, jsou nuceni volit operační řešení, které, jak ukazují studie, jim umožňuje návrat. Další otázkou je volba štěpů a zvolení techniky rekonstrukce. V České republice se nejčastěji vybírá mezi štěpem odebraným z ligamentum

patellae či z hamstringů, tedy mezi technikou B-T-B a ST-G, avšak do repertoáru některých operátérů se již dostává i metoda „double bundle“. Dotazníkový průzkum sledující povědomí o LCA, jeho rekonstrukci a rozdílů mezi „single bundle“ a „double bundle“ technikou zaměřený na pacienty a studenty medicíny mimo jiné ukázal, že jedinci s předchozí znalostí rozdílů mezi SB a DB technikou preferovali DB techniku (Iriuchishima, Koyama, Shirakura, & Fu, 2013). Otázkou však zůstává, zdali je DB rekonstrukce pro pacienty opravdu o tolik přínosnější. Vzhledem k subjektivnímu hodnocení, které se u pacientů po DB a SB rekonstrukcích LCA významně neliší, bude nutné pro rozklíčování této otázky počkat na výsledky dlouhodobých studií, které mohou prokázat přínos DB rekonstrukcí ve vztahu k rozvoji gonartrózy.

2.9.3 Klinický nále z u pacientů

Prospektivní randomizované studie a z nich vypracované meta-analýzy a systematické přehledy ukazují, že se subjektivní výsledky po SB i DB rekonstrukcích LCA významně neliší. Při srovnání s předoperačním stavem jsou ale významně lepší. Tabulka 3 v příloze 3 zobrazuje výsledky studií, které se zabývaly srovnáním SB s DB technikami rekonstrukcí LCA s odstupem více než dvou let po operaci. Z výsledků je patrné, že není žádný statisticky významný rozdíl v anteriorním translačním posunu tibie vůči femuru při měření KT 1000 artrometrem při zatížení 134 N v anteriorním tibiálním směru. Naopak je zřejmé, že reziduální pivotální posun je po DB rekonstrukcích nižší (průměrně 12 % proti 33 %).

2.10 Vhojení a remodelace štěpů

Po rekonstrukci LCA nezůstávají štěpy beze změny, ale prochází třemi fázemi intraartikulárního hojení, tj. dochází k jejich remodelaci, při níž se mění jejich mechanické i biologické vlastnosti. Současně se štěpy vhojují do kostěných tunelů. První fáze, která je označovaná jako fáze časného hojení, trvá do konce čtvrtého pooperačního týdne. Probíhá v ní nekróza štěpů, kterou doprovází aseptická zánětlivá reakce a následuje exprese růstového faktoru. Dochází k proliferaci, tvorbě extracelulární hmoty, postupné revaskularizaci štěpů a ke změnám jejich kolagenní struktury, proto je důležité jejich optimální zatížení. Druhá fáze, trvající přibližně do dvanáctého pooperačního týdne, je nazývá fází proliferace. Jelikož v ní vrcholí buněčná aktivita a dochází v ní ke změnám v extracelulární matrix, jsou v ní mechanické vlastnosti štěpů nejméně příznivé. Dochází k výrazné revaskularizaci štěpů, k rozpadu a novotvorbě kolagenu. Třetí fáze, neboli, fáze ligamentizace, může trvat řádově i roky. Pokračuje v ní proliferace a přestavba štěpů. Riziko poškození štěpů je nejvyšší mezi

šestým až osmým týdnem. Vhojení hamstringových štěpů do kostních tunelů probíhá prostřednictvím vazivové přechodné vrstvy mezi šlachou a kostí (Smékal, Hanzlíková, Žiak, & Opavský, 2014).

2.11 Rehabilitace

Rehabilitace (RHB) je důležitou součástí léčby. Nejlepších výsledků je dosaženo při dobře provedené operaci, a to jakéhokoliv typu, která je kombinovaná s kvalitní rehabilitací, jež je přizpůsobena individuálním možnostem jedince. Pokud je jedna z těchto částí vynechána, výsledky už nejsou takové, jaké by mohly být. Správně zvolený rehabilitační program umožňuje pacientům rychlejší rekonvalescenci a zabraňuje případnému poškození štěpů. Průběh rehabilitace se liší v závislosti na zvolené technice rekonstrukce LCA, výběru štěpů a způsobů jejich fixace. Rehabilitace je také ovlivněna stavem kolenního kloubu a poraněním okolních měkkých tkání, jelikož izolované poranění LCA bývá často doplněno i o poranění okolních struktur, mezi něž patří mediální meniskus (MM) a vnitřní postranní vaz (LCM). Tato kombinace se označuje jako „unhappy trias“. Pokud je doplněna i o poranění laterálního menisku (ML) a zadního zkříženého vaz (LCP), nazývá se „unhappy pentas.“ Ta je méně častá a vzniká při působení většího násilí na oblast KOK (Faltus, 2010; Müller, 1983; Paša, 2010; Smékal, Kalina, & Urban, 2006).

Rehabilitace po rekonstrukci LCA je zaměřena na obnovení rozsahu pohybu a původní svalové síly, zlepšení koordinace pohybů a stability kolenního kloubu. Cílem je obnovení funkce a spolehlivosti kolenního kloubu, což je podmínkou k navrácení jedince k předúrazovým aktivitám (Paša, 2010).

Pro „single bundle“ rekonstrukce LCA byly vypracovány tzv. rehabilitační protokoly (Adams, Logerstedt, Hunter-Giordano, Axe, & Snyder-Mackler, 2012; Fowler Kenedy Sport Medicine Clinic, 2009; Gobbi, Mahajan, Karnatzikos, & Nakamura, 2012; Smékal, Kalina, & Urban, 2006), v nichž je popsáno, jak v rehabilitaci po rekonstrukci LCA postupovat. Tyto RHB programy jsou navrženy tak, aby umožnily v co nejkratším čase obnovit „původní“ funkčnost KOK, aniž by došlo k poškození štěpů a k jejich následnému selhání.

Pro rehabilitaci po „double bundle“ rekonstrukcích LCA zatím žádný ucelený rehabilitační koncept nevznikl, proto se postupuje podobně jako při RHB po SB rekonstrukcích, tj. podle standartních RHB protokolů. Některá doporučení a požadavky jednotlivých operatérů, jenž se týkají RHB následující po DB rekonstrukcích LCA, jsou uvedeny v příloze 4.

Prvotní obavy z toho, že po DB rekonstrukcích bude obtížnější znovuoobnovení rozsahů pohybů, nebyly potvrzeny. Naopak se ukázalo, že návrat plného rozsahu do flexe i extenze v KOK byl u DB rekonstrukcí dřívější a lepší. Biomechanické studie ukázaly, že při anatomickém umístění štěpu na něj působí větší síly, a proto by měly být funkční činnosti, kladoucí na štěp větší zatížení, zahájeny a zdokonalovány pozvolněji. Jedná se například o skákání, zastavování, změny směru a rychlosti, pivotální pohyby a následný návrat ke sportu. Z výše uvedeného vyplývá, že je po anatomických DB rekonstrukcích LCA návrat k funkčním aktivitám pomalejší (Hensler, Van Eck, Fu, & Irrgang, 2012).

K rehabilitaci po anatomických DB rekonstrukcích se podrobněji vyjádřili Hensler, Van Eck, Fu a Irrgang (2012) a navrhli níže uvedený rehabilitační plán, který byl pro větší přehlednost prezentované práce rozdělen do čtyř období. Jedná se o dělení na fázi časnou pooperační, pooperační, pozdní pooperační a rekonvalescenční. Podobné dělení použili Smékal, Kalina a Urban (2006) či Prodromos et al. (2008).

2.11.1 Fáze I. Časná pooperační

Bezprostředně po operaci se RHB zaměřuje na minimalizaci bolesti a otoku, na obnovení plné pasivní extenze symetricky k nepostížené dolní končetině, na dosažení 90-100° flexe v KOK a na obnovení schopnosti zvednout celou dolní končetinu s extendovaným KOK nad podložku bez zpoždění reakce m. quadriceps femoris. Operovaná dolní končetina (DK) se začíná postupně plně zatěžovat, tak aby byla umožněna chůze bez pomůcek a bez deviací.

První pooperační den se provádí cévní gymnastika, aktivace m. quadriceps femoris, elevace extendované dolní končetiny, protažení mm. gastrocnemii a hamstringů a posouvání paty po podložce. Ke snížení otoku a bolesti se využívá chlazení KOK. K chůzi jsou využity podpažní berle a operovaná DK se zatěžuje do bolesti, přičemž je fixována v plné extenzi v ortéze. Na konci prvního pooperačního týdne se berle odkládají.

Melnyk et al. (2006) vyvrátili předpoklad, že by chlazení KOK vedlo ke zhoršení stability a k vyššímu riziku poranění KOK a LCA. Potvrdili, že ledování KOK nemá vliv na rychlost vedení nervového vzruchu ani na funkci smyslových orgánů, že nedochází ke zpomalení vedení informace z hamstringů do míchy a že rozsah i rychlost pohybu tibie jsou beze změny. Naopak byl prokázán příznivý vliv kryoterapie na bolest a výpotek po operaci KOK. Ta může být dále použita i na začátku rehabilitace či po sportovním úrazu. Chlazení je také prevencí bolesti a výpotku, který je vyvolán po pohybové aktivitě a snižuje otok (Melnyk, Faist, Claes, & Friemert, 2006).

2.11.2 Fáze II. Pooperační

Během prvních čtyř až šesti týdnů po operaci se nároky RHB péče zvyšují. K obnovení rozsahu pohybů se využívají aktivní a aktivně asistované pohyby v KOK do bolesti. K udržení či zvýšení pohyblivosti patelly se využívá její mobilizace, především ve směru kraniokaudálním. Důraz je kladen na schopnost provést úplnou a nepřerušovanou izometrickou kontrakci m. quadriceps femoris, což souvisí s kraniálním posunem patelly a na elevaci DK s plnou extenzí na konci pohybu. Ke zlepšení síly m. quadriceps femoris se využívá elektrogymnastika s intenzitou nadprahově motorickou, která je dostatečná pro úplnou a nepřerušovanou kontrakci m. quadriceps femoris. Několik randomizovaných klinických studií prokázalo přínos elektrické stimulace po rekonstrukci LCA při zlepšení síly m. quadriceps femoris, chůze a subjektivních pacienty hlášených výsledků. Po zlepšení rozsahu pohybu se postupuje k aktivaci m. quadriceps femoris při 60-90° flexi, k zařazení extenze KOK v rámci otevřených kinetických řetězců, tedy bez zatížení a dále k zařazení cvičení v uzavřených kinetických řetězcích s nízkou zátěží na operovanou DK, ale s rozložením váhy rovnoměrně mezi obě dolní končetiny (mini dřepy, tlačení DK do zdi). Zařazení balančních cvičení (začínajících přenášením váhy při stoji) vede ke zlepšení schopnosti tolerovat plné zatížení a ke zlepšení rovnováhy a posturální kontroly. Následuje nácvik chůze, který zajišťuje, že jedinec během oporové fáze nemá KOK ve flexi a správně odvíjí plosku nohy, odráží se z palce a dopadá na patu. Začíná se s progresivními odporovými cvičeními hamstringů a svalů kyčelního kloubu. Z důvodu hojení odběrového místa pro štěpy jsou odporová cvičení hamstringů zahájena ve čtvrtém až šestém pooperačním týdnu. Ke zlepšení rozsahu pohybu, síly a chůze může být využita i hydrokinezioterapie. Při obnovení extenze a flexe KOK může být využito dynamického či statického stretchingu a mobilizací. Pokud je flexe i extenze omezená, autoři tohoto konceptu doporučují nejprve obnovit extenzi. Pokud protahování přispívá ke zvýšení bolesti a zánětu, mělo by být dočasně omezeno či přerušeno, dokud nedojde ke snížení podrážděnosti kloubu. V případě, že má pacient problém se zapojením (nábořem) m. quadriceps femoris, může být zvážen biofeedback. Pokud m. quadriceps femoris zaostává, lze k jeho reedukaci a posílení využít aktivně asistované pohyby a v otevřených kinetických řetězcích nácvik extenze v KOK, v rozmezí od 20° flexe po plnou extenzi.

Pokud nemá pacient žádné bolesti ani otok KOK, má plnou pasivní extenzi v KOK, 90-100° rozsah flexe, je schopen elevovat DK v extenzi bez zpoždění m. quadriceps femoris a zvládne chůzi bez kompenzačních pomůcek a odchylek, může být použito kompenzačních

pomůcek přerušeno a intenzita RHB programu zvýšena. V tomto období se také odkládá ortéza, je to obvykle třetí až čtvrtý pooperační týden. Od tohoto okamžiku je snahou obnovit plné rozsahy pohybů, a to prostřednictvím různých metod, které vedou ke zvýšení rozsahu pohybu, a stretchingem. Usiluje se o plnou pasivní extenzi v KOK operované DK, která je souměrná s neoperovanou DK a o flexi, která může být oproti neoperované DK omezena o 5°. Odpor bezzátěžových a zátěžových cvičení m. quadriceps femoris, hamstringů, svalů kyčelního kloubu a trupu se kolem čtvrtého týdne po operaci zvyšuje dle pacientovy tolerance. Bezzátěžová i zátěžová cvičení m. quadriceps femoris vytváří ve štěpech podobné napětí, nicméně při zvyšování odporu u bezzátěžových cvičení dochází ke zvýšení napětí štěpů v porovnání se zátěžovými cvičeními. Jestli toto napětí štěpů zlepšuje hojení nebo jej ovlivňuje negativně, není známo. Existují důkazy, že cvičení v uzavřených kinetických řetězcích přináší méně patelofemorálních bolestí, nižší laxicitu a lepší pacienty hlášené výsledky než cvičení v otevřených kinetických řetězcích. Na druhou stranu, u pacientů s deficitem LCA dochází prostřednictvím cvičení m. quadriceps femoris v otevřených kinetických řetězcích ke zvýšení jeho síly, aniž by byla ovlivněna stabilita KOK. Dostupné důkazy ukazují, že obě formy cvičení jsou prospěšné, pokud jsou dodržena preventivní opatření chránící hojení štěpu a vyhýbající se nadměrnému zatížení patelofemorálního kloubu. Proto autoři tohoto protokolu při cvičení m. quadriceps femoris v otevřených kinetických řetězcích omezili rozsah pohybu KOK do flexe na 60° s předpokladem snížení napětí v hojících se štěpech. Kromě posílení m. quadriceps femoris a hamstringů je kladen důraz na posílení svalů kyčelního kloubu a trupu, zejména adduktorů a zevních rotátorů, což by mělo redukovat zhroucení KOK do valgózního postavení, jenž je spojeno s bezkontaktním mechanismem poranění LCA.

2.11.3 Fáze III. Pozdní pooperační (Advanced posilování)

Během prvních tří měsíců po operaci může být zahájen aerobní trénink zahrnující jízdu na stacionárním ergometru či chůzi na běžeckém pásu. Ke zlepšení neuromuskulární kontroly může být využito balančního cvičení s vychylováním těžiště. Od třetího až čtvrtého měsíce po operaci se přidává i běh v pomalém tempu na pět až deset minut, zpočátku každý druhý den. Předpokladem je 75-80% síla m. quadriceps femoris operované DK v porovnání s neoperovanou DK. Délka a rychlost běhu se postupně zvyšuje, tak aby nedošlo k rozvoji bolesti, otoku a krokové asymetrii. Dále se cvičí hbitost, mrštnost, zařazují se různé krokové variace (žebříky), běh pozpátku, skákání a přistávání na obou dolních končetinách. Během těchto cvičení nebývá používána ortéza.

Se vzrůstajícím časem od operace a se zlepšováním stavu pacienta je přidávání funkčních aktivit variabilnější a správná doba pro danou aktivitu je těžko předvídatelná. Jednotliví operatéri se při zařazování aktivit, jako je například běh, skákání a přistávání, pivotální pohyby, prudké zastavování a navrácení ke sportovním aktivitám, liší (viz příloha 4). Vzhledem k rozdílům mezi pacienty je další postup (funkční trénink, navrácení ke sportovní aktivitě) přizpůsoben individuálním schopnostem pacientů vykonávat dané činnosti, a to bez bolesti, otoku, pocitu nestability KOK a se správným provedením.

Během funkčního tréninku a při navracení se ke sportovním aktivitám je kladen důraz na posilování v průběhu celého rozsahu pobytu, na zlepšení neuromuskulární kontroly a na zajištění postupného zlepšování daných funkcí, které vrcholí návratem ke sportu. Pokud pacient zvládne běh (2,4-3,2 km) bez rozvoje bolestí či otoku, mohou být zařazena náročnější cvičení na mrštnost a hbitost a přistupuje se k plyometrickému tréninku, který zahrnuje například běh „cik cak“, tedy ze strany na stranu, přeskoky, výskoky a seskoky. Obvykle se tak děje kolem šestého pooperačního měsíce. Dále jsou trénovány změny směru pod různými úhly, zpočátku při 50% intenzitě, která se zvyšuje na 75 % a poté na 100 % podle pacientovy tolerance. Poté se přistupuje k nácviku skákání a přistávání, kdy se zpočátku zaměřuje pozornost na přistávání, kdy musí dojít k adekvátnímu snížení síly přes dolní končetiny. Trénuje se skok na dvou končetinách, na jedné, seskoky a výskoky na bedýnku, které jsou po zvládnutí pacientem dále ztěžovány, například zvýšením výšky nebo vzdálenosti skoku, zvýšením doby trvání cvičení, přidávají se změny směru a kombinace většího množství úkolů.

2.11.4 Fáze IV. Rekonvalescenční (návrat ke sportovní aktivitě)

Jakmile pacient toleruje výše uvedené při plné zátěži, může se navrátit ke sportovní činnosti, přičemž je doporučeno užití ortézy po dobu alespoň šesti měsíců. Časové období návratu ke sportu po DB rekonstrukcích je variabilní, ale nachází se v rozmezí od devátého do dvanáctého pooperačního měsíce. Záleží na doprovodných operačních zákrocích (poranění menisků, zlomeniny), individuální toleranci pacienta na dané aktivity a zátěž, operatérovy preferencích a fyzických nárocích daného sportu. Pacient by se měl ke sportovnímu výkonu vracet postupně, začít od jednotlivých složek a po jejich bezpečném zvládnutí přidávat na rychlosti, složitosti a komplexnosti. U kolektivním sportů se pacient pomalu navrácí mezi spoluhráče. Z částečného návratu k tréninku se přechází k plnému tréninkovému zatížení a následně k závodu či zápasu.

3 KAZUISTIKA

Původním záměrem této práce bylo podání dvou kazuistik. První měla být věnována pacientovi po rekonstrukci LCA „double bundle“ technikou, druhá pacientovi po rekonstrukci LCA „single bundle“ technikou. V průběhu zpracovávání práce však bylo zjištěno, že většina operatérů, kteří se DB rekonstrukcemi zabývali, je již neprovádí. Důvodem byly problémy se selháváním štěpů, především tedy s PL svazek nahrazujícím štěpem. Ten sice zpočátku zajišťoval rotační stabilitu, ale po jeho selhání byl výsledný efekt DB rekonstrukcí srovnatelný se SB rekonstrukcemi. S vědomím vysoké pravděpodobnosti selhání štěpů již nebylo usilováno o provedení rekonstrukce LCA „double bundle“ technikou a upustilo se od prvotního plánu vyšetření pacienta po DB rekonstrukci LCA.

Jelikož je tato práce zaměřena především na operační léčbu, byl pro její vznik nejprínosnější pobyt na operačním sále, kde byla prováděna rekonstrukce SB technikou s využitím štěpu z ligamentum patellae (B-T-B). V níže uvedené kazuistice byl pacient vyšetřen těsně před operací a první den po operaci. K tomu byla pořízena fotodokumentace celého průběhu operace a získán operační protokol (viz příloha 6). Poněvadž se štěp z ligamentum patellae u DB rekonstrukcí zpravidla nepoužívá, bylo vybráno jen několik fotografií dokreslujících „atmosféru“ na sále, které však nejsou pro problematiku řešenou v této práci klíčové. Jsou uvedeny v příloze 7. Krátkodobý a dlouhodobý rehabilitační plán byl navrhnout pouze pro pooperační stav, jelikož předoperační stav již nebyl aktuální. Při výběru vhodného postupu byly zohledněny doporučované a evidence-based postupy (Van Grinsven, Van Cinger, Holla, & Van Loon, 2010).

Základní údaje:

Jméno: J.

Příjmení: V.

Věk: 16 let

Pohlaví: muž

Diagnóza: S835 - Podvrtnutí a natažení (předního) (zadního) zkříženého vazů kolena

W0190 - Pád na rovině následkem uklouznutí, zakopnutí nebo klopýtnutí;

Neurčené místo; Během sportovní činnosti

Anamnéza:

Osobní anamnéza: podezření na hypertenzi (sledován), 5/2014 artroskopie levého KOK - diagnostikována Segond fraktura, elongace LCA (tj. avulzní zlomenina laterálního plateau tibie v místě připojení laterálního kapsulárního

ligamenta, často s rupturou LCA či menisku - vzniká při vnitřní rotaci kolena)

Rodinná anamnéza: nevýznamná

Sportovní anamnéza: závodně fotbal (Moravskoslezská fotbalová liga)

Sociální anamnéza: nízkopodlažní rodinný dům (žádné schody)

Pracovní anamnéza: student

Alergologická anamnéza: neguje

Toxikologická anamnéza (abúzus): nekouří, nekonzumuje alkohol

Nynější onemocnění: Dne 2. 3. 2015 distorze levého KOK během fotbalového zápasu.

KOK bez výpotku, diagnostikována ruptura LCA, rekonstrukce B-T-B technikou naplánována na 17. 3. 2015. Do té doby posilování m. quadriceps femoris.

Předoperační vyšetření:

Kineziologický rozbor:

Aspekce:

Ze zadu: pánev lehce vybočena k pravé straně, lehce rotována vlevo, tajle symetrické, v oblasti bederní páteře vyšší napětí paravertebrálního svalstva, mediální hrany lopatek odstávají, dolní úhel pravé lopatky níže, levý ramenní kloub výše, infraglutéální a popliteální rýhy ve stejné výši, valgózní postavení KOK, lýtka symetrická, oboustranně zvýšené napětí Achillovy šlachy, vbočené (valgózní) paty

Z boku: pánev v anteverzním postavení, zvýšená bederní lordóza i hrudní kyfóza, břišní stěna pevná, lopatky vystouplé, ramenní klouby v protrakci (zkrácené mm. pectorales), chabé držení hlavy, KOK v plné extenzi, klenby nožní nesníženy

Zepředu: levá klíční kost stoupá strměji, levý ramenní kloub a levá prsní bradavka výše, pupek ve střední čáře, břišní svaly pevné, trup lehce ukloněn doleva, KOK ve valgózním postavení, patelly symetrické, symetrie stehenních i lýtkových svalů

Palpace:

cristae iliacae symetrické, levá přední horní spina (SIAS) níže, levá zadní horní spina (SIPS) výše, při předklonu pravá SIPS výše - fenomén předbíhání, do 20 s vyrovnání (předpoklad sakroiliakálního posunu), trochanter major, tuber ischiadicum a mediální štěrbiny KOK (LDK, PDK) nebolestivé, reflexní změny

v okolí KOK nepřítomny, patelly volně pohyblivé (mediolaterálně i kraniokaudálně), hlavička fibuly (LDK, PDK) pohyblivá

Antropometrické vyšetření:

Obvody:

Antropometrické vyšetření dolních končetin:	Levá dolní končetina (cm)	Pravá dolní končetina (cm)
Obvod stehna (10 cm nad patellou)	43	44
Obvod stehna (nad kolenem)	39	39
Obvod přes kolenní kloub	37,5	38
Obvod přes tuberositas tibiae	35	36
Obvod lýtky	38	38
Obvod nad kotníky	21	21
Obvod přes kotníky	25,5	25
Obvod přes hlavičky metatarsů	25,5	26
Obvod přes patu a nárt	39	39

Délky:

Antropometrické vyšetření dolních končetin:		Levá dolní končetina (cm)	Pravá dolní končetina (cm)
Délka DK:	anatomická	87	87
	funkční	95	95
	umbilikomaleolární	100	100
Délka stehna		46	46
Délka bérce	laterální štěrbina KOK	46	46
	hlavička fibuly	42	42
Délka nohy		26	26

Vyšetření svalové síly:

Svalová síla byla vyšetřována podle Funkčního svalového testu profesora Vladimíra Jandy.

Kloub		Levá dolní končetina	Pravá dolní končetina
Kolenní kloub			
	FL s VR	5	5
	FL se ZR	5	5
	EX	4	5
Kyčelní kloub			
	FL	4 ⁺	5
	EX	4	5
	ABD	5	5
	ADD	5	5
	VR	4	5
	ZR	5	5
Hlezenní kloub			
	PF s EX KOK	5	5
	PF s FL KOK	5	5

Goniometrické vyšetření:

Rozsahy pohybů byly vyšetřeny dle Goniometrie Dagmar Pavlů, profesora Vladimíra Jandy a zapsány metodou SFTR. Nejdříve byl vyšetřen pohyb aktivní, poté pasivní. Použit byl dvouramenný goniometr.

Kloub	Levá dolní končetina	Pravá dolní končetina
Kolenní kloub	Sa: 10-0-100	Sa: 5-0-125
	Sp: 10-0-120	Sp: 5-0-140
Hlezenní kloub	Sa: 15-0-30	Sa: 15-0-35
	Sp: 20-0-35	Sp: 20-0-40
Kyčelní kloub (vyšetřen orientačně)	pasivní rozsahy pohybů do flexe, extenze, abdukce (ABD), addukce (ADD), zevní i vnitřní rotace symetrické, fyziologické, aktivní rozsahy pohybů menší na levé dolní končetině	

Vyšetření zkrácených svalů:

- m. piriformis - oboustranné malé zkrácení
- m. iliopsoas - malé zkrácení na pravé dolní končetině
- adduktory KYK - malé zkrácení na pravé dolní končetině
- m. rectus femoris - malé zkrácení na levé dolní končetině
- m. tensor fasciae latae - bez zkrácení
- hamstringy - malé zkrácení na levé dolní končetině

Vyšetření čítí:

Povrchové:

- Taktilní čítí - bez patologie
- Rozlišení ostrých a tupých předmětů - LDK i PDK 10/10
- Vyšetření termického čítí - LDK i PDK 10/10
- Grafestézie - LDK 9/10, PDK 10/10
- Dvoubodová diskriminace - v oblasti KOK symetrická (0,5-1 cm)

Hluboké:

- Stetestézie - 8/10
- Kinestézie - 8/10

Vyšetření stoje:

- Romberg I: bez titubací
- Romberg II: bez titubací
- Romberg III: mírné titubace - „hra šlach“
- Tandemový stoj: „hra šlach“ výraznější pokud byla postižená dolní končetina vzadu
- Stoj na špičkách: mírné titubace - „hra šlach“
- Stoj na patách: zvládne - vyrovnává předklonem trupu
- Stoj na jedné DK: na postižené dolní končetině výraznější „hra šlach“
- Stoj na jedné DK + zavřené oči: na obou dolních končetinách výrazná „hra šlach“
- Stoj na měkké podložce: mírné titubace
- Trendelenburgova zkouška: bez poklesu - m. gluteus medius a m. gluteus minimus
v normě

Vyšetření chůze:

- Chůze I. (s otevřenýma očima): bez kompenzačních pomůcek, bez titubací, souhyb horních končetin, ve stejné fázi se stáčí levý KOK do vnitřní rotace, špičky směřují zevně, došlap na celé

chodidlo, plosky se neodvíjí (proximální/kyčelní typ chůze)

Chůze II. (se zavřenýma očima): mírná nejistota

Chůze na špičkách: zvládne, neudává potíže

Chůze na patách: zvládne, kompenzační předklon trupu

Chůze o zúžené bázi: zvládne bez potíží

Manuální testy:

Přední zásuvkový test - pozitivní

Lachmanův test - pozitivní

Pivot shift test - pozitivní

Jerk test - pozitivní

Ballotement patelly - negativní

Škály a dotazníky:

Vizuální analogová škála (VAS): pacient zaznačil svoji aktuální klidovou bolest na 10 cm úseče v bodě 0



Tegner aktivity scale: před úrazem - úroveň 9.

po úraze - úroveň 4. (viz příloha 5)

Lysholmovo skóre: po úraze - 85 bodů (viz příloha 5)

Pooperační vyšetření (1. den po operaci):

Kineziologický rozbor: kompletní kineziologický rozbor nebyl proveden z důvodu časného pooperačního stavu a nemožnosti rovnoměrného zatížení dolních končetin

jizvy sterilně kryté, operovaná DK v rigidní ortéze v plné extenzi

Antropometrické vyšetření: v průběhu vyšetření vytaženy drény - bylo možno vidět

jizvy a změřit obvod stehna 10 cm nad patellou, jenž činil

45 cm (o 2 cm více než před operací), ostatní neměřeno

Vyšetření svalové síly: flexory KOK a kyčelního kloubu (KYK), ABD a ADD KYK alienované

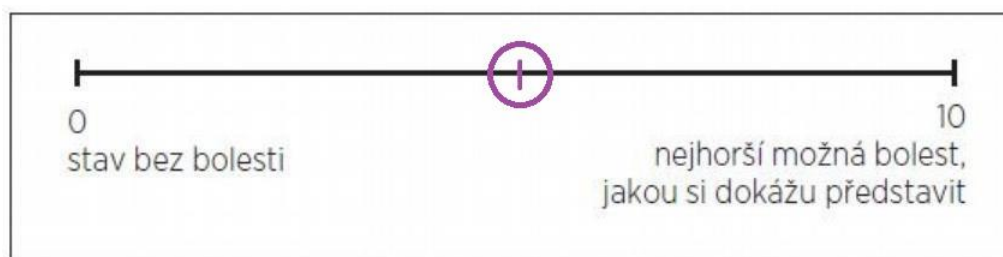
Goniometrické vyšetření: omezení rozsahu v KOK do flexe (Sp: 0-0-20), ADD a ABD
v KYK (Fp: 20-0-30)

Vyšetření čítí: povrchové čítí v místech, kde nebyla fixace symetrické s neoperovanou
DK, hluboké čítí nevyšetřováno

Vyšetření chůze: třídobá chůze s dvěma francouzskými berlemi bez zatížení,
ale s pokládáním chodidla (snaha o odvíjení plosky nohy)

Škály a dotazníky:

Vizuální analogová škála: pacient zaznačil svoji aktuální klidovou bolest na 10 cm úsečce
přesně uprostřed, tj. 5 cm od levého i pravého okraje, ve výrazu
jeho tváře však bylo patrné, že pociťuje výrazné bolesti



Tegner aktivity scale: po operaci - úroveň 1. (viz příloha 5)

Lysholmovo skóre: kvůli nemožnosti posouzení některých položek nebylo hodnoceno

Krátkodobý rehabilitační plán:

Z důvodu zvýšené bolestivosti levé dolní končetiny a jako prevence rozvoje výraznějšího otoku či zánětu je vhodná aplikace chladu, tj. ledování, které vede k redukci bolesti a snížení či odstranění otoku. Kryoterapie může být podpořena dalšími evidens-based procedurami vedoucími ke snížení pooperační bolesti a otoku, k nimž se řadí elevace dolní končetiny, cvičení, bandáže a farmakologická léčba. Redukce bolesti není důležitá jen pro komfort pacienta, ale přispívá k udržení plné extenze KOK, zabraňuje inhibici m. quadriceps femoris a umožňuje okamžité zatěžování dolní končetiny. Pro prevenci tromboembolické nemoci je vhodné zařazení cévní gymnastiky. Důležité je obnovení neuromuskulární kontroly a aktivního i pasivního rozsahu pohybu do flexe (extenze byla v době vyšetření plná). Zpočátku zařazuje izometrické kontrakce, především tedy m. quadriceps femoris, při čemž cílíme na vastus medialis, který bývá nejvíce oslaben (dril m. quadriceps femoris). Dalším krokem je vertikalizace a nácvik chůze s využitím francouzských berlí.

Souhrnem lze říci, že zařazujeme procedury redukující bolest, minimalizující otok, zvyšující rozsah pohybu a aktivující vybrané svalové skupiny. Dále zařazujeme nácvik

chůze s využitím kompenzačních pomůcek, nezbytný pro pacientovu sebeobsluhu a podporu samostatnosti.

Dlouhodobý rehabilitační plán:

Při druhém vyšetření se pacient nacházel ve fázi časně pooperační rehabilitace, ale postupně bude procházet všemi zmíněnými fázemi RHB (časnou pooperační, pooperační, pozdní pooperační a rekonvalescenční), jejichž charakteristiky již byly popsány (viz kapitola 2.11). Cílem operační léčby a následné rehabilitace je v tomto případě pacientův návrat do plného sportovního zatížení, tj. k fotbalu.

Během RHB nezapomínáme na individualitu pacienta a nesnažíme se zlepšit jen funkci kolenního kloubu, ale vhodné by bylo ošetření i ostatních „nálezů“, v tomto případě například zkrácení m. pectoralis major, oslabení dolních fixátorů lopatek, zkrácení svalů dolních končetin a sakroiliakální posun.

Přínos dříve doporučovaných ortéz nebyl prokázán, proto je jejich užití i v tomto případě zbytečné. Z osobní zkušenosti mohu doporučit užití kineziotapingu, který je možno aplikovat ve smyslu stabilizačním, tj. místo ortéz a bandáží (mechanická korekce), případně dle individuálních požadavků jednotlivých pacientů na vybrané svalové skupiny (facilitační a inhibiční techniky).

4 DISKUZE

Ruptura LCA byla ještě do nedávna považována za „počátek konce“ KOK, což u vrcholových sportovců znamenalo i konec kariéry. Od té doby bylo podniknuto několik kroků, aby se tento stav změnil.

Pro zdokonalení léčby a pro prevenci poranění LCA bylo nezbytné pochopení jeho problematiky, a tak se stal LCA předmětem zájmu mnoha anatomických i biomechanických studií.

Bylo zjištěno, že LCA není jednolitou strukturou, ale že se skládá z různých částí, které se za určitých podmínek chovají odlišně, a to i přesto, že jsou anatomicky neoddělitelné. Nejdříve byla popsána dvousvazková struktura LCA (Palmerem et al., Abbott et al., Girgis et al.), tj. AM a PL svazek, která byla následně doplněna i o třetí svazek, tj. IM (Norwood et al., Amis et al.). Na tomto poznání jsou založeny DB rekonstrukce, které se snaží nahradit jak AM, tak i PL svazek. IM svazek ovšem nenahrazují, což může být i příčina toho, proč se po DB rekonstrukcích nedaří zcela obnovit původní kinematiku KOK.

S technologickým pokrokem bylo umožněno, aby se studie zaměřily na porozumění významu LCA pro stabilizaci KOK. Jak se ukázalo, oba svazky se v různých úhlech flexe chovají odlišně. Z toho vyplynulo, že SB rekonstrukce LCA jsou při zajišťování stability KOK nedostačující, a to zejména při zajištění rotační stability. Za tu je odpovědný PL svazek LCA, který u SB rekonstrukcí zpravidla není nahrazován.

K funkcím LCA patří omezení anteriorního translačního pohybu tibie, omezení vnitřní rotace během extenze v rozmezí 0-30°, posílení mediálního kolaterálního vazku, zabránění hyperextenze v KOK a druhotně stabilizace při valgózním stresu.

Při hledání rizikových faktorů poranění LCA bylo nalezeno několik činitelů, kteří byli spojeni se zvýšeným rizikem poškození LCA. Někteří z nich jsou diskutabilní. Jedná se například o větší Q úhel, který někteří autoři označují za rizikový (Shambaugh, Klein, & Herbert, 1991), jiní ne (Myer, Ford, & Hewetta, 2005). Jak se ukázalo, při kontrakci m. quadriceps femoris dochází k posměnění měřeného Q-úhlu, proto nelze stanovit přímou souvislost mezi statickými rozměry Q-úhlu a zraněním při dynamickém pohybu. Dále jsou výsledky nejednoznačné u hormonálních rizikových faktorů, které ještě musí být dodatečně prozkoumány, aby se mohlo mluvit o jejich platnosti, a u nichž musí být vyřešen nesoulad v terminologii. Perspektivně rýsující se jsou neurokognitivní rizikové faktory, tj. pomalejší reakční doba a rychlost zpracování, jež mohou být spojeny se ztrátou neuromuskulární

kontroly a s chybami v koordinaci. Souhrnem lze říci, že i přes všechny provedené studie, nebyly rizikové faktory poranění LCA ještě dostatečně prozkoumány a odhaleny.

Mění se také názor na mechanismus úrazu LCA. Valgózní zaúhlení KOK už nebývá považováno za příčinu, ale za následek ruptury LCA, která bývá dávána do souvislosti s anteriorním translačním pohybem tibie, jenž je zapříčiněn tahem m. quadriceps femoris. Bylo též odhaleno, jak postavení KOK a směr působící síly ovlivňuje rupturu jednotlivých svazků LCA. Převažuje-li anteriorní složka násilí o větší intenzitě, která působí na KOK ve flexi 20-60°, dochází k poranění AM svazku. Převládá-li rotační složka násilí menší intenzity, jež působí na KOK v blízkosti extenze, dochází k izolované ruptuře PL svazku.

Přistoupíme-li k operačnímu řešení náhrady LCA, setkáme se s mnoha variantami přístupů. Zajímavé je, že meta-analýza z 2014 nenašla při zhodnocení funkčních výsledků po konzervativní i operační léčbě žádné statisticky významné rozdíly, kromě snížení rizika poranění menisků po operačním přístupu. Byla sice vypracována ze studií nízké kvality, přesto to vrhá na operační léčbu kritičtější pohled.

Ověřená transtibionální SB technika zlepšuje anteroposteriorní stabilitu KOK a je uváděno, že je úspěšná u 80-90% pacientů. Záleží však na tom, co je považováno za úspěch. Jak ukazují dlouhodobé studie, není po SB rekonstrukci LCA sníženo riziko rozvoje časně gonartrózy, a to z toho důvodu, že kinematika KOK zůstává i po operaci pozměněna, a navíc dochází k invazivnímu zákroku na kostních strukturách, tj. při vrtání tunelů. Přesto, že některé studie uvádějí, že může dojít k zacelení tunelů, na rentgenových snímcích zůstávají patrné linie, které jsou již, dle některých autorů, „ireverzibilní“. Zajištění anteroposteriorní stability však u mnohých pacientů může zlepšovat funkční výsledky a zajistit jim plnohodnotnější život, umožnit návrat se ke sportu, ale hlavně opětovné spolehnutí se na KOK. Problémem je 10-30 % pacientů, u kterých přetrvává nestabilita KOK a počet vzrůstajících reoperací. Jak se ukazuje, hlavním důvodem zmíněných komplikací je špatné cílení tunelů. To je pravděpodobně zapříčiněno i tím, že se tento výkon stává každodenní rutinou, a tak se cílení věnuje méně pozornosti a nekontroluje se správná pozice. Důležité je také poukázat na možné komplikace, které bývají spojovány s odběrem štěpů, jako jsou například zlomeniny patelly, patelofemorální bolesti, bolesti při kleku a oslabení extenzorového či flexorového aparátu.

Rozvoj gonartrózy bývá dáván do souvislosti s přetrvávající rotační nestabilitou KOK, tj. s pozitivním pivot-shift testem. DB rekonstrukce, které nahrazují i PL svazek, který je zodpovědný za rotační stabilitu, mají větší předpoklad k obnovení fyziologické funkčnosti KOK a ke snížení rizika ranné gonartrózy. Dlouhodobé studie, ověřující vliv DB rekonstrukcí

v prevenci časně gonartrózy však ještě neuveřejnily výsledky. DB rekonstrukce jsou předmětem mnoha studií a některé z nich byly provedeny i v České republice. Tyto studie popisují různé variace provedení DB rekonstrukcí, často však u nich nezveřejňují klinické výsledky, což je samozřejmě jedna z nezákladnějších informací svědčící o efektivitě dané techniky. Za základní techniky DB rekonstrukcí bývají považovány techniky čtyřtunelové, které jsou založené na rekonstrukci AM a PL svazku LCA, nejčastěji štěpy připravenými z odebraných šlach hamstringů, jež jsou následně upevněny prostřednictvím čtyř vyvrtaných tunelů. Dva tunely jsou umístěny v tibií a dva ve femuru a jsou cíleny do úponových oblastí, tzv. footprintů, nativních svazků LCA, přičemž je některými autory doporučováno umístit tunely do zadních částí příslušných footprintů, za účelem snížení impingementu štěpů. V pořadí umístění štěpů, druhu použité fixace, způsobu tonizace a ve výběru štěpů se jednotlivé techniky rozcházejí. Mezi výhody čtyřtunelových DB rekonstrukcí LCA patří možnost tonizace obou štěpů zvlášť, zaujmutí větší úponové plochy nativního LCA a ze všech DB technik nejfyziologičtější obnovení kinematiky KOK, s čímž souvisí i lepší rotační a anteroposteriorní stabilita KOK. Jejich nevýhody zahrnují prodloužení operační doby, největší technickou a ekonomickou náročnost, teoreticky nejvyšší riziko komplikací (tj. špatné cílení tunelů, impingement štěpů, dvojnásobný „bungee“ i „wind screen“ efekt, rozšíření kostních tunelů) a možnost provádění pouze zkušenými operátory. Někdy bývají označovány jako „double bundle, double trouble“, což poukazuje na dvojnásobné riziko špatného umístění tunelů a dvojnásobný „bungee efekt“.

Chování LCA v tahu ovlivňuje především jeho femorální úponová oblast, proto se většina operátorů shoduje v názoru ohledně potřeby vyvrtání dvou femorálních tunelů, u tibiálních tunelů se ale názory různí. S přihlédnutím na obtížnost fixace šlachových štěpů v tibiálních tunelech se mohou zdát třítunelové techniky výhodnější. Ukázalo se, že i použití jednoho tibiálního tunelu poskytuje lepší výsledky než SB rekonstrukce. V porovnání s čtyřtunelovými technikami však neumožňují izolovaně tonizovat jednotlivé štěpy a ani obnovení kinematiky KOK není tak blízké. Výhodou může být možnost použití štěpu odebraného ze šlachy m. quadriceps femoris, jenž může být odebrán i s jednostranným kostním bločkem z baze patelly, zajišťujícím lepší fixaci a rychlejší hojení typu kost-kost. Klinické výsledky čtyřtunelových i třítunelových rekonstrukcí jsou srovnatelné, i když je možné, že anteroposteriorní stabilita je po třítunelových rekonstrukcích využívajících štěp ze šlachy m. quadriceps femoris větší, není tento rozdíl statisticky významný. Příčinou větší anteroposteriorní stability může být vyloučení „bungee efektu“ u třítunelových rekonstrukcí využívajících štěp ze šlachy m. quadriceps femoris. Tento předpoklad také dokazuje fakt,

že pokud byly u třítunelových i čtyřtunelových rekonstrukcí využity štěpy ze šlach hamstringů, jejich výsledky se nelišily.

Výrazné zkrácení operační doby je u dvoutunelových technik DB rekonstrukcí, označovaných také jako „double bundle, single tunnel“. Ty také přinášejí nižší riziko špatného cílení tunelů, menší zásah do kostních struktur, nižší cenu, nižší riziko komplikací, snadnější revizní výkony a jednodušší techniku. Jsou založeny na principu vyvrtání dvou tunelů, jeden v tibií a jeden ve femuru, jejichž prostřednictvím jsou fixovány AM a PL svazek nahrazující štěpy. To je umožněno několika způsoby. Při využití vyvinutého instrumentária (například systémy AperFix, AperFix II), je výrazně snížena i technická náročnost a s tím i riziko chyb. Uvedené systémy zatím poskytují příznivé krátkodobé výsledky, avšak porovnání s ostatními technikami DB rekonstrukcí ještě neproběhlo. Otázkou je, zda dvoutunelové techniky působí na kinematiku KOK příznivěji než SB rekonstrukce. Pokud vezmeme v úvahu, že jednotlivé štěpy jsou fixovány odděleně a mohou být izolovaně tonizovány různým napětím a v různých úhlech flexe, je možné, že jejich stabilizační vliv bude lepší, i přes to, že plně nenahrazují úponové plochy LCA.

Kromě autoštěpů ze šlach hamstringů a z m. quadriceps femoris je možné použít u DB rekonstrukcí aloštěpy. Kromě rizika přenosu onemocnění (HIV, infekční hepatitida), nepřijmutí a vyššího selhání, přinášejí pacientům i výhody v podobě zmírnění bolesti, zachování intaktních vlastních měkkých tkání, snížení rizika oslabení svalů, z nichž se štěpy odebírají a zkrácení operačního času. Přes to, že bylo hlášeno zlepšení stability jak s autoštěpy, tak i s aloštěpy, poslední meta-analýza ukázala, že po použití aloštěpů je celková stabilita KOK výrazně nižší a méně fyziologická (Prodromos, Fu, Howell, Johnson, & Lawhorn, 2008). Proto je nutné zvážení, jestli jsou aloštěpy u DB rekonstrukcí vhodné.

Enormní množství studií je věnováno problematice srovnávání SB a DB rekonstrukcí. Nacházíme u nich značnou variabilitu. To může plynout také z toho, že se porovnávají různé typy rekonstrukcí, čímž dochází ke zkreslení výsledků. Zatímco follow up provedený po pěti letech od operace neprokázal žádný rozdíl mezi SB a DB rekonstrukcemi z hlediska rozvoje gonartrózy a v zajištění stability (Suomalainen, Järvelä, Paakkala, Kannus, & Järvinen, 2012), follow up provedený po osmi letech od operace (Zaffagnini et al., 2011) vyhodnotil, že po DB rekonstrukcích je nižší riziko degenerativních změn KOK. Zároveň obě studie upozornily na nižší riziko reoperací po DB rekonstrukcích. Zaffagnini et al. také zaznamenal lepší funkční výsledky a rychlejší návrat ke sportovním aktivitám.

Vypracované meta-analýzy a systematické studie z posledních let se shodují v tom, že subjektivní pacientem hlášené výsledky jsou po SB i DB rekonstrukcích LCA srovnatelné, k rozvoji gonartrózy se zatím žádná nevyjádřila a některé poukazují na lepší anteroposteriorní a rotační stabilitu. Statisticky významný rozdíl mezi oběma přístupy zatím nebyl prokázán. V neprospěch DB rekonstrukcí mluví také jejich vysoká ekonomická náročnost, prodloužení operační doby a provádění pouze zkušenými operatéry.

V práci uvedený rehabilitační plán byl zvolen jen z toho důvodu, že se jako jediný podrobněji vyjadřoval k rehabilitaci po DB rekonstrukcích LCA. Mnozí operatři doporučují stejné postupy jako po SB rekonstrukcích, avšak i u nich se postupy velmi liší (používání ortéz, zatěžování, obnovení rozsahů pohybů), proto jsem uvedla celý koncept s tím, že si nemyslím, že je dokonalý, ale proto, že je používán.

To, že Zaffagnini et al. uveřejnili, že po DB rekonstrukcích je rychlejší návrat ke sportu, zcela neseďí s tvrzením, že na anatomicky umístěné štěpy působí větší síly, kvůli čemuž bylo doporučeno pozvolnější zahájení a zdokonalování funkčních činností. Zaffagnini et al. však neprováděli anatomickou DB rekonstrukci, ale neanatomickou, a přesto dosáhli uspokojujících výsledků. To je v nesouladu se zaváděním anatomických rekonstrukcí.

RHB programy bývají využívány zejména ve Spojených státech amerických, v nichž se proces rehabilitace výrazně odlišuje od našeho. V České republice se pacientům věnujeme individuálněji a snažíme se rehabilitaci přizpůsobit aktuálnímu stavu a možnostem jedince. Samozřejmě se řídíme také tím, co by měl pacient v daný okamžik zvládnout, ale nejsme tak striktní a daných výsledků dosahujeme různými metodami. Při rehabilitaci nás nezajímá jen doporučení od operátora, ale snažíme se danou problematiku pochopit tak, abychom využili daného potenciálu, který může vést k rychlejší rekonvalescenci jedince. To je to, co dělá rehabilitaci rehabilitací a odlišuje ji to od pouhého cvičení či masírování. Proto je zásadní znát principy operačních postupů a to nejen u problematiky LCA. Operatři také znají principy rehabilitace, a tak i my bychom měli mít určitou představu o tom, jak to „uvnitř vypadá“. Proto si myslím, že je pro nás důležitější přizpůsobit RHB proces jednotlivým fázím hojení a remodelaci štěpů.

5 ZÁVĚR

Ruptura LCA je jedním z nejčastějších sportovních úrazů a zároveň je to nejčastěji poraněná struktura KOK, jejíž poškození má negativní vliv na stabilitu a propriocepci KOK. Vyskytuje se nejčastěji u sportujících osob nižších věkových kategorií, ale její incidence postupně narůstá i u středních a vyšších věkových kategorií. To je spojeno zejména s rozvojem oblíbenosti pivotálních sportů, které jsou pro poranění LCA rizikové. Patří mezi ně například fotbal, alpské lyžování, basketbal, hokej a volejbal. Poranění LCA je u rekreačních sportovců častější než u vrcholových, což může být spojeno s nedokonalým zvládnutím techniky daného sportu, případně s nedostatkem zkušeností, jak řešit rizikové situace. Bylo prokázáno, že ženy jsou až osmkrát náchylnější k poranění LCA, k čemuž je předurčují jejich anatomické, neuromuskulární a hormonální odlišnosti ve srovnání s muži, u nichž je ale poranění LCA také velmi časté.

Při řešení problematiky LCA je v první řadě nutné pochopit anatomii a biomechaniku LCA a jeho význam pro KOK. Ukázalo se, že LCA je tvořen dvěma funkčními svazky (AM a PL), které se během pohybu KOK chovají odlišně, a tím zajišťují stabilitu KOK. PL svazek je nejvíce protažen v blízkosti extenze a bývá zodpovědný za stabilitu KOK při extenzi, zatímco AM svazek přebírá majoritní stabilizační funkci přibližně od 30° flexe (někteří autoři uvádějí již od 15° flexe), od níž se začíná AM svazek prolongovat. V extenzi jsou oba svazky uspořádány paralelně, ale při flexi dochází k jejich zkřížení. Byly popsány orientační body, podle nichž se operatři mohou při rekonstrukci LCA orientovat a přizpůsobit tak operační výkon individuálním vlastnostem daného jedince.

Pro prevenci poranění LCA bylo nezbytné zjištění úrazového mechanismu a odhalení rizikových faktorů, na jejichž základě mohly být vypracovány preventivní programy. Dříve byla za úrazový mechanismus považována valgotizace KOK, která bývá i nadále uváděna. Novější studie však našly souvislost mezi anteriorním translačním posunem tibie způsobeným tahem m. quadriceps femoris a rupturou LCA, kdy valgotizace KOK je až následkem přetržení LCA. Určení rizikových faktorů ještě není zcela jednoznačné, přesto bylo nalezeno několik činitelů, kteří souvisí se zvýšeným rizikem poranění LCA. Preventivní programy, které jsou zaměřené na trénink propriocepce a neuromuskulární kontroly, vedly ke snížení rizika poranění LCA u zúčastněných jedinců.

Nevyhnutelné však bylo i nalezení vhodného způsobu léčby ruptury LCA. Konzervativní způsob léčby byl doplněn operační léčbou. Při zhodnocení obou přístupů však nebyl nalezen dostatek důkazů, který by určil dominantu jedné z nich. Proto se při výběru léčby musí zvážit

různé faktory, zejména sportovní aktivita a stupeň přetrvávající nestability KOK. Dříve limitující vyšší věk již není kontraindikací, protože operaci vyžaduje stále více aktivních jedinců z řad středních a vyšších věkových kategorií. Prvotně prováděné neanatomické rekonstrukce LCA jsou kvůli neuspokojivým výsledkům nahrazovány anatomickými rekonstrukcemi. Mezi neanatomické rekonstrukce řadí mnozí autoři i konvenčně prováděnou transtibionální SB techniku. Osvědčené SB techniky nejsou ve všech případech úspěšné (10-30 %) a přetrvává po nich nestabilita KOK, proto došlo k vyvinutí DB technik rekonstrukcí LCA, jež byly založeny na poznání anatomie a biomechaniky LCA. DB rekonstrukce bývají některými autory označovány spíše jako koncept a vedly mimo jiné i k rozvoji SB rekonstrukcí, u nichž podnítily zdokonalení cílení tunelů. Popsaných technik DB rekonstrukcí je velké množství. Odlišují se počtem použitých kanálů, typem štěpů, jejich tonizací a různými možnostmi fixace štěpů. Na základě počtu vyvrtaných tunelů můžeme DB rekonstrukce LCA rozlišit na čtyřtunelové, třítunelové a dvoutunelové. Čtyřtunelové DB rekonstrukce se nejvíce přibližují obnovení původní kinematiky KOK, ale technicky jsou nejnáročnější, může se u nich vyskytnout nejvíce komplikací a možnost nesprávného cílení tunelů je u nich zdvojnásobena. Jejich operační doba bývá nejdelší, i když při porovnání s třítunelovými DB rekonstrukcemi využívajícími štěp ze šlachy m. quadriceps femoris může být operační doba stejná. To je zaviněno náročnějším a déletrvajícím odběrem štěpu z m. quadriceps femoris v porovnání s odběrem štěpů ze šlach hamstringů, které bývají u DB rekonstrukcí využívány nejčastěji. Klinické výsledky čtyřtunelových a třítunelových DB rekonstrukcí se výrazně neliší.

Novinkou jsou tzv. „double bundle, single tunnel“ techniky, které využívají k fixaci AM a PL svazek nahrazujících štěpů pouze jeden tunel v tibií a jeden ve femuru. To zkracuje operační čas a zmenšuje riziko následných komplikací, zároveň není tolik narušována struktura kostí, což bývá také spojováno s rizikem časně gonartrózy. K provedení těchto technik bylo vyvinuto i instrumentarium, které práci operatérům výrazně ulehčuje. Jedná se o systémy AperFix a AperFix II.

Velké množství popsaných metod u DB rekonstrukcí může také znamenat to, že ani jedna z nich není dokonalá, protože kdyby byla, všichni by ji používali. Také toto množství technik může způsobit informační chaos a vést k nesprávnému provedení rekonstrukce LCA.

DB rekonstrukce jsou ve srovnání se SB rekonstrukcemi z ekonomického hlediska dvakrát dražší, vyžadují delší operační čas a patří do rukou pouze zkušených operatérů, protože jejich provedení je technicky náročné a riziko komplikací je u nich zdvojnásobeno. Studie srovnávající SB a DB rekonstrukce LCA se ne vždy shodují. Spousta z nich hlásí lepší

výsledky u DB rekonstrukcí, jak se ale ukazuje, nejsou tyto výsledky statisticky významné. Pokud se vezme v úvahu i srovnatelné subjektivní hodnocení pacientů, je jasné, proč mnozí operatéri zůstávají věrní tradičním SB rekonstrukcím LCA, jejichž výsledky jsou ověřené a jež jsou technicky méně náročné, vyžadují kratší operační čas a jsou cenově příznivější. Poslední dvě položky si jdou ruku v ruce s tím, že ne vždy je pro pacienta zvoleno to nejlepší možné řešení, ale to ekonomicky nejméně zatěžující.

Po operaci následuje rehabilitace, která je velmi důležitou částí léčby ruptury LCA, a to i u konzervativních řešení. Pro SB rekonstrukce bylo vypracováno několik RHB konceptů, jejichž cílem je co nejrychlejší navrácení funkčnosti KOK, aniž by došlo k poškození štěpů, které by vyústilo v jejich selhání. Po DB rekonstrukcích se postupuje obdobně jako po SB rekonstrukcích. Někteří operatéri se k RHB vyjadřují. V určitých požadavcích se shodují, v jiných se naopak odlišují. Obavy z obtížnějšího znovuoobnovení rozsahů pohybů po DB rekonstrukcích nebyly prokázány, naopak bylo obnovení rozsahů pohybů dosaženo rychleji. Jelikož na anatomicky umístěné štěpy působí větší síly, bývají funkční aktivity zahajovány a zdokonalovány pozvolněji, proto může být i případný návrat ke sportu pozdější.

Při RHB je důležité brát v úvahu i remodelaci štěpů, při níž se mění jejich biologické a mechanické vlastnosti. Nejvyšší riziko poškození štěpů je mezi šestým a osmým pooperačním týdnem.

6 SOUHRN

„Double bundle“ rekonstrukce LCA byly vyvinuty s cílem co nejpřesněji obnovit původní kinematiku kolenního kloubu, což by teoreticky mělo vést k následnému snížení rozvoje časné gonartrózy. To však zatím nebylo prokázáno a na výsledky dlouhodobých studií se čeká. Anatomické DB rekonstrukce bývají považovány spíše za koncept, který je založen na čtyřech principech, tj. obnově AM a PL svazku LCA, anatomickém umístění femorálních a tibiálních tunelů, tonizaci štěpů, která se snaží co nejvíce přiblížit nativnímu LCA a individualizaci každé operace, podle nároků a stavby pacienta.

Rozlišujeme je na čtyřtunelové, třítunelové a dvoutunelové. Poslední jmenované mají oproti ostatním řadu výhod, tj. kratší operační čas, menší zásah do kostních struktur, nižší cenu, nižší riziko komplikací, nižší riziko špatného cílení tunelů a jednodušší techniku, což predikuje jejich užití i méně zkušenými operátory, zejména při využití pomocných systémů (AperFix, AperFix II), jejichž krátkodobé výsledky jsou zatím příznivé.

Mezi nevýhody DB rekonstrukcí patří prodloužení operační doby, technická a ekonomická náročnost, teoretické vyšší riziko komplikací (tj. špatné cílení tunelů, impingement štěpů, dvojnásobný „bungee“ i „wind screen“ efekt, rozšíření kostních tunelů) a možnost provádění pouze zkušenými operátory.

Jejich výhodou je fyziologičtější obnovení kinematiky KOK, lepší rotační i anteroposteriorní stabilita KOK, možnost tonizace obou štěpů zvlášť a zaujmutí větší úponové plochy nativního LCA.

Při srovnání se SB rekonstrukcemi mají srovnatelné subjektivní (IKDC, Lysholmovo skóre) i objektivní výsledky (výskyt selhání štěpu, deficit rozsahu pohybu, Tegner aktivity scale, poranění menisků, opětovná ruptura LCA), jenž jsou často u DB rekonstrukcí nepatrně lepší, ne však statisticky významně. Většina provedených meta-analýz se shoduje v tvrzení, že po DB rekonstrukcích je lepší anteroposteriorní a rotační stabilita (KT-1000 artrometr, manuální testy na stabilitu KOK, pivot-shift test), často také uvádějí lepší klinické výsledky ve prospěch DB rekonstrukcí. Poslední systematický přehled (Björnsson et al., 2015) poukázal na potřebu provedení detailní statistické analýzy.

7 SUMMARY

“Double bundle” anterior cruciate ligament reconstructions have been developed in order to accurately restore the kinematics of the knee joint, which, in theory, should lead to a subsequent reduction of the development of early knee osteoarthritis. This has not been proven yet, and the results of long-term studies are still awaited. Anatomic DB reconstructions are considered to be rather concept based. This concept is based on the following four principles: restoration of AM and PL bundles, anatomical placing of the femoral and tibial tunnels, graft tensioning, which aims to approach native anterior cruciate ligament, and individualization of each surgery according to the claims and patient’s anatomy. We can divide them into “four tunnels,” “three tunnels,” and “two tunnels.” The latter have a number of advantages over the others, e.g. a shorter time of surgery, lesser disruption of bone structures, lower cost, lower risk of complications, lower risk of poor targeting tunnels, and a simpler technique, which enables their use even for less experienced surgeons, especially when using auxiliary systems (AperFix, AperFix II), whose short-term results are favourable for now.

Prolonged time of surgery, technical and economic demands, theoretical higher risk of complications (e.g. bad targeting tunnels, grafts impingement, double “bungee” and “wind screen” effect, enlargement of bone tunnels) and the fact that only experienced surgeons may perform it belongs among the disadvantages of DB reconstructions.

Their advantages are a more physiological restoration of knee kinematics, better rotational and anteroposterior knee stability, the possibility of tensioning grafts separately, and restoration of a larger insertion site of a native anterior cruciate ligament.

When compared to the SB reconstructions, DB reconstructions have comparable subjective (IKDC, Lysholm score) and objective (incidence of graft failure, range of motion deficit, Tegner activity scale, meniscal injuries, re-rupture LCA) outcomes, which are often slightly better after DB reconstruction, but not statistically significantly. Most performed meta-analyses agree that after the DB reconstruction there is better anteroposterior and rotational stability (KT-1000 arthrometer, manual knee stability tests, pivot-shift test), and they often present better clinical results in favor of DB reconstructions. The last systematic review (Björnsson et al., 2015) pointed out the need of detailed statistical analysis.

8 REFERENČNÍ SEZNAM

- Abt, J., Sell, T., Laudner, K., McCrory, J., Loucks, T., Berga, S., & Lephart, S. (2007). Neuromuscular and biomechanical characteristics do not vary across the menstrual cycle. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 15(7)*, 901-907. Retrived 18. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=90e02a63-3f70-477d-a688-af4dcef0dcb6%40sessionmgr113&vid=19&hid=102>
- Adachi, N., Nawata, K., Maeta, M., & Kurozawa, Y. (2008). Relationship of the menstrual cycle phase to anterior cruciate ligament injuries in teenaged female athletes. *Archives of Orthopaedic & Trauma Surgery, 128(5)*, 473-478. Retrived 5. 11. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=90e02a63-3f70-477d-a688-af4dcef0dcb6%40sessionmgr113&hid=102>
- Adams, D., Logerstedt, D. S., Hunter-Giordano, A., Axe, M. J., & Snyder-Mackler, L. (2012). Current concepts for anterior cruciate ligament reconstruction: a criterion-based rehabilitation progression. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 42(7)*, 601-614. Retrived 28. 1. 2015 from PubMed database on the World Wide Web:
<http://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2012.3871>
- Alentorn-Geli, E., Mendiguchia, J., Samuelsson, K., Musahl, V., Karlsson, J., Cugat, R., & Myer, G. (2014). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in sports-Part I: Systematic review of risk factors in male athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 22(1)*, 3-13. Retrived 25. 10. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=75559d71-55e7-46e4-bdf4-49d9526d76c5%40sessionmgr4004&hid=4114>
- Ambler, Z. (2011). *Základy neurologie* (7th ed.). Praha: Galén.
- American Academy of Orthopedic Surgeons (1965). *Joint motion: method of measuring and recording*. Chicago: American Academy of Orthopedic Surgeons.
- American Medical Association. (1998). *Guides to the evaluation of permanent impairment* (3rd ed.). Chicago: American Medical Association.

- Amis, A. A. (2012). The functions of the fibre bundles of the anterior cruciate ligament in anterior drawer, rotational laxity and the pivot shift. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 20(4), 613-620. Retrived 17. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=60&sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&hid=123>
- Angelo, R. C., Costa, H. M., Galindo, L. Ch. M., Tashiro, T., & Silvia, R. A. (2007). An anthropometric radiographic study of the intercondylar notch in Brazilian males and females. [Abstract]. *Brazilian Journal of Morphological Sciences*, 24(1), 47-52. Retrived 1. 11. 2015 from the World Wide Web: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=ADOLEC&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=497609&indexSearch=ID>
- Arockiaraj, J., Korula, R. J., Oommen, A. T., Devasahayam, S., Wankhar, S., Velkumar, S., & Poonnoose, P. M. (2013). Proprioceptive changes in the contralateral knee joint following anterior cruciate injury [Abstract]. *The Bone and Joint Journal*, 95(2), 188-191. Retrived 15. 10. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=34&sid=3c36b4ce-1f37-40e8-8763-aeb0f55c46b0%40sessionmgr4001&hid=4106&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=23365027>
- Bach, B. R., Jr., & Verma, N. N. (2008). *Curbside consultation of the ACL: 49 clinical questions*. Thorofare, NJ: Slack incorporated.
- Barrack, R. L., Buckley, S. L., & Skinner, H. B. (1989). Proprioception in the anterior cruciate deficient knee [Abstract]. *The American Journal of Sports Medicine*, 17(1), 1-6. Retrived 10. 10. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=21&sid=3c36b4ce-1f37-40e8-8763-aeb0f55c46b0%40sessionmgr4001&hid=4106&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=2929825>
- Bartoníček, J., & Heřt, J. (2004). *Základy klinické anatomie pohybového aparátu*. Praha: Maxdorf s.r.o., nakladatelství odborné literatury.
- Bates, N. A., Myer, G. D., Shearn, J. T., & Hewett, T. E. (2015). Anterior cruciate ligament biomechanics during robotic and mechanical simulations of physiologic and clinical

motion tasks: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Biomechanics*, 30(1), 1-13.

Retrieved 16. 11. 2015 from SCIENCE DIREKT database on the World Wide Web:

<http://ac.els-cdn.com/S0268003314003015/1-s2.0-S0268003314003015->

[main.pdf?_tid=46f0ca96-ac4d-11e4-88c7-](http://ac.els-cdn.com/S0268003314003015-1-s2.0-S0268003314003015-main.pdf?_tid=46f0ca96-ac4d-11e4-88c7-00000aacb360&acdnat=1423041043_a88c1257d1bc7b0ff86af5be9d1092fc)

[00000aacb360&acdnat=1423041043_a88c1257d1bc7b0ff86af5be9d1092fc](http://ac.els-cdn.com/S0268003314003015-1-s2.0-S0268003314003015-main.pdf?_tid=46f0ca96-ac4d-11e4-88c7-00000aacb360&acdnat=1423041043_a88c1257d1bc7b0ff86af5be9d1092fc)

Beard, D. J., Dodd, C. A. F., Trundle, H. R., & Simpson, A. H. R. W. (1994). Proprioception enhancement for anterior cruciate ligament deficiency. A prospective randomised trial of two physiotherapy regimes. *The Journal of bone and joint surgery*, 76(4), 654-659.

Retrieved 10. 10. 2015 from the World Wide Web:

http://boneandjoint.org.uk/highwire/filestream/15311/field_highwire_article_pdf/0/654.full-text.pdf

Beard, D. J., Kyberd, P. J., Fergusson, C. M., & Dodd, C. A. F. (1993). Proprioception after rupture of the anterior cruciate ligament. An objective indication of the need for surgery?

Journal of bone and joint surgery, 75(2), 311-315. Retrieved 10. 10. 2015 from the World

Wide Web: <http://www.bjj.boneandjoint.org.uk/content/75-B/2/311.full.pdf+html>

Bedi, A., & Altchek, D. W. (2009). The "footprint" anterior cruciate ligament technique: an anatomic approach to anterior cruciate ligament reconstruction [Abstract]. *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery*, 25(10), 1128-1138. Retrieved 15. 1. 2015

from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:

[http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=10&sid=d79d3217-e20f-410e-a1ce-](http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=10&sid=d79d3217-e20f-410e-a1ce-4e2622079c3d%40sessionmgr4004&hid=4107&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=19801292)

[4e2622079c3d%40sessionmgr4004&hid=4107&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zd](http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=10&sid=d79d3217-e20f-410e-a1ce-4e2622079c3d%40sessionmgr4004&hid=4107&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=19801292)

[C1saXZl#db=mdc&AN=19801292](http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=10&sid=d79d3217-e20f-410e-a1ce-4e2622079c3d%40sessionmgr4004&hid=4107&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=19801292)

Bedi, A., & Altchek, D. W. (2009). The "footprint" anterior cruciate ligament technique: an anatomic approach to anterior cruciate ligament reconstruction [Abstract]. *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery*, 25(10), 1128-1138. Retrieved 15. 1. 2015

from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:

[http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=145&sid=d3a09ca5-caa7-49e1-8fbc-](http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=145&sid=d3a09ca5-caa7-49e1-8fbc-c7f84a4f37ff%40sessionmgr198&hid=123&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=19801292)

[c7f84a4f37ff%40sessionmgr198&hid=123&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1sa](http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=145&sid=d3a09ca5-caa7-49e1-8fbc-c7f84a4f37ff%40sessionmgr198&hid=123&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=19801292)

[XZl#db=mdc&AN=19801292](http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=145&sid=d3a09ca5-caa7-49e1-8fbc-c7f84a4f37ff%40sessionmgr198&hid=123&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=19801292)

Bere, T., Flørenes, T. W., Nordsletten, L., & Bahr, R. (2014). Sex differences in the risk of injury in World Cup alpine skiers: a 6-year cohort study. *British Journal of Sports*

Medicine, 48(1), 1-6. Retrived 25. 10. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=22639bec-b7db-4d30-aa6e-bb38a10b52b0%40sessionmgr4004&hid=4209>

Beynon, B. D., Johnson, R. J., Fleming, B. C., Kannus, P., Kaplan, M., Samari, J., & Renström, P. (2002). Anterior Cruciate Ligament Replacement: Comparison of Bone-Patellar Tendon-Bone Grafts with Two-Strand Hamstring Grafts. *Journal of Bone & Joint Surgery*, 84-A(9), 1503-1513. Retrived 15. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=d3a09ca5-caa7-49e1-8fbc-c7f84a4f37ff%40sessionmgr198&vid=60&hid=123>

Bicer, E. K., Lustig, S., Servien, E., Selmi, T. A., & Neyret, P. (2010). Current knowledge in the anatomy of the human anterior cruciate ligament. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 18(8), 1075-1084. Retrived 15. 10. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=a7e6d66c-0f45-421e-888a-a7a96ad570c4%40sessionmgr198&vid=6&hid=116>

Björnsson, H., Desai, N., Musahl, V., Alentorn-Geli, E., Bhandari, M., Fu, F. H., & 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. Retrived 19. 1. 2015 from PubMed database on the World Wide Web: [http://download-](http://download-v2.springer.com/static/pdf/300/art%253A10.1007%252Fs00167-013-2666-x.pdf?token2=exp=1428867468~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F300%2Fart%25253A10.1007%25252Fs00167-013-2666-x.pdf*~hmac=6edaf7ccc45ad3e458d688e41c51ca2b2d8a49a4bef82ab0f43a0ca6380d6ee2)

[v2.springer.com/static/pdf/300/art%253A10.1007%252Fs00167-013-2666-x.pdf?token2=exp=1428867468~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F300%2Fart%25253A10.1007%25252Fs00167-013-2666-x.pdf*~hmac=6edaf7ccc45ad3e458d688e41c51ca2b2d8a49a4bef82ab0f43a0ca6380d6ee2](http://download-v2.springer.com/static/pdf/300/art%253A10.1007%252Fs00167-013-2666-x.pdf?token2=exp=1428867468~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F300%2Fart%25253A10.1007%25252Fs00167-013-2666-x.pdf*~hmac=6edaf7ccc45ad3e458d688e41c51ca2b2d8a49a4bef82ab0f43a0ca6380d6ee2)

Bowditch, M. (2001). Anterior cruciate ligament rupture and management. *Trauma*, 3(4), 249-261. Retrived 10. 10. 2015 from Academic Search Complete database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=04f6547b-5d9e-40a0-8bf4-59d6598e08a9%40sessionmgr115&vid=33&hid=102>

- Cayenne Medical. (2015). *AperFix® Femoral Implant, The Anatomic Implant*. Retrived 29. 2. 2015 from the World Wide Web: <http://cayennemedical.com/aperfix-am/>
- Cayenne Medical. (2015). *AperFix® II Tibial Sheath & Screw, Anatomic Construct Redefines Repair*. Retrived 29. 2. 2015 from the World Wide Web: <http://cayennemedical.com/aperfix-ii/>
- Claes, S., Neven, E., Callewaert, B., Desloovere, K., & Bellemans, J. (2011). Tibial rotation in single- and double-bundle ACL reconstruction: a kinematic 3-D in vivo analysis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 1(19)*, S115-S121. Retrived 15. 2. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=102&sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&hid=123>
- Courtney, C., Rine, R. M., & Kroll, P. (2005). Central somatosensory changes and altered muscle synergies in subjects with anterior cruciate ligament deficiency. *Gait & Posture, 22(1)*, 69-74. Retrived 10. 10. 2015 from SCIENCE DIREKT database on the World Wide Web: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966636204001080>
- Courvoisier, A., Grimaldi, M., & Plaweski, S. (2011). Good surgical outcome of transphyseal ACL reconstruction in skeletally immature patients using four-strand hamstring graft. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 19(4)*, 588-591. Retrived 15. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=39&sid=d3a09ca5-caa7-49e1-8fbc-c7f84a4f37ff%40sessionmgr198&hid=123>
- Crawford, C., Nyland, J., Landes, S., Jackson, R., Chang, H., Nawab, A., & Caborn, D. (2007). Anatomic double bundle ACL reconstruction: a literature review. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 15(8)*, 946-964. Retrived 15. 11. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=96602068-a7be-41df-ae61-3b29dce9ab02%40sessionmgr4004&vid=39&hid=4107>
- Cross, M., Musahl, V., Bedi, A., O'Loughlin, P., Hammoud, S., Suero, E., & Pearle, A. (2012). Anteromedial versus central single-bundle graft position: which anatomic graft position to choose? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 20(7)*, 1276-1281. Retrived 15. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide

Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=d3a09ca5-caa7-49e1-8fbc-c7f84a4f37ff%40sessionmgr198&vid=127&hid=123>

- Čihák, R. (2011). *Anatomie 1, třetí upravené a doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing.
- Desai, N., Björnsson, H., Musahl, V., Bhandari, M., Petzold, M., Fu, F. H., & Samuelsson, K. (2014). Anatomic single- versus double-bundle ACL reconstruction: a meta-analysis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 22(5), 1009-1023. Retrived 25. 10. 2015 from PubMed database on the World Wide Web: http://download-v2.springer.com/static/pdf/84/art%253A10.1007%252Fs00167-013-2811-6.pdf?token2=exp=1428831766~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F84%2Fart%25253A10.1007%25252Fs00167-013-2811-6.pdf*~hmac=5c459f50d7b3d47aad576b95130f717ece5e9d6fc16707bdf0b59a5a3e555fc9
- Devgan, A., Singh, A., Gogna, P., Singla, R., Magu, N. K., & Mukhopadhyay, R. (2015). Arthroscopic anatomical double bundle anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective longitudinal study. *Indian Journal of Orthopaedics*, 49(2), 136-142. Retrived 12. 1. 2015 from Academic Search Complete database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=109&sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&hid=123>
- Dienst, M., Schneider, G., Altmeyer, K., Voelkering, K., Georg, T., Kramann, B., & Kohn, D. (2007). Correlation of intercondylar notch cross sections to the ACL size: A high resolution MR tomographic in vivo analysis. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 127(4), 253-260. Retrived 1. 11. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=23&sid=3de4db5c-b81f-41a8-b6c4-d469c8d6ead0%40sessionmgr114&hid=106>
- Dong, W., Chen, Y., Fan, J., & Zhang, S. (2013). Comment on Li et al.: Single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: an up-to-date meta-analysis. *International orthopaedics*, 37(10), 2099. Retrived 11. 1. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=126&sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&hid=123>

Ettiger, M., Petri, M., Guenther, D., Liu, C., Krusche, C., Liodakis, E., Albrecht, U.-V., Krettek, C., & Jagodzinski, M. (2013). Anatomic double-bundle ACL reconstruction restricts knee extension in knees with hyperextension. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *21*(9), 2057-2062. Retrieved 10. 10. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=10&sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&hid=123>

Fallouh, L., Nakagawa, K., Sasho, T., Arai, M., Kitahara, S., Wada, Y., Moriya, H., & Takahashi, K. (2010). Effects of autologous platelet-rich plasma on cell viability and collagen synthesis in injured human anterior cruciate ligament. *Journal of bone and joint surgery*, *92*(18), 2909-2916. Retrieved 15. 2. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:
<http://orthodoc.aaos.org/WilliamFBennettMD/Effects%20of%20Autologous%20PRP%20on%20Cell%20Viability%20and%20Collagen%20Synthesis%20in%20Injured%20Human%20Anterior%20Cruciate%20Ligament.pdf>

Faltus, Z. (2010). Homepage. *Poranění předního zkříženého vazů*. Retrieved 7. 10. 2015 from the World Wide Web: <http://www.zfaltus.cz/poraneni-predniho-zkrizeneho-vazu>

Ferretti, M., Levicoff, E. A., Macpherson, T. A., Moreland, M. S., Cohen, M., & Fu, F. H. (2007). The fetal anterior cruciate ligament: an anatomic and histologic study [Abstract]. *Arthroscopy: The journal of arthroscopic & related surgery*, *23*(3), 278-283. Retrieved 15. 11. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=3&sid=75f5fb5e-f3a0-4924-aae3-f15744945810%40sessionmgr110&hid=116&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=17349471>

Fowler Kennedy Sport Medicine Clinic. (2009). *Physiotherapy ACL protocol*. Retrieved 15. 1. 2015 from the World Wide Web: http://fowlerkennedy.com/wp-content/uploads/2013/04/ACL_Reconstruction_Protocol.pdf

Franceschi, J. P., Shibi, A., & Champsaur, P. (2002). Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament using double anteromedial and posterolateral bundles [Abstract]. *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur*, *88*(7), 691-697. Retrieved 15. 10. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide

Web: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=131&sid=f298d7c4-62d8-4dea-93c7-f5d1cb477c8f%40sessionmgr4005&hid=4107&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=12457115>

Fremerey, R. W., Lobenhoffer, P., Zeichen, J., Skutek, M., Bosch, U., & Tscherne, H. (2000). Proprioception after rehabilitation and reconstruction in knees with deficiency of the anterior cruciate ligament: a prospective, longitudinal study. *Journal of bone and joint surgery*, 82(6), 801-806. Retrived 10. 10. 2015 from the World Wide Web: http://www.boneandjoint.org.uk/highwire/filestream/5073/field_highwire_article_pdf/0/801.full-text.pdf

Fu, F. H., & Zelle, B. (2007). Rotational Instability of the Knee: Editorial Comment. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 454, 3-4. Retrived 15. 1. 2015 from the World Wide Web: http://journals.lww.com/corr/Citation/2007/01000/Rotational_Instability_of_the_Knee__Editorial.2.aspx

Gabriel, M. T., Wong, E. K., Woo, S. L., Yagi, M., & Debski, R. E. (2004). Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. *Journal of Orthopaedic Research*, 22(1), 85-89. Retrived 15. 11. 2015 from ProQuest database on the World Wide Web: <http://search.proquest.com/docview/235112341/fulltextPDF?accountid=16730>

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. Retrived 19. 1. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=90&sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&hid=123>

Goerger, B. M., Marshall, S. W., Beutler, A. I., Blackburn, J. T., Wilckens, J. H., & Padua, D. A. (2015). Anterior cruciate ligament injury alters preinjury lower extremity biomechanics in the injured and uninjured leg: the JUMP-ACL study. *British Journal of Sports Medicine*, 49(3), 188-195. Retrived 16. 11. 2015 from the World Wide Web: <http://bjsm.bmj.com/content/49/3/188.full.pdf+html>

- Gong, X., Pan, J. C., & Zhang, Y. N. (2013). Letter regarding article by Li et al.: Single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: an up-to-date meta-analysis. *International orthopaedics*, 37(10), 2101. Retrived 11. 1. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&vid=123&hid=123>
- Görmeli, G., Görmeli, C. A., Karakaplan, M., Korkmaz, M. F., Diliçıkık, U., & Gözükara, H. (2015). Outcome of transtibial AperFix system in anterior cruciate ligament injuries. *Indian Journal of Orthopaedics*, 49(2), 150-154. Retrived 29. 2. 2015 from Academic Search Complete database on the World Wide Web:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=cf742b03-663e-4f53-86d4-60ccff59563a%40sessionmgr4004&hid=4107>
- Guerra, J. P., Arnold M. J., & Gajdosik, R. L. (1994). Q angle: effects of isometric quadriceps contraction and body position. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 19(4), 200-204. Retrived 27. 10. 2015 from the World Wide Web:
<http://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.1994.19.4.200>
- Halata, Z., & Haus, J. (1989). The ultrastructure of sensory nerve endings in human anterior cruciate ligament [Abstract]. *Anatomy and Embryology*, 175(5), 415-421. Retrived 15. 11. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=8&sid=52b602d3-df15-4a54-99a5-35ee6deb8f8b%40sessionmgr113&hid=116&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=2729604>
- Hamner, D. L., Brown, CH., Jr., Steiner, M. E., Hecker, A. T., & Hayes, W. C. (1999). Hamstring tendon grafts for reconstruction of the anterior cruciate ligament: biomechanical evaluation of the use of multiple strands and tensioning techniques. *The Journal of bone and joint surgery*, 81(4), 549-557. Retrived 15. 1. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=37f48a61-e1d2-4410-add8-f38fa745b436%40sessionmgr113&vid=11&hid=123>
- Hart, R., & Štipčák, V. (2010). *Přední zkřížený vaz kolenního kloubu*. Praha: Maxdorf.

- Hart, R., Kučera, B., & Safi, A. (2010). Hamstringy versus quadriceps u dvousvazkových rekonstrukcí předního zkříženého vazy. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Čechoslovaca*, 77(4), 296-303. Retrived 10. 10. 2015 from the World Wide Web: <http://www.achot.cz/detail.php?stat=388>
- Hensler, D., Van Eck, C. F., Fu, F. H., & Irrgang, J. J. (2012). Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction utilizing the double-bundle technique. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 42(3), 184-195. Retrived 15. 1. 2015 from the World Wide Web: http://www.udel.edu/PT/PT%20Clinical%20Services/journalclub/caserounds/11-12/May/Mar2012-CC-Hensler_doublebundle.pdf
- Hensler, D., Van Eck, C. F., Fu, F. H., & Irrgang, J. J. (2012). Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction utilizing the double-bundle technique. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 42(3), 184-195. Retrived 15. 1. 2015 from the World Wide Web: <http://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2012.3783>
- Hertel, J., Williams, N., Olmsted-Kramer, L., Leidy, H., & Putukian, M. (2006). Neuromuscular performance and knee laxity do not change across the menstrual cycle in female athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 14(9), 817-822. Retrived 1. 11. 2015 from Academic Search Complete database on the World Wide Web: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=54&sid=75559d71-55e7-46e4-bdf4-49d9526d76c5%40sessionmgr4004&hid=4114>
- Hofbauer, M., Muller, B., Wolf, M., Forsythe, B., & Fu, F. H. (2013). Anatomic Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Operative Techniques in Sports Medicine*, 21(1), 47-54. Retrived 15. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=19&sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&hid=123>
- Hoppenfeld, S. (1976). Physical examination of the spine and extremities. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Chalmers, P. N., Mall, N. A., Yanke, A. B., & Bach, B. R., Jr. (2013). Contemporary Anterior Cruciate Ligament Outcomes: Does Technique Really Matter? *Operative Techniques in Sports Medicine*, 21(1), 55-63. Retrived 17. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=31&sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&hid=123>

Chen, C. H., Gadikota, H. R., Gill, T. J., & Li, G. (2011). The effect of graft fixation sequence on force distribution in double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19(5), 712-718. Retrived 16. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=a455740e-67d6-48f1-b662-2062bcb341bf%40sessionmgr4004&vid=74&hid=4107>

Christel, P., & Boueri, W. (2011). Contemporary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. In J. L. Dragoo (Eds.). *Modern Arthroscopy* (pp. 197-224). Rijeka: InTech. Retrived 20. 1. 2015 from the World Wide Web: <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/25029.pdf>

Ibrahim, S. A., Hamido, F., Al Mister, A. K., Mahgoob, A., Ghafar, S. A., & Alhran, H. (2009). Anterior cruciate ligament reconstruction using autologous hamstring double bundle graft compared with single bundle procedures. *The Journal of bone and joint surgery*, 91(10), 1310-1315. Retrived 25. 1. 2015 from the World Wide Web: <http://www.bjj.boneandjoint.org.uk/content/91-B/10/1310.full.pdf+html>

Illingworth, K. D., Musahl, V., Lorenz, S. G. F., & Fu, F. H. (2010). Use of Fibrin Clot in the Knee. *Operative Techniques in Orthopaedics*, 20(2), 90-97. Retrived 15. 2. 2015 from SCIENCE DIREKT database on the World Wide Web: http://ac.els-cdn.com/S1048666609001682/1-s2.0-S1048666609001682-main.pdf?_tid=0a831fd2-e0e1-11e4-8e73-00000aab0f01&acdnat=1428821967_a2e67140fd3d24cee8e451a785be22e4

Iriuchishima, T., Koyama, T., Shirakura, K., & Fu, F. H. (2013). Patient selection of anatomical double bundle or traditional single bundle ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 21(3), 571-575. Retrived 15. 12. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=04f6547b-5d9e-40a0-8bf4-59d6598e08a9%40sessionmgr115&vid=7&hid=102>

Janda, V., & Pavlů, D. (1993). Goniometrie. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.

- Johnsson, H., Riklund-Ahlstrom, K., & Lind, J. (2004). Positive pivot shift after ACL reconstruction predicts later osteoarthritis. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 75(5), 594-599. Retrived 15. 10. 2015 from the World Wide Web:
<http://informahealthcare.com/doi/pdf/10.1080/00016470410001484>
- Kato, Y., Ingham, S. J. M., Kramer, S., Smolinski, P., Saito, A., & Fu, F. H. (2010). Effect of tunnel position for anatomic single-bundle ACL reconstruction on knee biomechanics in a porcine model. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 18(1), 2-10. Retrived 15. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=d3a09ca5-caa7-49e1-8fbc-c7f84a4f37ff%40sessionmgr198&vid=133&hid=123>
- Kato, Y., Maeyama, A., Lertwanich, P., Wang, J., Ingham, S., Kramer, S., Martins, C., Smolinski, P., & Fu, F. H. (2013). Biomechanical comparison of different graft positions for single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 21(4), 816-823. Retrived 15. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=d79d3217-e20f-410e-a1ce-4e2622079c3d%40sessionmgr4004&vid=6&hid=4107>
- Kawaguchi, Y., Kongo, E., Kitamura, N., Kai, S., Inoue, M., & Yasuda, K. (2011). Comparisons of femoral tunnel enlargement in 169 patients between single-bundle and anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstructions with hamstring tendon grafts. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19(8), 1249-1257. Retrived 15. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=d3a09ca5-caa7-49e1-8fbc-c7f84a4f37ff%40sessionmgr198&vid=108&hid=123>
- Kendall, F. P., McCreary, E. K., & Provance, P. G. (1933). *Muscle testing and function with posture and pai.* (4th ed.). Chicago: Williams & Wilkins.
- Kobayashi, H., Kanamura, T., Koshida, S., Miyashita, K., Okado, T., Shimizu, T., & Yokoe, K. (2010). Mechanisms of the anterior cruciate ligament injury in sports activities: A twenty-year clinical research of 1,700 athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(4), 669-675. Retrived 25. 10. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=51a84379-15a4-4d4d-bc7c-212cf9350fe4%40sessionmgr112&hid=123>

Kongo, E., Yasuda, K., Miyatake, S., Kitamura, N., Tohyama, H., & Yagi, T. (2012). Clinical comparison of two suspensory fixation devices for anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 20(7), 1261-1267. Retrived 17. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=55&sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&hid=123>

Kongtharvonskul, J., Attia, J., Thamakaison, S., Kijkunasathian, C., Woratanarat, P., & Thakkinstian, A. (2013). Clinical outcomes of double- vs single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review of randomized control trials. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23 (1), 1-14. Retrived 15. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=129&sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&hid=123>

Koudela, K., Jr., Matějka, J., Nepraš, P., & Zeman, P. (2012). Anatomická rekonstrukce předního zkříženého vazů double bundle technikou - možnosti cílení femorálních kanálů. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Čechoslovaca*, 79(1), 41-47. Retrived 10. 10. 2015 from the World Wide Web:

http://www.achot.cz/dwnld/achot_2012_1_41_47.pdf

Laoruengthana, A., Pattayakorn, S., Chotanaputhi, T., & Kosiyatrakul, A. (2009). Clinical comparison between six-strand hamstring tendon and patellar tendon autograft in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized clinical trial [Abstract]. *Journal of the Medical Association of Thailand*, 92(4), 491-497. Retrived 15. 1. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:

<http://web.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=69&sid=d3a09ca5-caa7-49e1-8fbc-c7f84a4f37ff%40sessionmgr198&hid=123&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=19374299>

Lavery, K. P., Rasmussen, J. F., & Dhawan, A. (2014). Five-strand hamstring autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy techniques*, 3(4), 423-426. Retrived

15. 1. 2015 from the World Wide Web:

[http://www.arthroscopytechniques.org/article/S2212-6287\(14\)00014-0/fulltext](http://www.arthroscopytechniques.org/article/S2212-6287(14)00014-0/fulltext)

Lee, H. M., Cheng, C. K., & Liao, J. J. (2009). Correlation between proprioception, muscle strength, knee laxity, and dynamic standing balance in patients with chronic anterior cruciate ligament deficiency. *The Knee*, *16*(5), 387-391. Retrived 10. 10. 2015 from SCIENCE DIREKT database on the World Wide Web:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968016009000325>

Lee, R. J., & Ganley, T. J. (2014). The 5-strand hamstring graft in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy techniques*, *3*(5), 627-631. Retrived 15. 1. 2015 from the World Wide Web: [http://www.arthroscopytechniques.org/article/S2212-6287\(14\)00088-7/fulltext](http://www.arthroscopytechniques.org/article/S2212-6287(14)00088-7/fulltext)

Legnani, C., Ventura, A., Terzagni, C., Borgo, E., & Albisetti, W. (2010). Anterior cruciate ligament reconstruction with synthetic grafts. A review of literature. *International Orthopaedics*, *34*(4), 465-471. Retrived 15. 1. 2015 from the World Wide Web:

http://download.springer.com/static/pdf/986/art%253A10.1007%252Fs00264-010-0963-2.pdf?auth66=1427647302_b7ab6909f5cd83e0b96179a3339c9806&ext=.pdf

Lephart, S. M., Pincivero, D. M., & Rozzi, S. L. (1998). Proprioception of the ankle and knee. *Sports Medicine*, *25*(3), 149-155. Retrived 10. 10. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=19&sid=3c36b4ce-1f37-40e8-8763-aeb0f55c46b0%40sessionmgr4001&hid=4106>

Li, X., Xu, C. P., Song, J. Q., 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. Retrived 10. 10. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:

<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=77&sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&hid=123>

Li, Y.-L., Ning, G. Z., Wu, Q., Wu, Q. L., Li, Y., Hao, Y., & Feng, S. Q. (2014). Single-bundle or double-bundle for anterior cruciate ligament reconstruction: A meta-analysis. *The Knee*, *21*(1), 28-37. Retrived 10. 10. 2015 from Academic Search Complete database on the World Wide Web:

<http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&vid=27&hid=123>

Liu, S. H., Al-Shaikh, R., Panossian, V., Yang, R. S., Nelson, S. D., Soleiman, N., & Lane, J. M. (1996). Primary immunolocalization of estrogen and progesterone target cells in the human anterior cruciate ligament [Abstract]. *Journal of Orthopaedic Research*, 14(4), 526-533. Retrived 18. 11. 2015 from PubMed database on the World Wide Web:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8764860>

Livesay, G. A., Rudy, T. W., Woo, S. L., Runco, T. J., Sakane, M., Li, G., & Fu, F. H. (1997). Evaluation of the effect of joint constraints on the in situ force distribution in the anterior cruciate ligament. *Journal of Orthopaedic Research*, 15(2), 278-284. Retrived 15. 10. 2015 from ProQuest database on the World Wide Web:
<http://search.proquest.com/docview/235129295?accountid=16730>

Longo, U. G., Rizzello, G., Berton, A., Fumo, C., Maltese, L., Khan, W. S., & Denaro, V. (2013). Synthetic Grafts for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction [Abstract]. *Current Stem Cell Research & Therapy*, 8(6), 429-437. Retrived 15. 1. 2015 from Academic Search Complete database on the World Wide Web:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=14&sid=5a98cbce-13f7-44bf-bbdb-0f7650d6834e%40sessionmgr4001&hid=4107&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=a9h&AN=91683334>

Loudon, J. K., Jenkins, W., & Loudon, K. L. (1996). The relationship between static posture and ACL injury in female athletes. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 24(2), 91-97. Retrived 1. 11. 2015 from the World Wide Web:
<http://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.1996.24.2.91>

Macdonald, S. A., Heard, S. M., Hiemstra, L. A., Buchko, G. M., Kerslake, S., & Sasyniuk, T. M. (2014). A comparison of pain scores and medication use in patients undergoing single-bundle or double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Canadian Journal of Surgery. Journal Canadien de Chirurgie*, 57(3), 98-104. Retrived 15. 11. 2015 from Academic Search Complete database on the World Wide Web:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=19&sid=e5526491-c31c-424b-8d22-69ea4ab491f4%40sessionmgr4001&hid=4107>

- 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), 2-8. Retrived 15. 11. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=7218078e-1470-46db-8a31-f67fb794f170%40sessionmgr114&vid=5&hid=116>
- Mašát, P., Dylevský, I., & Havlas, V. (2005). Výsledky operací náhrad předního zkříženého vazů kolenního kloubu. *Kontakt*, 1(2), 145-152. Retrived 10. 10. 2015 from the World Wide Web: <http://casopis-zsfju.zsf.jcu.cz/kontakt/administrace/clankyfile/20120321152834144975.pdf>
- Matava, M. J., Howard, D. R., Polakof, L., & Brophy, R. H. (2014). Public perception regarding anterior cruciate ligament reconstruction. *The Journal of bone and joint surgery*, 96(10), e85 (1-6). Retrived 15. 12. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=04f6547b-5d9e-40a0-8bf4-59d6598e08a9%40sessionmgr115&vid=18&hid=102>
- Melnyk, M., Faist, M., Claes, L., & Friemert, B. (2006). Therapeutic Cooling: No Effect on Hamstring Reflexes and Knee Stability. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(7), 1329-1334. Retrived 16. 11. 2015 from the World Wide Web: http://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.15.1b/ovidweb.cgi?WebLinkFrameset=1&S=HBBGFPBMHKDDBMOANCKKNGGC EENMAA00&returnUrl=ovidweb.cgi%3f%26Full%2bText%3dL%257cS.sh.22.23%257c0%257c00005768-200607000-00018%26S%3dHBBGFPBMHKDDBMOANCKKNGGC EENMAA00&directlink=http%3a%2f%2fgraphics.tx.ovid.com%2fovftpdfs%2fFPDDNCGCNGOAHK00%2ffs047%2fovft%2flive%2fgv024%2f00005768%2f00005768-200607000-00018.pdf&filename=Therapeutic+Cooling%3a+No+Effect+on+Hamstring+Reflexes+and+Knee+Stability.&pdf_key=FPDDNCGCNGOAHK00&pdf_index=/fs047/ovft/live/gv024/00005768/00005768-200607000-00018
- Merkunová, A., & Orel, M. (2008). *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. Praha: Grada Publishing.
- Metzler, A. V., & Johnson, D. L. (2014). ACL Reconstruction: Surgical Approaches and Anatomic Considerations in 2014. *Current Orthopaedic Practice*, 25(4), 306-311.

Retrieved 14. 2. 2015 from the World Wide Web:
http://www.medscape.com/viewarticle/829009_9

Müller, B., Hofbauer, M., Wongcharoenwatana, J., & Fu, F. H. (2013). Indications and contraindications for double-bundle ACL reconstruction. *International Orthopaedics*, 37(2), 239-246. Retrieved 10. 10. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=9&sid=f298d7c4-62d8-4dea-93c7-f5d1cb477c8f%40sessionmgr4005&hid=4107>

Müller, W. (1983). *The Knee: form, function, and ligament reconstruction*. Berlin: Springer.

Muneta, T., Koga, H., Ju, Y. J., Yagishita, K., & Sekiya, I. (2011). Effects of different initial bundle tensioning strategies on the outcome of double-bundle ACL reconstruction: a cohort study. *Sports medicine, arthroscopy, rehabilitation, therapy & technology*, 3(1), 15-21. Retrieved 15. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=20&sid=a455740e-67d6-48f1-b662-2062bcb341bf%40sessionmgr4004&hid=4107>

Murawski, C. D., Van Eck, C. F., Irrgang, J. J., Taschman, S., & Fu, F. H. (2014). Operative treatment of primary anterior cruciate ligament rupture in adults. *The Journal of bone and joint surgery*, 96(8), 685-694. Retrieved 15. 12. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=5a98cbce-13f7-44bf-bbdb-0f7650d6834e%40sessionmgr4001&vid=6&hid=4107>

Musahl, V., Becker, R., Fu, F. H., & Karlsson, J. (2011). New trends in ACL research. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 1(19), S1-S3. Retrieved 10. 10. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=64&sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&hid=123>

Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2005). The effects of gender on quadriceps muscle activation strategies during a maneuver that mimics a high ACL injury risk position. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 15(2), 181-189. Retrieved 26. 10. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: http://ac.els-cdn.com/S1050641104000811/1-s2.0-S1050641104000811-main.pdf?_tid=4a7bed78-

b1ff-11e4-89ce-

00000aacb362&acdnat=1423667255_64a467409de0bd3ee9afcdcbe0e74416

Nagai, T., Sell, T. C., House, A. J., Abt, J. P., & Lephart, S. M. (2013). Knee Proprioception and Strength and Landing Kinematics During a Single-Leg Stop-Jump Task. *Journal of Athletic Training, 48(1)*, 31-38. Retrived 15. 10. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=3c36b4ce-1f37-40e8-8763-aeb0f55c46b0%40sessionmgr4001&vid=39&hid=4106>

Norkin, C. C., & White, DJ. (1995). Measurement of joint motion: a guide to goniometry (2nd ed.). Philadelphia: F. A. Davis Company.

Noyes, F. R., Butler, D. L., Grood, E. S., Zernicke, R. F., & Hefzy, M. S. (1984).

Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions. *The Journal of bone and joint surgery, 66(3)*, 344-352. Retrived 15. 1. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:

<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=37f48a61-e1d2-4410-add8-f38fa745b436%40sessionmgr113&vid=6&hid=123>

Nýdrle, M., & Veselá, H. (1992). *Jedna kapitola ze speciální rehabilitace poranění kolenního kloubu*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.

OA Centers for Orthopaedics - A division of Spectrum Medical Group. (2014). *ACL Graft Choices*. Retrived 18. 4. 2015 from the World Wide Web:

<http://www.orthoassociates.com/SP11B35/>

Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I., & Bahr, R. (2003). Relationship between floor type and risk of ACL injury in team handball. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 13(5)*, 299-305. Retrived 25. 10. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=8&sid=75559d71-55e7-46e4-bdf4-49d9526d76c5%40sessionmgr4004&hid=4114>

Orchard, J. W., Chivers, I., Aldous, D., Bennell, K., & Seward, H. (2005). Rye grass is associated with fewer non-contact anterior cruciate ligament injuries than bermuda grass. *British Journal of Sports Medicine, 39(10)*, 704-709. Retrived 25. 10. 2015 from

SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=3de4db5c-b81f-41a8-b6c4-d469c8d6ead0%40sessionmgr114&hid=106>

Orchard, J., Seward, H., McGivern, J., & Hood, S. (1999). Rainfall, evaporation and the risk of non-contact anterior cruciate ligament injury in the Australian Football League [Abstract]. *Medical Journal of Australia*, 170(7), 304-306. Retrived 26. 10. 2013 from PubMed database on the World Wide Web:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10327970>

Pappas, E., Zampeli, F., Xergia, S., & Georgoulis, A. (2013). Lessons learned from the last 20 years of ACL-related in vivo-biomechanics research of the knee joint. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 21(4), 755-766. Retrived 16. 11. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=c1fa3441-9c6e-45af-b98d-1a4b32f5fc91%40sessionmgr4005&vid=14&hid=4114>

Paša, L. (2010). Homepage. *Rekonstrukce předního zkrříženého vazů kolena (PZV) (angl. ACL = Anterior Cruciate Ligament)*. Retrieved 7. 10. 2015 from the World Wide Web:

<http://www.pasa.cz/stranka/22/rekonstrukce-predniho-zkrizeneho-vazu-kolena-pzv-angl-acl-anterior-cruciate-ligament/>

Paterno, M. V., Schmitt, L. C., Ford, K. R., Rauh, M. J., Myer, G. D., Huang, B., & Hewett, T. E. (2010). Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport [Abstract]. *American Journal of Sports Medicine*, 38(10), 1968-1978. Retrived 16. 11. 2015 from Academic Search Complete database on the World Wide Web:

<http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=5&sid=94ca9ac9-a03a-41a5-bedf-0d67fcbb1e0b%40sessionmgr114&hid=107&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=a9h&AN=60094664>

Porter, M. D., & Shadbolt, B. (2014). "Anatomic" single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction reduces both anterior translation and internal rotation during the pivot shift [Abstract]. *American Journal of Sports Medicine*, 42(12), 2948-2954. Retrived 15. 1. 2015 from PubMed database on the World Wide Web:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25239931>

- Prodromos, C. C., Brown, C., Fu, F. H., Georgoulis, A. D., Gobbi, A., Howell, S. M., Johnson, D., Paulos, L. E., & Shelbourne, K. D. (2008). *The Anterior Cruciate Ligament: Reconstruction and Basic Science*. Philadelphia: Saunders Elsevier.
- Prodromos, C. C., Fu, F. H., Howell, S. M., Johnson, D. H., & Lawhorn, K. (2008). Controversies in soft-tissue anterior cruciate ligament reconstruction: grafts, bundles, tunnels, fixation, and harvest [Abstract]. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 16(7), 376-384. Retrived 15. 3. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=4&sid=0133349d-fe25-4705-80a9-4f12c92f5d1f%40sessionmgr4004&hid=4107&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=18611995>
- Prodromos, C. C., Han, Y., Rogowski, J., Joyce, B., & Shi, K. (2007). A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen [Abstract]. *Arthroscopy: The journal of arthroscopic & related surgery*, 23(12), 1320-1325. Retrived 25. 10. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=8&sid=51a84379-15a4-4d4d-bc7c-212cf9350fe4%40sessionmgr112&hid=123&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=18063176>
- Racine, J. R., & Aaron, R. K. (2014). Post-Traumatic Osteoarthritis after ACL Injury. *Rhode Island Medical Journal*, 97(11), 25-28. Retrived 18. 10. 2015 from Academic Search Complete database on the World Wide Web:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=50&sid=75559d71-55e7-46e4-bdf4-49d9526d76c5%40sessionmgr4004&hid=4114>
- Rahim, H. S. M., & Lubna, F. (2011). *Step by Step® Treatment of Osteoarthritis Knee*. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers.
- Ravandi, A., Lazlo, B., & Nooritajer, M. (2013). Functional outcome and stability of Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Four-Strand Hamstring Graft. *Middle East Journal of Family Medicine*, 11(8), 4-7. Retrived 15. 1. 2015 from Academic Search Complete database on the World Wide Web:

<http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=43&sid=d3a09ca5-caa7-49e1-8fbc-c7f84a4f37ff%40sessionmgr198&hid=123>

Ruendl, G., Ploner, P., Linortner, I., Schranz, A., Fink, Ch., Sommersacher, R., Pocecco, E., Nachbauer, W., & Butscher, M. (2009). Are oral contraceptive use and menstrual cycle phase related to anterior cruciate ligament injury risk in female recreational skiers? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 17(9), 1065-1070. Retrived 5. 11. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=8&sid=90e02a63-3f70-477d-a688-af4dcef0dcb6%40sessionmgr113&hid=102>

Rychlíková, E. (2002). *Funkční poruchy kloubů končetin, diagnostika a léčba*. Praha: Grada Publishing.

Sakane, M., Fox, R. J., Woo, S. L., 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. Retrived 15. 11. 2015 from ProQuest database on the World Wide Web:

<http://search.proquest.com/docview/235118047/fulltextPDF?accountid=16730>

Serbest, S., & Yilmaz, E. (2013). The Results of Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament Using The "Endobutton CL" System And Four-Strand Hamstring Tendon Autografts. *Firat Tip Dergisi*, 18(4), 208-212. Retrived 15. 1. 2015 from Academic Search Complete database on the World Wide Web:

<http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=d3a09ca5-caa7-49e1-8fbc-c7f84a4f37ff%40sessionmgr198&vid=55&hid=123>

Shambaugh, J. P., Klein, A., & Herbert, J. H. (1991). Structural measures as predictors of injury basketball players [Abstract]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23(5), 522-527. Retrived 26. 10. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: <http://web.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=11&sid=3de4db5c-b81f-41a8-b6c4-d469c8d6ead0%40sessionmgr114&hid=106&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZI#db=s3h&AN=SPH307789>

Schachter, A. K., & Montgomery, K. D. (2009). Soft-Tissue Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament With the AperFix System. *Operative Techniques in Sports Medicine*,

17(1), 57-61. Retrived 29. 2. 2015 from SCIENCE DIREKT database on the World Wide Web:http://ac.els-cdn.com/S1060187209000574/1-s2.0-S1060187209000574-main.pdf?_tid=08bc413a-e530-11e4-a7fc-00000aacb360&acdnat=1429295699_81cdf54d29f3b2f7223d3da493cf59dc

Schultz, R. A., Miller, D. C., Kerr, C. S., & Micheli, L. (1984). Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. A histological study. *The Journal of bone and joint surgery*, 66(7), 1072-1076. Retrived 15. 11. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=10&sid=52b602d3-df15-4a54-99a5-35ee6deb8f8b%40sessionmgr113&hid=116>

Siebold, R. (2007). Observations on bone tunnel enlargement after double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction [Abstract]. *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery*, 23(3), 291-298. Retrived 15. 1. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=101&sid=d3a09ca5-caa7-49e1-8fbc-c7f84a4f37ff%40sessionmgr198&hid=123&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=17349473>

Siebold, R. (2008). One-Bundle Anterior Cruciate Ligament Augmentation Using the Anatomic Reconstruction Concept. *Operative Techniques in Sports Medicine*, 16(3), 148-156. Retrived 15. 12. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: http://ac.els-cdn.com/S1060187208000567/1-s2.0-S1060187208000567-main.pdf?_tid=afa3da32-bb49-11e4-9066-00000aacb35f&acdnat=1424688768_7eaa6ef3de97cdd44d81039c1c833453

Siebold, R., & Fu, F. H. (2008). Assessment and augmentation of symptomatic anteromedial or posterolateral bundle tears of the anterior cruciate ligament [Abstract]. *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery*, 24(11), 1289-1298. Retrived 15. 12. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?nobk=y&vid=4&sid=998003e8-9439-4587-8456-95668ee0b3e3@sessionmgr112&hid=102&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=18971061>

- Slauterbeck, J. R., Fuzie, S. F., Smith, M. P., Clark, R. J., Xu, K. T., Starch, D. W., & Hardy, D. M. (2002). The menstrual cycle, sex hormones, and anterior cruciate ligament injury. *Journal of Athletic Training, 37*(3), 275-278. Retrived 18. 11. 2015 from the World Wide Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC164356/>
- Smékal, D., Hanzlíková, I., Žiak, D., & Opavský, J. (2014). Remodelace štěpu a vhojení štěpu do kostěného tunelu po artroskopické náhradě předního zkříženého vazů. *Rehabilitation & Physical Medicine, 21*(3), 114-122. Retrived 15. 2. 2015 from Academic Search Complete database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=10&sid=991ef3ad-78d8-4ce7-a3ed-38dbe4b04411%40sessionmgr111&hid=123>
- Smékal, D., Kalina, R., & Urban, J. (2006). Rehabilitace po artroskopických náhradách předního zkříženého vazů. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Čechoslovaca, 73*(6), 421-428. Retrived 10. 10. 2015 from the World Wide Web: http://acl-plastika.wbs.cz/rehabilitace/rehabilitace_po_plastice_09112012.pdf
- Smith, H. C., Vacek, P., Johnson, R. J., Slauterbeck, J. R., Hashemi, J., Shultz, S., & Beynnon, B. D. (2012). Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury: A Review of the Literature-Part 2: Hormonal, Genetic, Cognitive Function, Previous Injury, and Extrinsic Risk Factors. *Sports Health, 4*(2), 155-161. Retrived 18. 11. 2015 from World Wide Web: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3435909/pdf/10.1177_1941738111428282.pdf
- Smith, T. O., Postle, K., Penny, F., McNamara, I., & Mann, C. J. (2014). Is reconstruction the best management strategy for anterior cruciate ligament rupture? A systematic review and meta-analysis comparing anterior cruciate ligament reconstruction versus non-operative treatment. *The Knee, 21*(2), 462-470. Retrived 15. 10. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=8cae12a3-d9bc-4593-9a5e-00c486e7e047%40sessionmgr111&vid=14&hid=102>
- Streich, N., Friedrich, K., Gotterbarm, T., & Schmitt, H. (2008). Reconstruction of the ACL with a semitendinosus tendon graft: a prospective randomized single blinded comparison of double-bundle versus single-bundle technique in male athletes. *Knee Surgery, Sports*

Traumatology, Arthroscopy, 16(3), 232-238. Retrived 19. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=95&sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&hid=123>

Sun, L., Zhao, J., Shen, J., Du, B., & Yuan, B. (2013). Anatomic single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction in Asian population. *ANZ Journal of Surgery*, 83(4), 262-267. Retrived 15. 1. 2015 from Academic Search Complete database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=d3a09ca5-caa7-49e1-8fbc-c7f84a4f37ff%40sessionmgr198&vid=74&hid=123>

Suomalainen, P., Järvelä, T., Paakkala, A., Kannus, P., & Järvinen, M. (2012). Double-Bundle Versus Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective Randomized Study With 5-Year Results [Abstract]. *American Journal of Sports Medicine*, 40(7), 1511-1518. Retrived 25. 2. 2015 from PubMed database on the World Wide Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22691456>

Suomalainen, P., Kannus, P., & Järvelä, T. (2013). Double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a review of literature. *International orthopaedics*, 37(2), 227-232. Retrived 1. 12. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=82&sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&hid=123>

Swanik, C. B., Covassin, T., Stearne, D. J., & Schatz, P. (2007). The relationship between neurocognitive function and noncontact anterior cruciate ligament injuries [Abstract]. *American Journal of Sports Medicine*, 35(6), 943-948. Retrived 18. 11. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=26&sid=2bbcaf1d-c469-491f-8ed5-e2c4c054acd2%40sessionmgr113&hid=102&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=s3h&AN=SPHS-1057503>

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. Retrived 16. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=a455740e-67d6-48f1-b662-2062bcb341bf%40sessionmgr4004&vid=107&hid=4107>

Tegner, Y., & Lysholm, J. (1985). Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clinical Orthopaedics & Related Research*, 198, 43-49. Retrived 15. 3. 2015 from the World Wide Web:

http://www.udel.edu/PT/PT%20Clinical%20Services/journalclub/sojc/03_04/sep03/tegnerr.pdf

Tiamklang, T., Sumanont, S., Foocharoen, T., & Laopaiboon, M. (2012). Double-bundle versus single-bundle reconstruction for anterior cruciate ligament rupture in adults (Review). *The Cochrane database of systematic reviews*, 11, 1-90. Retrived 16. 2. 2015 from the World Wide Web: <http://www.update-software.com/BCP/WileyPDF/EN/CD008413.pdf>

Van Eck, C. F., Schreiber, V. M., Liu, T. T., & Fu, F. H. (2010). The anatomic approach to primary, revision and augmentation anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 18(9), 1154-1163. Retrived 15. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=8cae12a3-d9bc-4593-9a5e-00c486e7e047%40sessionmgr111&vid=9&hid=102>

Van Grinsven, S., Van Cinger, 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. Retrived 15. 3. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=5d5cff20-f829-4575-aa05-33f0fbddd27d%40sessionmgr4001&vid=6&hid=4107>

Ventura, A., Terzagni, C., Legnani, C., Borgo, E., & Albisetti, W. (2010). Synthetic grafts for anterior cruciate ligament rupture: 19-year outcome study. *The Knee*, 17(2), 108-113. Retrived 15. 1. 2015 from SCIENCE DIREKT database on the World Wide Web:

http://ac.els-cdn.com/S0968016009001306/1-s2.0-S0968016009001306-main.pdf?_tid=97ac4192-d630-11e4-876e-00000aacb35d&acdnat=1427646672_82d00ead38447adc83f0f4d84a46000a

- Vescovi, J. D. (2011). The Menstrual Cycle and Anterior Cruciate Ligament Injury Risk: Implications of Menstrual Cycle Variability. *Sports Medicine*, 41(2), 91-101. Retrived 18. 11. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=90e02a63-3f70-477d-a688-af4dcef0dcb6%40sessionmgr113&vid=14&hid=102>
- Viggiano, D., Corona, K., Cerciello, S., Vasso, M., & Schiavone-Panni, A. (2014). The Kinematic Control During the Backward Gait and Knee Proprioception: Insights from Lesions of the Anterior Cruciate Ligament. *Journal of Human Kinetics*, 41, 51-57. Retrived 15. 10. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=3c36b4ce-1f37-40e8-8763-aeb0f55c46b0%40sessionmgr4001&vid=44&hid=4106>
- Winter, D. A. (1995). Human balance and postural control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3(4), 193-214. Retrived 10. 10. 2015 from the World Wide Web: <http://www.cs.cmu.edu/~hgeyer/Teaching/R16-899B/Papers/Winter95Gait%26Posture.pdf>
- Wojtys, E. M., Huston, L. J., Boynton, M. D., Spindler, K. P., & Lindenfeld, T. N. (2002). The effect of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injuries in women as determined by hormone levels [Abstract]. *American Journal of Sports Medicine*, 30(2), 182-188. Retrived 18. 11. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=15&sid=90e02a63-3f70-477d-a688-af4dcef0dcb6%40sessionmgr113&hid=102&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=s3h&AN=SPHS-818712>
- Wojtys, E. M., Huston, L. J., Lindenfeld, T. N., Hewett, T. E., & Greenfield, M. L. V. H. (1998). Association between the menstrual cycle and anterior cruciate ligament injuries in female athletes [Abstract]. *American Journal of Sports Medicine*, 26(5), 614-619. Retrived 5. 11. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=7&sid=90e02a63-3f70-477d-a688-af4dcef0dcb6%40sessionmgr113&hid=102&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=s3h&AN=SPHS-20477>

- Wroblewski, A. P., Mejia, H. A., & Wright, V. J. (2010). Application of Platelet-Rich Plasma to Enhance Tissue Repair. *Operative Techniques in Orthopaedics*, 20(2), 98-105. Retrived 18. 2. 2015 from SCIENCE DIREKT database on the World Wide Web: http://ac.els-cdn.com/S1048666609001463/1-s2.0-S1048666609001463-main.pdf?_tid=da505218-e0e9-11e4-a32f-00000aab0f6c&acdnat=1428825752_0f7e0996bc777ed3480a68387254556f
- Xu, Y., Ao, Y.-F., Wang, J.-Q., & Cui, G.-Q. (2014). Prospective randomized comparison of anatomic single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 22(2), 308-316. Retrived 13. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=106&sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&hid=123>
- Yu, B., Kirkendall, D. T., & Garrett, W. E., Jr. (2002). Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Anatomy, physiology, and motor control. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 10(1), 58-68. Retrived 1. 11. 2015 from World Wide Web: http://ovidsp.tx.ovid.com/sp-3.14.0b/ovidweb.cgi?WebLinkFrameset=1&S=GKNJFPDIAEDDECLONCLKLBLBJICIAA00&returnUrl=ovidweb.cgi%3f%26Full%2bText%3dL%257cS.sh.22.23%257c0%257c00132585-200210010-00009%26S%3dGKNJFPDIAEDDECLONCLKLBLBJICIAA00&directlink=http%3a%2f%2fgraphics.tx.ovid.com%2fovftpdfs%2fFPDDNCLBLBLOAE00%2ffs046%2fovft%2flive%2fgv023%2f00132585%2f00132585-200210010-00009.pdf&filename=Anterior+Cruciate+Ligament+Injuries+in+Female+Athletes%3a+Anatomy%2c+Physiology%2c+and+Motor+Control.&pdf_key=FPDDNCLBLBLOAE00&pdf_index=/fs046/ovft/live/gv023/00132585/00132585-200210010-00009
- Yu, W. D., Liu S. H., Hatch, J. D., Panossian, V., & Finerman, G. A. (1999). Effect of estrogen on cellular metabolism of the human anterior cruciate ligament [Abstract]. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 366, 229-238. Retrived 18. 11. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=21&sid=90e02a63-3f70-477d-a688-af4dcef0dcb6%40sessionmgr113&hid=102&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=10627740>

- Yu, W. D., Panossian, V., Hatch, J. D., Liu, S. H., & Finerman, G. A. M. (2001). Combined effects of estrogen and progesterone on the anterior cruciate ligament [Abstract]. *Clinical Orthopaedics & Related Research*, 383, 268-281. Retrived 18. 11. 2015 from the World Wide Web:
http://journals.lww.com/corr/Abstract/2001/02000/Combined_Effects_of_Estrogen_and_Progesterone_on.31.aspx
- Zaffagnini, S., Bruni, D., Muccioli, G. M. M., Bonanzinga, T., Lopomo, N., Bignozzi, S., & Marcacci, M. (2011). Single-bundle patellar tendon versus non-anatomical double-bundle hamstrings ACL reconstruction: a prospective randomized study at 8-year minimum follow-up. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19(3), 390-397. Retrived 28. 1. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=991ef3ad-78d8-4ce7-a3ed-38dbe4b04411%40sessionmgr111&hid=123>
- Zaffagnini, S., Marcheggiani, M. G. M., Bonanzinga, T., Nitri, M., Grassi, A., & Marcacci, M. (2013). Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction leaving hamstrings tibial insertion intact: technical note. *Musculoskeletal surgery*, 97(1), 39-43. Retrived 21. 1. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=147&sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&hid=123>
- Zeman, P., Koudela, K., Jr., Kasl, J., Nepraš, P., Zeman, J., & Matějka, J. (2014). Anatomická rekonstrukce LCA double- versus single-bundle technikou - zhodnocení krátkodobých klinických výsledků prospektivní randomizované studie. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Čechoslovaca*, 81(1), 40-50. Retrived 10. 10. 2015 from the World Wide Web: http://www.achot.cz/dwnld/achot_2014_1_40_50.pdf
- Zhang, Z., Gu, B., Zhu, W., Zhu, L., Li, Q., & Du, Y. (2014). Arthroscopic single-bundle versus triple-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*, 48(4), 413-418. Retrived 16. 1. 2015 from MEDLINE Complete database on the World Wide Web:
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=a455740e-67d6-48f1-b662-2062bcb341bf%40sessionmgr4004&vid=102&hid=4107>

Zhao, J., Peng, X., He, Y., & Wang, J. (2006). Two-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with eight-stranded hamstring tendons: four-tunnel technique. *The Knee*, *13*(1), 36-41. Retrived 15. 1. 2015 from SCIENCE DIREKT database on the World Wide Web: http://ac.els-cdn.com/S0968016005000712/1-s2.0-S0968016005000712-main.pdf?_tid=7c7e929a-d896-11e4-960c-00000aacb361&acdnat=1427910337_2b324d8e06b1ddca0a09cc5abcec597a

Zhu, Y., Tang, R.-K., Zhao, P., Zhu, S.-S., Li, Y.-G., & Li, J.-B. (2013). Double bundle reconstruction results in superior clinical outcome than single-bundle reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *21*(5), 1085-1096. Retrived 15. 12. 2015 from SPORTDiscus with Full Text database on the World Wide Web: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=85&sid=ae56aaf8-d132-47d2-9813-ba0424067d71%40sessionmgr112&hid=123>

9 PŘÍLOHY

Příloha 1.

Tabulka 1. Rozsahy pohybů v kolenním kloubu

POHYB	American Academy of Orthopedic Surgeons	Kendall, McCreary, Provanace	Hoppenfeld	American Medical Associations	Kapandji	Kolář	Bartonček, Heřt	Janda, Pavlů	Rychlíková
Flexe	0-135°	0-140°	0-135°	0-150°	0-160°	0-120-150°	0-160°	125-160°	120-150°
Hyperextenze	0-10°	0	0			5-10°	5-15°	0-10°	
Vnitřní rotace	0-10°					10°	17°		
Zevní rotace	0-10°					30-40°	21°		

(Norikin & White, 1995; American Academy of Orthopedic Surgeons, 1965; Kendall, McCreary, & Provanace, 1933; Hoppenfeld, 1976; American Medical Association, 1998; Kolář, 2012; Janda & Pavlů, 1993; Rychlíková, 2002)

Příloha 2.

Tabulka 2. Doporučené rehabilitační postupy (Suomalainen, Kannus, & Järvelä, 2013, 229).

Studie	Rok publikování	Počet pacientů	Follow-up (měsíce)	Výsledky
Adachi et al.	2004	108	33	u SB více notch plastik
Aglietti et al.	2010	70	24	u DB lepší VAS, anteriorní stabilita a konečné objektivní IKDC skóre
Hussein et al.	2012	281	51	u DB nejlepší anteriorní a rotační stabilita, lepší IKDC a Lysholmovo skóre
Ibrahim et al.	2009	200	29	u DB nejlepší anteriorní a rotační stabilita
Järvelä	2007	65	14	u DB lepší rotační stabilita
Järvelä et al.	2008	77	24	u DB lepší rotační stabilita, než u všech SB technik
Munet et al.	2007	68	24	u DB lepší anteriorní a rotační stabilita
Siebold et al.	2008	70	19	u DB lepší anteriorní a rotační stabilita, lepší objektivní IKDC skóre
Suomalainen et al.	2011	152	24	u DB méně revizních operací
	2012	90	60	u DB méně revizních operací
Zaffagnini et al.	2008	72	36	u DB lepší anteriorní stabilita, subjektivní, objektivní a funkční hodnocení
	2011	79	96	u DB lepší rotační stabilita, ROM a funkční skóre, méně degenerativních změn a méně reoperací

ROM-rozsah pohybu, VAS-vizuální analogová škála

Příloha 3.

Tabulka 3. Srovnání výsledků „single bundle“ a „double bundle“ rekonstrukcí předního zkříženého vazů (Christel & Boueri, 2011)

Autor, rok publikace	Úroveň důkazu	Technika	Počet pacientů	KT 134 n (mm)	Pivot-shift % > posun
Yagi et al., 2007	2	SB AM	20	1,9	35
		SB PL	20	1,7	20
		ADB	20	1,9	15
Yasuda et al., 2006	2	SB	24	2,8	50
		ADB	24	1,1	12,5
Aglietti et al., 2007	2	SB	25	2,4	42
		DB - transtibionální	25	1,6	24
		DB - 2-incize	25	1,4	16
Jarvela, 2007	1	SB	52	1,8	36
		ADB	25	1,4	3,3
Muneta et al., 2007	1	SB	34	2,4	41,2
		ADB	105	1,4	14,7
Asagumo et al., 2007	3	SB	52	1,9	19,2
		ADB	71	1,7	12,7
Kongo et al., 2008	2	SB	157	2,5	49
		ADB	171	1,2	19
Siebold et al., 2008	1	SB	35	1,6	31,4
		ADB	35	1,0	0,04
Streich et al., 2008	1	SB	25	0,94	25
		ADB	24	1,1	24
Kim et al., 2009	3	SB	28	2,6	11
		ADB	31	1,8	0
Aglietti et al., 2010	1	SB	35	2,1	26
		ADB	35	1,2	14

Příloha 4.

Tabulka 4. Srovnání výsledků „single bundle“ a „double bundle“ rekonstrukcí předního

Studie, rok	Použitý rehabilitační postup
<p>Hofbauer, Muller, Wolf, Forsythe, & Fu, 2013</p>	<p>U anatomických DB rekonstrukcí byl použit stejný RHB protokol jako u SB rekonstrukcí (stejný postup, jenž popisují Hensler, Van Eck, Fu, & Irrgang, 2012). Počátečním cílem RHB je regulace bolesti a otoku s následným včasným obnovením plného pasivního rozsahu KOK do extenze (plné pasivní extenze v KOK). K dalším důležitým cílům patří znovuzískání plných rozsahů pohybu a síly m. quadriceps femoris. Aby se zabránilo selhání štěpu, musí být pooperační RHB péče pečlivě naplánována. Pacienti by měli být informováni, že i když anatomická rekonstrukce LCA poskytuje lepší kinematiku KOK a může vést ke zlepšení jeho dlouhodobého stavu, štěp stále potřebuje čas na remodelaci a zhojení. Z důvodu anatomického umístění působí na štěp v průběhu RHB větší síly, také proto je návrat ke sportu dovolen až kolem devátého měsíce. Nicméně nácvik pohybů, specifických pro daný sport, může být zahájen mezi šestým a sedmým pooperačním měsícem. Pacienti se mohou cítit zdraví a připraveni k návratu k předešlým aktivitám dříve, přesto by měli odolat pokušení agresivnějších, tzv. akcelerovaných RHB programů a tím předejít i možnému selhání štěpu.</p>
<p>Ibrahim et al., 2009</p>	<p>Rehabilitace po DB rekonstrukcích probíhala stejným způsobem jako po SB rekonstrukcích. V závislosti na toleranci bolesti bylo povoleno plné zatížení a plné rozsahy pohybu. Berle byly používány po dobu jednoho až dvou týdnů, ortézy použity nebyly. Aktivace m. quadriceps femoris v rámci uzavřeného kinetického řetězce byla zahájena okamžitě. Jízda na ergometru byla povolena od čtvrtého až pátého pooperačního týdne. Ve třetím měsíci po operaci byl povolen běh. Pokud bylo dosaženo plné funkční stability, byly v šestém měsíci povoleny sporty zahrnující pivotální pohyby. Pokud byly poraněné také menisky, byla prvních pět až šest týdnů omezena flexe v KOK na 90° a RHB program byl přizpůsoben tomuto omezení.</p>
<p>Zaffagnini et al., 2013</p>	<p>Rehabilitace po DB rekonstrukcích LCA byla stejná jako standartní RHB po jakémkoliv jiné technice.</p>
<p>Xu, Ao, Wang, & Cui, 2014</p>	<p>KOK bylo fixováno na několik dní v ortéze v plné EX. Po DB rekonstrukcích byl použit stejný pooperační RHB program jako po SB rekonstrukcích. Plná zátěž byla dovolena ve čtvrtém pooperačním týdnu a plné rozsahy pohybů byly získány do osmého pooperačního týdne. Běh byl povolen ve čtvrtém měsíci po operaci a kontaktní sporty nebyly doporučeny dříve, než po osmi měsících po operaci.</p>
<p>Streich, Friedrich, Gotterbarm, & Schmitt, 2008</p>	<p>U DB rekonstrukcí byl použit stejný pooperační RHB protokol jako u SB rekonstrukcí. Ortézy použity nebyly. Cvičení rozsahu pohybu KOK a izometrické svalové síly bylo zahájeno první pooperační den a postupně pokračovalo na základě uzavřených kinetických řetězců. Flexe v KOK větší než 90° a chůze s plným zatížením byla povolena za jeden měsíc po operaci. Jízda na ergometru a plavání bylo dovoleno po čtyřech týdnech po operaci a běh po dvanácti týdnech. Sportovní aktivity s pivotálními pohyby byly dovoleny až za šest až devět měsíců.</p>
<p>Gobbi, Mahajan, Karnatzikos, & Nakamura, 2012</p>	<p>RHB protokol byl u DB rekonstrukcí stejný jako u SB rekonstrukcí. První tři týdny byla povolena chůze o berlích s částečným zatížením operované dolní končetiny. Ortézy ani dlahy nebyly použity. Pacienti byli vedeni k obnovení plného rozsahu pohybu v KOK do extenze a k posílení m. quadriceps femoris. Po čtyřech týdnech od operace byl povolen návrat k běžným denním aktivitám. Návrat k bezkontaktním sportům byl dovolen po třech měsících a kontaktní sporty byly povoleny až po uběhnutí jednoho roku po operaci.</p>
<p>Koudela, Matějka, Nepraš & Zeman, P., 2012</p>	<p>Začátek RHB za 4 až 6 hodin po operačním výkonu. Pod dohledem fyzioterapeuta probíhala řízená RHB a nácvik chůze o francouzských berlích s lehkým došlapem na operovanou končetinu. Pro chůzi a na spaní byla doporučena po dobu 2-3 týdnů fixní ortéza. Odlehčení operované DK trvalo po dobu 4 až 5 týdnů, poté se začala DK plně zatěžovat. Do konce šestého pooperačního týdne byl plánován a požadován u všech operovaných KOK plný rozsah pohybu. Od začátku šestého měsíce byla povolena běžná sportovní zátěž, kontaktní sporty nejdříve za 9 měsíců od výkonu.</p>

Příloha 5.

TEGNER ACTIVITY LEVEL SCALE

Please indicate in the spaces below the HIGHEST level of activity that you participated in BEFORE YOUR INJURY and the highest level you are able to participate in CURRENTLY.

BEFORE INJURY: Level 9 CURRENT: Level 4

Level 10	Competitive sports- soccer, football, rugby (national elite)
<u>Level 9</u>	Competitive sports- soccer, football, rugby (lower divisions), ice hockey, wrestling, gymnastics, basketball
Level 8	Competitive sports- racquetball or bandy, squash or badminton, track and field athletics (jumping, etc.), down-hill skiing
Level 7	Competitive sports- tennis, running, motorcars speedway, handball Recreational sports- soccer, football, rugby, bandy, ice hockey, basketball, squash, racquetball, running
Level 6	Recreational sports- tennis and badminton, handball, racquetball, down-hill skiing, jogging at least 5 times per week
Level 5	Work- heavy labor (construction, etc.) Competitive sports- cycling, cross-country skiing, Recreational sports- jogging on uneven ground at least twice weekly
<u>Level 4</u>	Work- moderately heavy labor (e.g. truck driving, etc.)
Level 3	Work- light labor (nursing, etc.)
Level 2	Work- light labor Walking on uneven ground possible, but impossible to back pack or hike
Level 1	Work- sedentary (secretarial, etc.)
Level 0	Sick leave or disability pension because of knee problems

Y Tegner and J Lysolm. *Rating Systems in the Evaluation of Knee Ligament Injuries.* Clinical Orthopedics and Related Research. Vol. 198: 43-49, 1985.

LYSHOLM KNEE SCORING SCALE

Instructions: Below are common complaints which people frequently have with their knee problems Please check the statement which best describes your condition.

- | | |
|---|---|
| <p>I. LIMP:
 <input checked="" type="checkbox"/> I have no limp when I walk. (5)
 <input type="checkbox"/> I have a slight or periodical limp when I walk. (3)
 <input type="checkbox"/> I have a severe and constant limp when I walk. (0)</p> <p>II. USING CANE OR CRUTCHES
 <input checked="" type="checkbox"/> I do not use a cane or crutches. (5)
 <input type="checkbox"/> I use a cane or crutches with some weight-bearing. (2)
 <input type="checkbox"/> Putting weight on my hurt leg is impossible. (0)</p> <p>III. LOCKING SENSATION IN THE KNEE
 <input type="checkbox"/> I have no locking and no catching sensations in my knee. (15)
 <input checked="" type="checkbox"/> I have catching sensation but no locking sensation in my knee. (10)
 <input type="checkbox"/> My knee locks occasionally. (6)
 <input type="checkbox"/> My knee locks frequently. (2)
 <input type="checkbox"/> My knee feels locked at this moment. (0)</p> <p>IV. GIVING WAY SENSATION FROM THE KNEE
 <input type="checkbox"/> My knee never gives way. (25)
 <input checked="" type="checkbox"/> My knee rarely gives way, only during athletics or other vigorous activities. (20)
 <input type="checkbox"/> My knee frequently gives way during athletics or other vigorous activities, in turn I am unable to participate in these activities. (15)
 <input type="checkbox"/> My knee occasionally gives way during daily activities. (10)
 <input type="checkbox"/> My knee often gives way during daily activities. (5)
 <input type="checkbox"/> My knee gives way every step I take. (0)</p> | <p>V. PAIN:
 <input checked="" type="checkbox"/> I have no pain in my knee. (25)
 <input type="checkbox"/> I have intermittent or slight pain in my knee during vigorous activities. (20)
 <input type="checkbox"/> I have marked pain in my knee during vigorous activities. (15)
 <input type="checkbox"/> I have marked pain in my knee during or after walking more than 1 mile. (10)
 <input type="checkbox"/> I have marked pain in my knee during or after walking less than 1 mile. (5)
 <input type="checkbox"/> I have constant pain in my knee. (0)</p> <p>VI. SWELLING
 <input type="checkbox"/> I have no swelling in my knee. (10)
 <input checked="" type="checkbox"/> I have swelling in my knee only after vigorous activities. (6)
 <input type="checkbox"/> I have swelling in my knee after ordinary activities. (2)
 <input type="checkbox"/> I have swelling constantly in my knee. (0)</p> <p>VII. CLIMBING STAIRS:
 <input checked="" type="checkbox"/> I have no problems climbing stairs. (10)
 <input type="checkbox"/> I have slight problems climbing stairs. (6)
 <input type="checkbox"/> I can climb stairs only one at a time. (2)
 <input type="checkbox"/> Climbing stairs is impossible for me. (0)</p> <p>VIII. SQUATTING
 <input type="checkbox"/> I have no problems squatting. (5)
 <input checked="" type="checkbox"/> I have slight problems squatting. (4)
 <input type="checkbox"/> I can not squat beyond a 90 degree bend in my knee. (2)
 <input type="checkbox"/> Squatting is impossible because of my knee. (0)</p> |
|---|---|

TOTAL 85 /100

Příloha 6.

Operační sál: SMN_PRO_ORT_OS1

Zahájení operace: 17.3.2015 09:05

Doba trvání op.: 50 min

Ukončení operace: 17.3.2015 09:55

Operační tým:

Operatér: MUDr. Vladimír Macháček

1. asistent:

Perioperační sestra 1:

Perioperační sestra 2:

Anesteziolog:

Anest. sestra:

Typ anestezie: CA řízená s intubací

Diagnózy:

Operační:	S835	Podvrtnutí a natažení (před.) (zad.) zkříženého vazů kolena
Základní:	S835	Podvrtnutí a natažení (před.) (zad.) zkříženého vazů kolena
Příčina úrazu:	W0190	Pád na rov.po uklouz.n.zakon.; NS místo; sport

Typ akce: Operace

Hlavní operační výkon: 66041 1x REKONSTRUKČNÍ ARTROSKOPIE SLOŽITÁ

Další výkony: 66815 1x AUTOGENNÍ ŠTĚP

66127 1x MANIPULACE V CELKOVÉ NEBO LOKÁLNÍ ANESTÉZII

Spotřebovaný materiál, léky: 0030973 1x NÁSTAVEC SHAVERU - OPERAČNÍ FRÉZA

0097590 1x ŠROUB INTERFERENČNÍ VSTŘEBATELNÝ MILAGRO PRO REKONSTR.KŘÍŽOVÉHO VAZU

0077170 1x HŘEBÍK PRO REKONSTRUKCI KŘÍŽOVÉHO VAZU RIGIDFIX VSTŘEBATELNÝ

Operační výkon Dg. rpt. LCa totalis gen.l.sin.

slovy: Op: ASK BTB LCa gen sin /rigidfix, Milagro 7x30mm/

Průběh operace: Po provedení bezpečnostního procesu prevence stranové záměny v klidné celkové anestezii nejprve z incise proniknuto k lig. patellae l. sin. Ze střední části lig. patellae odebrán BTB štěp s tibiálním bločkem 25 x 10 mm, s bločkem z pately 20 x 10 mm, spongostan do odběrových ploch, výplach, sutura lig.patellae a peritenonia. Z anterolaterálního vstupu zaveden artroskop, z anteromedálního artroskopické nástroje - paralelně upravován štěp na průměr bločku 9mm. Oba menisky pevné, ventrálně u tibiálního plata cy-clop fen. a rpt. LCA totalis přístupu proveden shaving stropu interkondylické fossy, notch plastika. Poté tibiální cílič zaměřen 7mm ventrálně od origa PCL, zaveden vodící drát, po něm odvrtání tibiálního kanálu 9 mm, jeho opracování rašplí, poté transtibiálně zaveden femorální cílič, zavedení vodícího drátu a po něm odvrtání femorálního kanálu 35mm. Poté vytažen vodící drát, zaveden U cílič pro rigidfix, odvrtání vrtákem se zavedením pouzder, nejprve distálně, zavedení vodícího drátu pro štěp, vytažení U-cíliche, zaveden štěp, odvrtání kanálu do bločku přes pouzdra, zavedení a doražení rigidfixu, nejprve distálně, poté proximálně, poté tonizace štěpu ve 20ti st.flexi a zadní zásuvce a po drátu zavedení tibiálního interferenčního šroubu 7x30mm Milagro. Artroskopem kontrolujeme postavení a funkci štěpu - bez impingementu, tonus správný, izometrie. Výplach, redon drén, sutura přístupu, krytí, ortéza kolenní. Krytí koagula AMP + SB 1.5g i.v. a dále ad 24hod, ad dospávací pokoj, ortéza rigidní - zítra ex a start RHB ter.

Dne: 17.3.2015 10:00

MUDr. Vladimír Macháček

Příloha 7.

