

Lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Plzni

**Klinika ortopedie a traumatologie pohybového ústrojí LF UK a FN
Plzeň**

Dizertační práce

**Anatomická rekonstrukce předního zkříženého vazů
single-bundle versus double-bundle technikou**

**Single-Bundle versus Double-Bundle Technique of
the Anatomical Anterior Cruciate Ligament
Reconstruction**

MUDr. Petr Zeman, MBA

Školitel: as. MUDr. Karel Koudela, Ph.D.

Plzeň 2014

Lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Plzni

**Klinika ortopedie a traumatologie pohybového ústrojí LF UK a FN
Plzeň**

Dizertační práce

**Anatomická rekonstrukce předního zkříženého vazů
single-bundle versus double-bundle technikou**

**Single-Bundle versus Double-Bundle Technique of
the Anatomical Anterior Cruciate Ligament
Reconstruction**

MUDr. Petr Zeman, MBA

Školitel: as. MUDr. Karel Koudela, Ph.D.

Plzeň 2014

ABSTRACT

Purpose of the study: The aim of the study is to present a comparison of two years result of double-bundle versus single-bundle anatomical reconstruction of the anterior cruciate ligament using hamstring tendons and their fixation with bioabsorbable interference screws.

Material and methods: A total of 110 patients with an isolated anterior cruciate ligament rupture and the healthy contralateral knee who met the indication criteria for double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction were intra-operatively allocated at random to either double-bundle group (DB, n=55) or single-bundle group (SB, n=55). At two years after surgery, 82 patients (DB group, n=43; SB group, n=39), comprising 66 men and 16 women, were evaluated; the average age was 29 years and the injury-to-surgery interval was 81 days. Pre-operative and post-operative subjective criteria involved the subjective IKDC and Lysholm score were evaluated. Objectively, the occurrence of graft failure, range of motion deficit, return to pre-injury sports activity, side-to-side difference in anterior laxity of both knees in 20° flexion on a GNRB laximeter at an applied pressure of 124 N and 250 N, and pivot shift phenomenon were assessed.

Results: No statistically significant difference was found in pre-operative values between the two groups. Post-operatively, there were no significant differences in the occurrence of complete graft failure ($p=0.26$; DB group, n=1; SB group, n=3), range of motion deficit ($p=0.23-0.98$) or return to pre-operative sports activity ($p=0.23$). In the DB group, side-to-side anterior tibial laxity at a pressure of 124 N (medians=1.2 mm and 2.3 mm for DB and SB groups, respectively; $p<0.0001$) and at a pressure of 250 N (DB group=2.0 mm; SB group = 4.0 mm; $p<0.0001$) were significantly different from the corresponding values in the SB group. Positive results for the pivot shift test were significantly less frequent in the DB group than the SB group (Chi-square test=0.0009). The SB group patients had a 4.7-times (odds ratio=4.7) higher risk of positive postoperative pivot shift test results than the DB group patients. In both groups, a comparison in time of pre- and post-operative criteria showed significant improvement in both the subjective and the objective results.

Conclusions: The results of our study showed significantly better restoration of knee rotational and anterior laxity in the patients undergoing anatomical reconstruction of the anterior cruciate ligament by the double-bundle technique. The other evaluated criteria did not differ in relation to the technique used.

Key words: anatomical reconstruction, anterior cruciate ligament, double-bundle technique, single-bundle technique, anterior laxity, rotational laxity, knee, pivot shift test

ABSTRAKT

Cíl práce: Cílem této práce je prezentovat dvouleté výsledky prospektivní randomizované studie srovnávající double-bundle versus single-bundle techniku anatomické rekonstrukce předního zkříženého vazů provedené pomocí šlach hamstringů s jejich fixací vstřebatelnými interferenčními šrouby.

Materiál a metodika: Celkem 110 pacientů, s izolovanou lézí LCA a zdravým druhým kolenem, splňující indikační kritéria k provedení double-bundle techniky, bylo peroperačně randomizováno buď do skupiny 1- double-bundle (sk. DB, n=55) nebo do skupiny 2- single-bundle (sk. SB, n=55). Za 2 roky od operace jsme zhodnotili 82 pacientů (sk. DB=43 a sk. SB=39), 66 mužů a 16 žen, s průměrným věkem 29 let a odstupem od úrazu v průměru 81 dní. Předoperačně i pooperačně jsme hodnotili subjektivní kritéria: subjektivní IKDC a Lysholm skóre. Z objektivních kritérií jsme hodnotili: výskyt selhání štěpu, stranový deficit rozsahu hybnosti kolena, návrat k předúrazové sportovní zátěži, míru stranové diference ventrální laxity obou kolen ve 20 st flexi měřené laximetrem Genourob při tlacích 124 a 250 Newtonů a pivot shift test.

Výsledky: Předoperačně nebyl v hodnocených subjektivních i objektivních parametrech prokázán statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami. Pooperačně nebyl mezi skupinami prokázán statisticky významný rozdíl ve výskytu kompletního selhání štěpu ($p=0,26$) (sk. DB, n=1 a sk. SB n=3), v deficitu rozsahu hybnosti kolena ($p=0,23-0,98$), ani v návratnosti k předoperační sportovní zátěži ($p=0,23$). Prokázali jsme statisticky významně nižší stranovou diferenci ventrálního posunu tibie měřenou laximetrem Genourob ve skupině double-bundle, a to jak při tlacích 124 N (median sk. DB=1,2 mm/sk. SB= 2,3 mm, $p<0,0001$), tak při 250 N (sk. DB=2,0 mm/sk. SB=4,0 mm, $p<0,0001$) v porovnání se sk. 2. Míra výskytu pozitivivity pivot shift testu byla statisticky významně nižší ve skupině DB ve srovnání se skupinou SB (Chi-square test=0,0009). Pacienti skupiny SB měli 4,7 krát (Odds Ratio=4,7) vyšší riziko výskytu pooperačně pozitivního PST (PST 0 versus PST 1+, 2+ , 3+). U obou skupin došlo při srovnání před- a pooperačních kritérií ke statisticky významnému zlepšení subjektivních i objektivních výsledků.

Závěr: V naší studii jsme prokázali statisticky významně lepší obnovu ventrální i rotační laxity operovaného kolena u skupiny pacientů s double-bundle technikou anatomické rekonstrukce LCA. Ve zbývajících hodnocených kritériích jsme neprokázali mezi oběma skupinami statisticky významný rozdíl.

Klíčová slova: Anatomická rekonstrukce, přední zkřížený vaz, double-bundle and single-bundle technika, ventrální a rotační laxita kolena, pivot shift test.

PŘEDMLUVA

Prohlašuji, že jsem dizertační práci vypracoval samostatně podle metodických pokynů školitele a na základě použité literatury.

Dále prohlašuji, že souhlasím se zveřejňováním této práce v souladu se článkem 18a Studijního a zkušebního řádu Univerzity Karlovy v Praze a s trvalým uložením elektronické verze práce v depozitáři závěrečných prací, který je dostupný na: https://is.cuni.cz/webapps/zzp/search/?tab_searchas=basic&lang=cs .

V Plzni

MUDr. Petr Zeman, MBA

OBSAH

ÚVOD	1
CÍL PRÁCE	4
1 SOUČASNÉ POZNATKY O ANATOMII A BIOMECHANICE PŘEDNÍHO ZKŘÍŽENÉHO VAZU	5
1.1 Anatomie LCA	5
1.1.1 Historie	5
1.1.2 Anatomie anteromediálního a posterolaterální svazku	5
1.2 Biomechanika LCA	13
1.2.1 Historie	13
1.2.2 Antero-posteriorní translační stabilita	14
1.2.3 Rotační stabilita	15
1.3 Mechanismy poranění LCA	16
1.4 Biomechanika při insuficienci LCA	18
1.5 Biomechanika při parciální ruptuře LCA	19
2 SOUČASNÝ KONCEPT ANATOMICKÉ REKONSTRUKCE PŘEDNÍHO ZKŘÍŽENÉHO VAZU	21
2.1 Principy anatomické rekonstrukce LCA	21
2.2 Definice anatomické rekonstrukce LCA	21
2.3 Double-bundle koncept anatomické rekonstrukce LCA	24
2.4 Předoperační hodnocení	26
2.5 Operační výkon	29
2.5.1 Tříportová technika	29
2.5.2 Indikace a kontraindikace	32
2.6 Operační techniky anatomické rekonstrukce LCA	34
2.6.1 Augmentace LCA	34
2.6.2 Single-bundle technika	35

2.6.3 Double-bundle technika	36
2.6.4 Pooperační režim a rehabilitace	36
3 MATERIÁL A METODIKA	38
3.1 Soubor pacientů	40
3.2 Metodika	41
3.2.1 Předoperační hodnocení	43
3.2.2 Zařazení pacientů do studie a randomizace	46
3.2.4 Operační postupy	47
3.2.5 Pooperační režim	52
3.2.6 Pooperační klinické hodnocení	53
3.2.7 Statistické hodnocení výsledků	55
4 VÝSLEDKY	56
4.1 Výsledky předoperačního hodnocení	56
4.2 Výsledky ve dvou letech od operace	57
4.2.1 Pooperační výsledky objektivních kritérií	57
4.2.2 Pooperační výsledky subjektivních kritérií	61
5 DISKUZE	63
6 ZÁVĚR	71
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	72
PŘÍLOHY	83

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ACLR: Anterior Cruciate Ligament Reconstruction (rekonstrukce předního zkříženého vazy)

A-ACLR: Anatomical Anterior Cruciate Ligament Reconstruction (anatomická rekonstrukce předního zkříženého vazy)

AM: anteromediální

AMB: Anteromedial Bundle (anteromediální porce)

ALP: Antero-Lateral Port (anterolaterální port)

b.: bod

CMP: Central Medial Port (centrální mediální port)

CLF: condylus lateralis femoris (laterální kondyl femuru)

CT: Computer Tomography (komputerová tomografie)

DB: Double-Bundle Technique (dvouvláknová technika)

GNRB: Genourob laximetr určený k měření míry ventrální laxity kolena

IA: Inclination Angle (inklinační úhel LCA)

ICN: Intercondylar Notch (interkondylická fossa)

ICNH: Intercondylar Notch Height (výška interkondylické fossy)

ICNW: Intercondylar Notch Width (šířka interkondylické fossy)

IKDC: International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form

KT 1000: laximetr určený k měření míry ventrální laxity kolena

LFC: Lateral Femoral Condyle (laterální kondyl femuru)

LCA: ligamentum cruciatum anterius (přední zkřížený vaz)

LT: Lachmann Test

m.: musculus (sval)

mm: milimetr

MP: Medial Portal (mediální port)

MRI: magnetická rezonance

N: Newton

Obr.: obrázek

PCL: Posterior Cruciate Ligament (zadní zkřížený vaz)

PL: posterolaterální

PLB: Posterolateral Bundle (posterolaterální porce)

PST: Pivot Shift Test

PZT: přední zásuvkový test

př.n.l.: před naším letopočtem

ROM: Range of Motion (rozsah pohybu)

SB: Single-Bundle Technique (jednovláknová technika)

sk.: skupina

SSD: Side to Side Differences (stranový rozdíl)

tab.: tabulka

T-ACLR: Traditional Anterior Cruciate Ligament Reconstruction
(tradiční neanatomická rekonstrukce LCA)

TISL: Tibial Insertion Site Length (předozadní rozměr tibiálního úponu
LCA)

TISW: Tibial Insertion Site Width (šířka tibiálního úponu LCA)

3D CT: trojdimenzionální komputerová tomografie

° : úhlový stupeň

% : procento

< : méně než

> : více než

ÚVOD

Přední zkřížený vaz zásadním způsobem přispívá ke stabilitě a propriocepci kolena a k ochraně jeho niktrokloubních struktur [28].

Ruptura předního zkříženého vazy patří mezi nejčastější poranění kolenního kloubu a vede k pocitům nestability a nejistoty kolena, bolestem a omezení jeho funkce kloubu. Bylo prokázáno, že poranění LCA, již s odstupem několika týdnů od úrazu, výrazně zvyšuje riziko rozvoje sekundárního poškození menisků a chrupavky, a že vzniklá chronická nestabilita rusultuje v rozvoj časně sekundární gonartrózy [18]. Poranění LCA vzniká buď jako monotrauma, zejména při sportu přímým nebo nepřímým mechanismem, nebo také při závažnějších úrazech pohybového aparátu [26,28,80].

Vzhledem k tomu, že většina pacientů je v mladém produktivním věku s různě vysokými životními i sportovními nároky, je celosvětově stále více akceptována operační terapie pomocí rekonstrukce předního zkříženého vazy s cílem co nejdříve navrátit pacienta zpět k předúrazové úrovni sportovní i běžné denní zátěže [23]. Současně však přibývá i řada aktivních pacientů pokročilejšího věku, kteří stále častěji projevují zájem o operační léčení pomocí rekonstrukce LCA, aby se mohli navrátit zpět k aktivnímu životu. Z těchto důvodů je každým rokem prováděno stále více a více rekonstrukcí LCA a tento výkon se pomalu zařadil mezi vůbec nejčastější ortopedické operační výkony.

Přední zkřížený vaz je tvořen dvěmi porcemi, anteromediální a posterolaterální [20,24]. Každá z jednotlivých částí vazy přispívá odlišně ke stabilizaci kolena, ale společně mají synergický stabilizační efekt. AM část vazy brání nadměrnému ventrálnímu posunu tibie vůči femuru, zatímco PL porce zodpovídá zejména za stabilitu rotační a méně za ventrální stabilitu [2,9].

Doposud byla vyvinuta řada operačních technik nahrazujících LCA [27,33,34,48,62,70,72-5]. Konvenčně prováděné rekonstrukce LCA transtibiální technikou cílení vedou často k neanatomické pozici femorálního kanálu, tím dochází k nesprávné obnově původní biomechaniky kolena a následnému selhání štěpu až u 31 % operovaných [61,104]. Bylo také prokázáno na střednědobých a dlouhodobých studiích, že tyto neanatomické rekonstrukce LCA výrazně zvyšují incidenci následného poranění menisků a chrupavky a také, že až u 90 % operovaných byla rentgenologicky prokázána přítomnost degenerativních změn kolena [48,103]. Při kritickém zhodnocení výsledků T-ACLR v literatuře publikovaných již před více než deseti lety je patrné, že 10 – 30 % operovaných trpí přetrvávajícími bolestmi a reziduální nestabilitou po single-bundle T-ACLR [102]. Meta-analýzy hodnotící výsledky této techniky prokazují, že ne více jak 50 % z těchto pacientů se navrátí ke stejné úrovni předúrazové sportovní zátěže [10].

Ve snaze dosáhnout lepších krátkodobých i dlouhodobých výsledků byl v posledních letech široce přijat koncept anatomické rekonstrukce LCA. Principy A-ACLR vycházejí z dokonalé znalosti anatomie a biomechaniky kolenního kloubu a zejména vlastního LCA [9,25,28].

Anatomická rekonstrukce LCA je definována jako co nejpřesnější obnova funkce, původních rozměrů, kolagenní orientace, velikosti a geometrie úponových oblastí původního LCA [17,37]. Při anatomické rekonstrukci LCA lze využít single-bundle nebo double-bundle techniku. Při single-bundle technice je nahrazován pouze jeden svazek LCA a to většinou anteromediální. Při technice double-bundle jsou nahrazovány obě porce LCA- anteromediální i posterolaterální a je lépe obnovena anatomie i biomechanika LCA a mělo by být dosaženo lepších klinických výsledků.

Řada studií prokázala, že posterolaterální porce předního zkříženého vazů, která není nahrazována při standardně užívaných jednovláknových technikách, hraje důležitou roli zejména v rotační stabilitě kolena [97,108,105]. Bylo také zjištěno, že SB A-ACLR často nedokonale obnovuje normální kinematiku kolena, zejména tibiální rotaci, a že anatomická double-bundle rekonstrukce A-ACLR přesněji restauruje anatomii, biomechaniku a kinematiku kolenního kloubu [79,98,100,110].

Nutností k dosažení dokonalého výsledku A-ACLR je nejenom výborná znalost a respektování anatomie celého kolena, ale také samotného LCA. Vzhledem k výrazné interindividuální variabilitě v anatomii samotného vazů i odlišným potřebám a očekáváním každého pacienta je nutný, a v posledních letech stále více doporučovaný, individuální přístup nejen ve volbě operační techniky, ale i v dalších krocích samotné A-ACLR, ať už zvolíme SB nebo DB techniku [107,109].

Základním krokem při výběru jedné z těchto technik je peroperační měření předozadního rozměru tibiálního úponu původního LCA (TISL) a dále šířky interkondylické fossy (ICNW) [16,28,107,109].

Cílem A-ACLR je nejenom navrátit pacienta co nejbližší k předúrazové úrovni zátěže, ale také maximálně eliminovat rozvoj poúrazových degenerativních změn kolena [28,43].

V posledních letech probíhají intenzivní anatomické, biomechanické i klinické studie srovnávající výsledky single-bundle a double-bundle A-ACLR. I přes to, že většina prací prokazuje lepší obnovení anatomie a biomechaniky double-bundle technikou, nebylo zatím zcela jasně prokázáno, že tato technika A-ACLR povede ke statisticky lepším dlouhodobým klinickým výsledkům a nižšímu výskytu rozvoje poúrazové gonartrózy [50].

CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo zhodnocení klinického přínosu double-bundle techniky v anatomické rekonstrukci předního zkříženého vazů pro klinickou praxi. V práci prezentuji dvouleté klinické výsledky prospektivní randomizované studie srovnávající skupinu pacientů s double-bundle technikou se skupinou single-bundle anatomické rekonstrukce LCA provedenou pomocí šlach musculus semitendinosus a gracilis s fixací vstřebatelnými interferenčními šrouby.

SOUČASNÉ POZNATKY O ANATOMII A BIOMECHANICE PŘEDNÍHO ZKŘÍŽENÉHO VAZU

1.1 Anatomie LCA

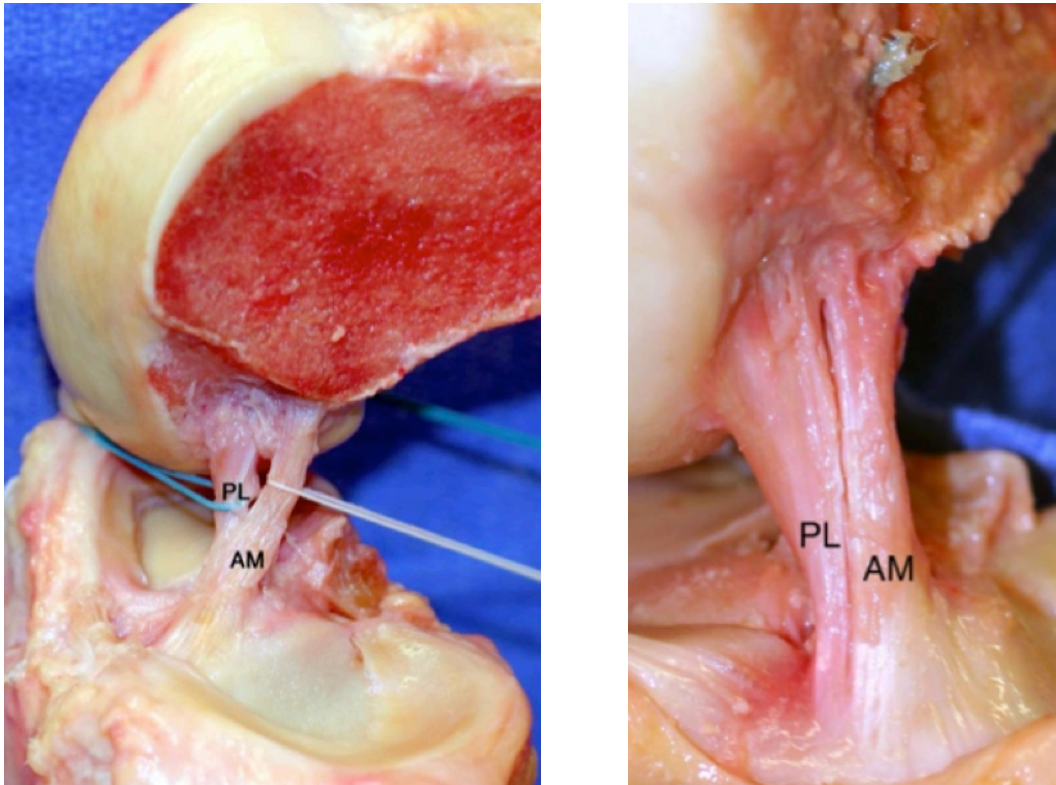
1.1.1 Historie

První zmínky o existenci předního zkříženém vaz u člověka jsou popsány kolem roku 3000 př.n.l. napsané na papiru. V roce 1543 byla popsána první známá anatomické studie lidského LCA Vesalianem v jeho knize *“De Humani Corporis Fabrica Libris Septum”*.

Dvousnopcovou strukturu LCA poprvé posali v roce 1938 *Palmer et al.*, následovaný *Abbotem et al.* v roce 1944 a *Girgisem et al.* v roce 1975 [1,31,69]. Každý z těchto autorů popsal anteromediální a posterolaterální svazek, které pojmenovali podle uložení úponů obou porcí na tibií. V roce 1979 a poté v roce 1991 *Norwood et al.* a *Amis et al.* popsali dokonce přítomnost třetího intermediárního snopce LCA [4,65]. Většina autorů však tento třetí snopec považuje za část anteromediálního snopce, protože svým průběhem, uložením a funkcí se mu podobá.

1.1.2 Anatomie anteromediálního a posterolaterálního svazku

Přední zkřížený vaz má jako celek multifascikulární kolagenní strukturu a spojuje distální femur s tibií. Fascikly se sdružují do dvou základních snopců, anteromediálního a posterolaterálního, které jsou od sebe odděleny zřetelným a dobře prokazatelným vaskularizovaným septem (obrázek 1 a 2).

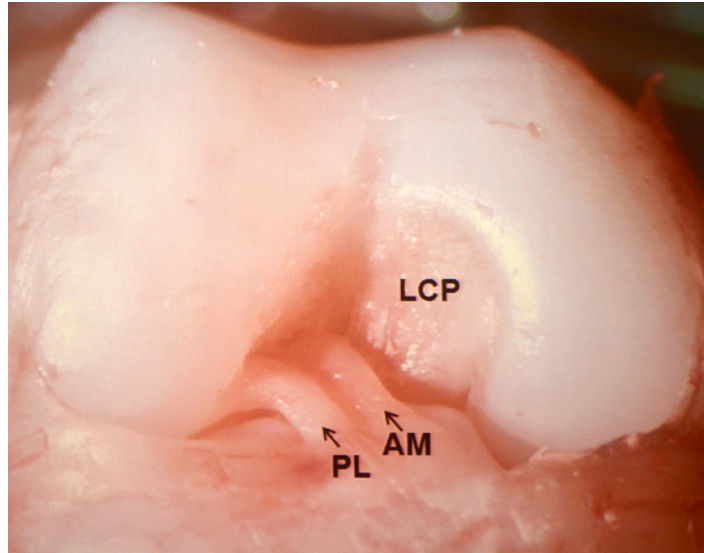


Obrázek 1 a 2 – Anatomický preparát zobrazující obě porce LCA pravého kolena

Histologické vlastnosti LCA se mění s věkem. Ve fetálním období je LCA hypercelulární tvořen oválnými a cirkulárními buňkami, zatímco v dospělosti histologické studie prokazují přítomnost malého množství buněk, zejména fibroblastů s vřetenovitými jádry [22,24]. Přítomnost jasně vytvořeného dvousvazkového LCA je prokazatelná již v 16. gestačním týdnu, jak je patrné na obrázku 3 [24].

Anatomie LCA vykazuje značnou interpersonální variabilitu v řadě aspektů. Průběh obou porcí LCA v koleně je však podobný u většiny pacientů. Začíná na dorzální třetině mediální plochy laterálního kondylu femuru a směřuje šikmo distálně, mírně mediálně a ventrálně a upíná se do area intercondylaris anterior na tibií. Průměr vazů v jeho střední části se pohybuje v průměru kolem 44 mm a směrem k oběma úponům se

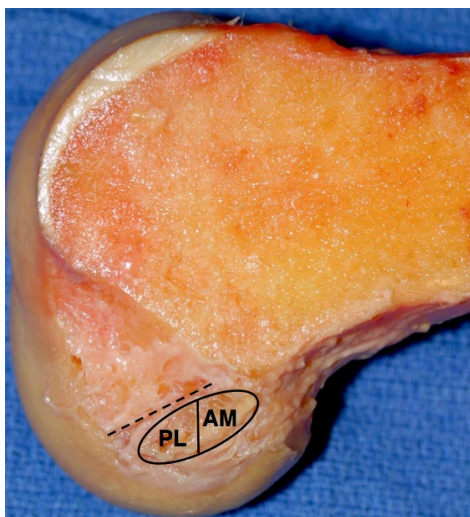
přibližně třikrát rozšiřuje [8,31]. Celková délka vazů se pohybuje od 31-39 mm.



Obrázek 3 – Mikroskopický preparát zobrazující obě porce LCA ve 16. fetálním týdnu (zapůjčeno se svolením M. Ferretiho, Pittsburgh, USA)

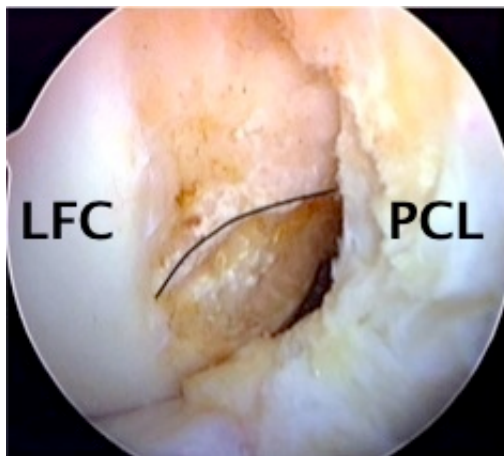
Femorální začátek LCA je lokalizován v dorsální třetině mediální stěny LFC s tím, že PL porce začíná více distálně, blíže kloubnímu povrchu, a AM porce proximálněji. *Harner et al.* prokázali, že každá z porcí tvoří přibližně polovinu úponové plochy s mírnou převahou plochy pro AM porci (obrázek 4) [32].

Femorální úpon je ohraničen ventrálně přítomným kostním hřebem (“lateral intercondylar ridge” nebo také “residents ridge”). Bylo prokázáno na řadě studií, že žádná z vláken LCA nezačínají ventrálně od tohoto hřebenu (obrázek 5). Přítomnost tohoto hřebenu byla prokázána ve 100% kadaverózních studií a přibližně 80% ve studiích artroskopických [25,77,85]. Druhý, méně často artroskopicky verifikovatelný kostní hřeben “bifurcate ridge”, odděluje samotné úponové femorální oblasti obou porcí AM a PL porce [84,95].



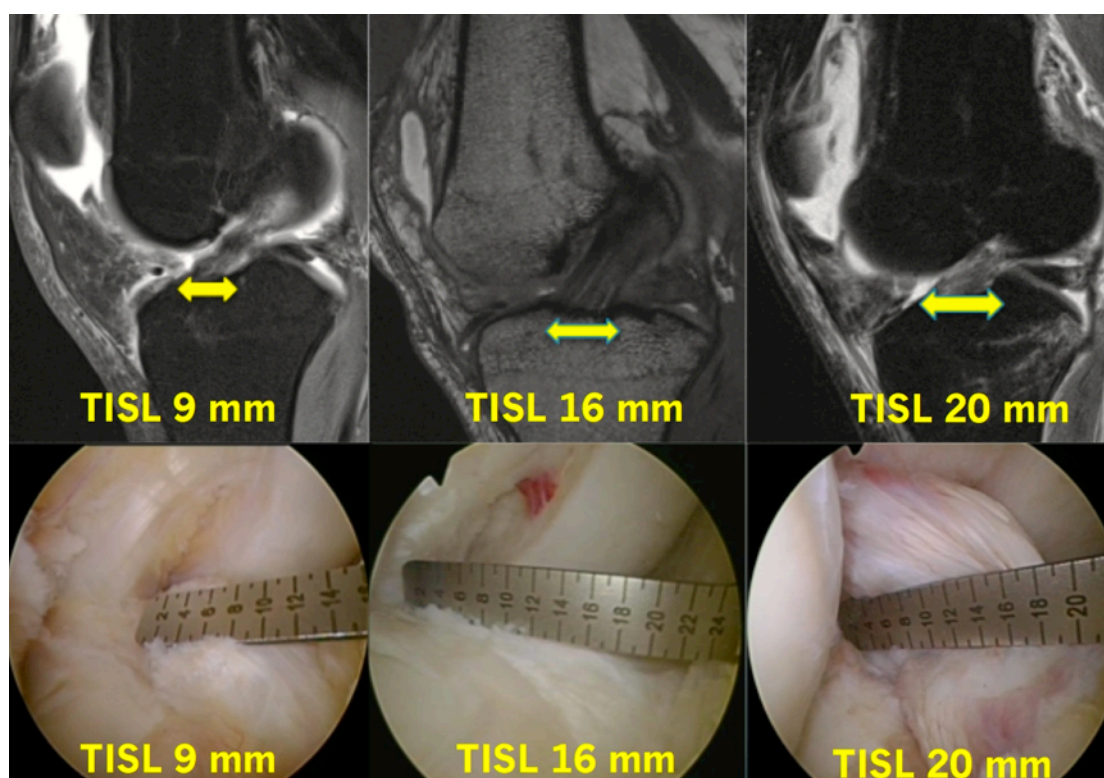
Obrázek 4 – Anatomický preparát mediální plochy laterálního kondylu femuru zobrazující úponou oblast AM a PL porce LCA a “lateral intercondylar ridge” (přerušovaná čára)

Oba tyto kostí hřebeny slouží jako orientační struktura usnadňující operatérovi dosáhnout anatomické pozice femorální kanálu u SB A-ACLR nebo obou femorálních kanálů v průběhu DB A-ACLR a je výhodou je šetrně v průběhu samotného výkonu ozřejmit.



Obrázek 5 – Artroskopický pohled z CM portu na femorální úpon LCA pravého kolena (plná čára představuje průběh “lateral intercondylar ridge”)

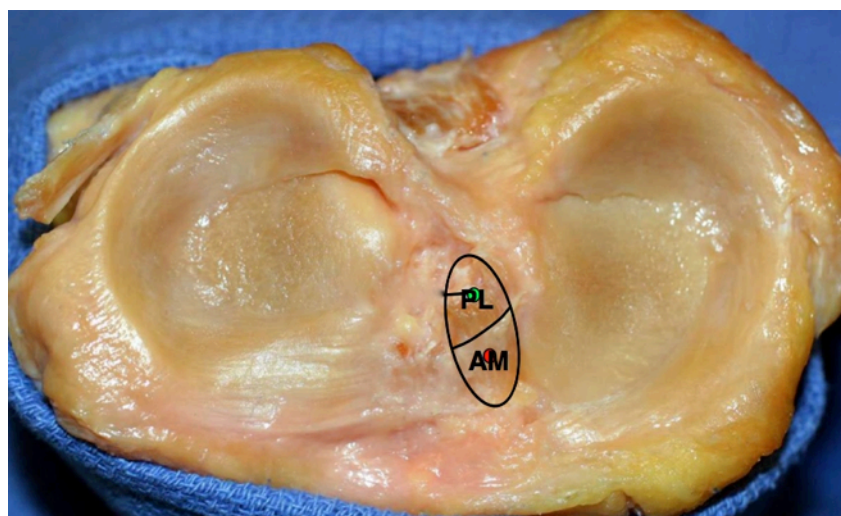
Tibiální úpon má oválný tvar a nachází se mezi mediální a laterální spinou tibie v oblasti area intercondylaris anterior, dorsálně zasahuje k zadnímu rohu laterálního menisku a ventrálně často až k okraji ligamentum transversum genus. Předozadní rozměr tibiálního úponu (TISL) se pohybuje od 9 do 22 mm a šířka (TISW) je v rozmezí 7-12 mm. Tuto variabilitu lze přesně měřit předoperačně na MRI i peroperačně v průběhu operačního výkonu jak je patrné (obrázek 6).



Obrázek 6 – Interpersonální variabilita předozadního rozměru tibiálního úponu LCA. Příklady měření TISL předoperačně na sagitálních řezech MRI a peroperačního měření artroskopickým měřítkem u tří rozměrově odlišných pacientů

Právě tato významná interperzonální rozměrová variabilita úponu LCA na tibii je jedním ze zásadních indikačních kritérií při rozhodování o single-bundle nebo double-bundle technice. AM porce vazy se úpíná více ventromediálně, zatímco PL porce dorsolaterálně s

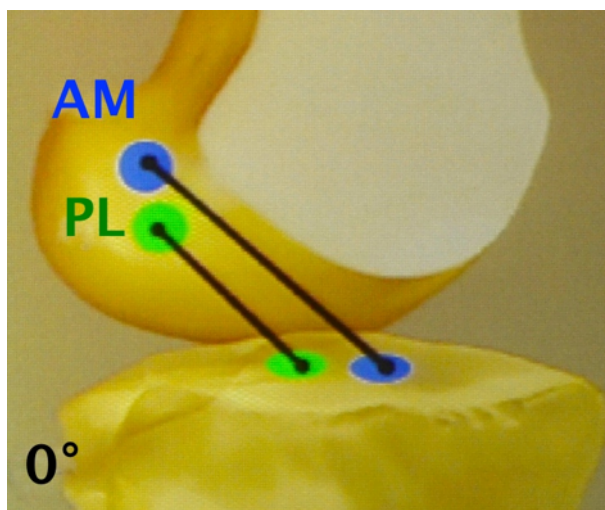
tím, že nejdorsálnější vlákna PL porce často inserují do předního rohu laterálního menisku (obrázek 7) [8]. Tato skutečnost s sebou nese klinickou konsekvenci, kdy při izolovaném poranění PL porce často nacházíme i avulzi této části zevního menisku. Celková plocha tibiální úponu je asi o 20% větší než plocha femorálního začátku. AM porce tvoří zhruba 60% a PL porce 40% plochy tibiálního úponu [32].



Obrázek 7 – Anatomický preparát pravého kolena zobrazující tvar a uložení obou porcí LCA v oblasti tibiálního úponu. Je patrný vztah polohy úponu vazů k přednímu rohu laterálního menisku

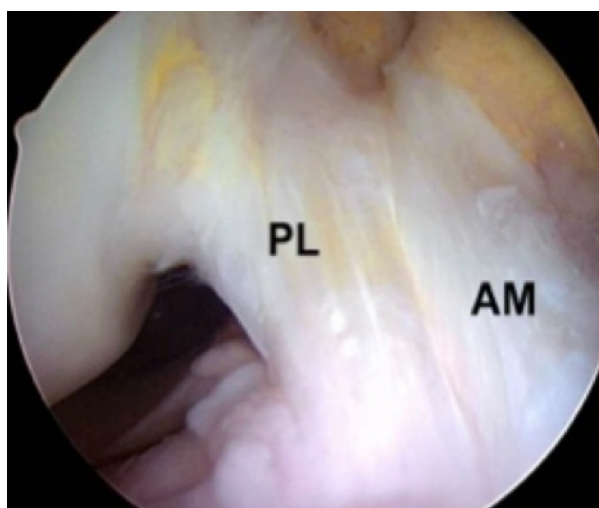
Šířka i délka jednotlivých porcí LCA je také odlišná. AM snopec je v průměru 38 mm dlouhý, zatímco PL snopec bývá výrazně kratší, v průměru 17,8 mm [46].

V závislosti na pozici kolena se vzájemná pozice obou porcí LCA vůči sobě mění. V plné extenzi jsou obě porce uloženy paralelně, protože je femorální začátek uložen vertikálně (obrázek 8). S přechodem do flexe, jak se postupně posouvá femorální začátek PL porce ventrálně a proximálně a naopak začátek AM porce dorzálně a distálně, dochází k tomu, že se ve flexi kolena obě porce vzájemně kříží, jak je patrné na obrázku 9 a 10 [20,28].

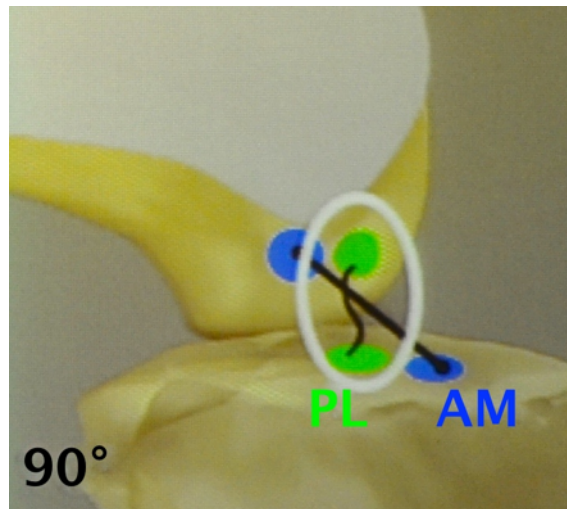


Obrázek 8 – Schéma zobrazující paralelní průběh PL a AM porce LCA v plné extenzi kolena

Tento fakt je klinicky významný při artroskopické verifikaci typu poranění LCA, kdy při vyšetření proximální části PL porce jsme nuceni provést v 90 °flexi v koleni, aby se tato část PL porce ozřejmila.

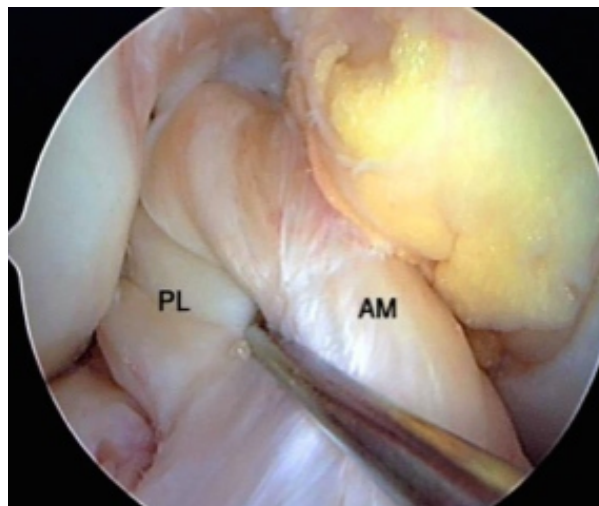


Obrázek 9 – Artroskopický pohled z AL portu na průběh obou porcí LCA v semiflexi pravého kolena



Obrázek 10 – Schéma průběhu obou porcí LCA v 90° flexi pravého kolena, kdy PL porce je významně uvolněná a AL porce napnutá

Změna v orientaci femorálního začátku, z vertikálního uložení v extenzi k horizontálnímu ve flexi kolena, výsledně mění vzájemné uložení obou porcí v průběhu pohybu a vede i k odlišnému napínání jednotlivých porcí v různých polohách kolena. PL porce je nejvíce napnutá v plné extenzi kolena a s přechodem do flexe se postupně významně uvolňuje (obrázek 11).



Obrázek 11 – Artroskopický pohled na obě porce LCA v 90° flexi pravého kolena, kdy PL porce je volná a AM napnutá

AM porce je v extenzi napnutá jen mírně a s přechodem do flexe se její napětí zvyšuje a kulminuje v rozmezí 40° - 60° ROM kolena [4,30]. **Zmíněná změna měnící napětí zejména PL porce je dobře pozorovatelná i při artroskopickém vyšetření obou porcí LCA, kdy je zejména nutné pomyslet na fakt, že PL porce je ve flexi kolena volná a může tak být mylně považována za její elongaci či izolovanou rupturu.**

Závěrem této kapitoly lze tedy shrnout, že LCA je složeno ze dvou porcí, AM a PL, které se vzájemně v různých polohách kolena synergicky doplňují při stabilizaci ventrální a rotační složky násilí. Tento fakt má zásadní konsekvence pro biomechaniku LCA a tudíž i pro filozofii celého “double-bundle konceptu” anatomické rekonstrukce LCA.

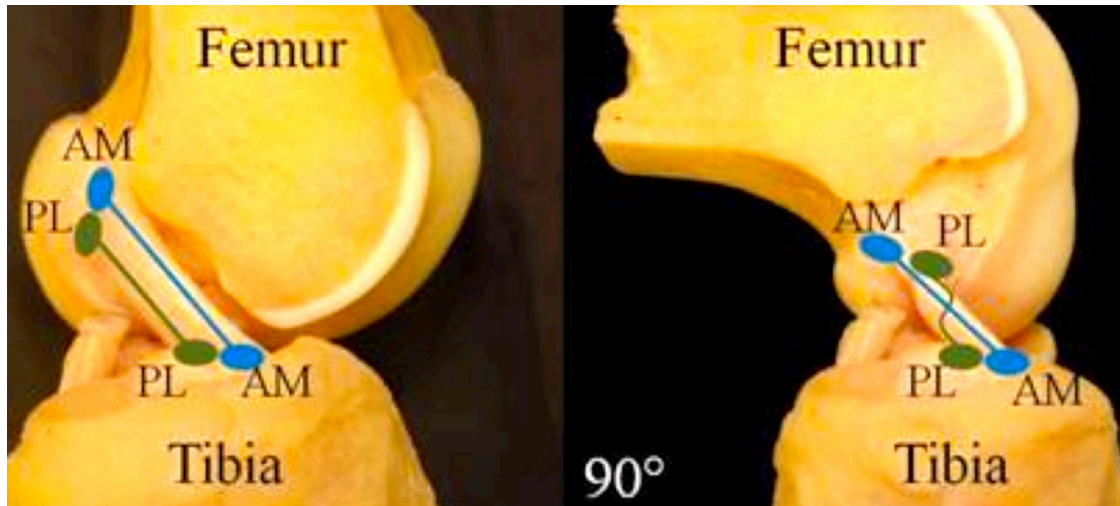
1.2 Biomechanika LCA

1.2.1 Historie

První zmínky písemnictví o biomechanice LCA jsou známé z Číny a Řecka kolem roku 500 př.n.l. První moderní biomechanické studie byly sepsány mezi lety 1500-1700 Galileem, DaVincim, Hookem a Newtonem. Pokročilejší výzkum této problematiky se významněji rozběhl až v letech 1940-1950 díky pracem Muybridge, Steindlera a Hirsche a poté intenzivně pokračoval od šedesátých let až do současnosti.

1.2.2 Antero-posteriorní translační stabilita

Přední zkřížený vaz jako celek má komplexní funkci při stabilizaci kolena. Je považován za primární nejzásadnější stabilizátor ventrální translace tibie vůči femuru jak prokazují biomechanické studie [89]. Ze všech statických stabilizátorů kolena, zodpovídá až za 82 - 90 % ventrální stability kolena mezi 0°- 90° rozsahu hybnosti [90]. Z těchto prací je prokazatelné, že napětí a zátěž působící na LCA se mění v průběhu flexe a extenze tak, že největší napětí vazů jako celku je mezi 0° - 30° flexe s maximem kolem 15°. Nejnižší zatížení je v rozmezí 60°- 90° ROM s minimem kolem 90°.



Obrázek 12 – Schéma shrnující rozdíl změny napětí a vzájemného průběhu AM a PL porce v plné extenzi a 90°flexi

Recentní studie se zejména zabývají změnou napětí jednotlivých porcí LCA. Bylo prokázáno, že AM porce své napětí v průběhu hybnosti mění méně než porce PL, která je nejvíce napnuta mezi 0°- 15° flexe a od 30° flexe se její napětí výrazně snižuje a PL porce je pak i na zdravém LCA výrazně uvolněná (obrázek 12) [81].

Tento fakt je využíván v při double-bundle technice A-ACLR tak, že každá z porcí je tonizována v jiném stupně flexe kolena. Tonizace PL porce se provádí v plné extenzi kolena zatímco AM je fixována v tibií při flexi 60°.

1.2.3 Rotační stabilita

Řada biomechanických studií prokázala, že LCA nezodpovídá pouze za ventrální stabilitu kolena, ale přispívá významnou měrou i k rotační stabilitě kolena [47,60]. Je tedy nutné z biomechanického hlediska pohlížet na LCA jako na funkčně komplexní strukturu. Z těchto důvodů byla v posledních letech věnována velké pozornost výzkumu podílu rotační stability LCA, zejména funkci PL porce [91,108]. Výsledky řady biomechanických studií potvrzují, že na rotační stabilitě se podílejí různou měrou obě porce LCA opět v závislosti na různém stupni flexe kolena [3,30,54,59]. Recentní in vivo kinematické studie prokázali i rozdílné zatížení jednotlivých porcí vazy v závislosti na různých typech zátěže, např. chůzi, běhu, pivotální sportovní zátěži, atd. u pacientů se zdravým i poraněným LCA [50,52].

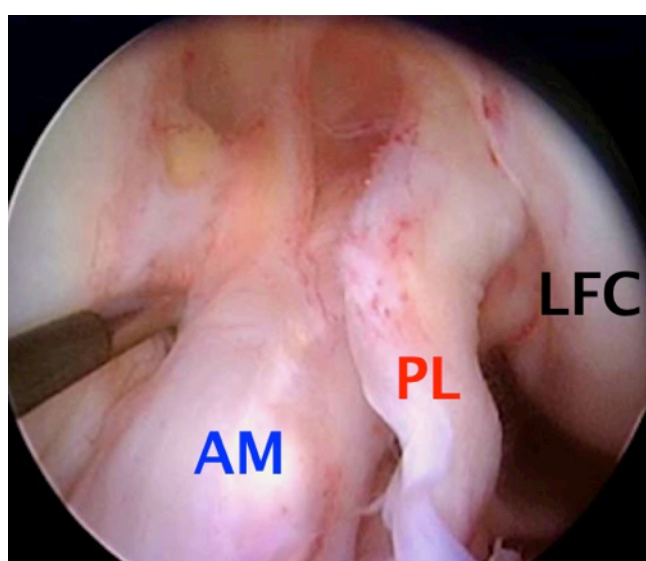
V závěru této kapitoly lze shrnout, že **obě porce LCA fungují jako jeden celek a významně se podílejí na zachování jak ventrální tak rotační stability kolena.** Svoje funkce si vzájemně synergicky

doplňují a to tak, že PL porce zejména napomáhá k rotační a méně k ventrální stabilitě v prvních 30° flexe kolena a poté se výrazně uvolňuje. AM porce v plné extenzi mírně stabilizuje rotaci i významněji ventrální posun a zásadním způsobem přebírá funkci s přibývajícím flexí kolena nad 30°, kdy zodpovídá zejména za ventrální stabilitu.

1.3 Mechanismy poranění LCA

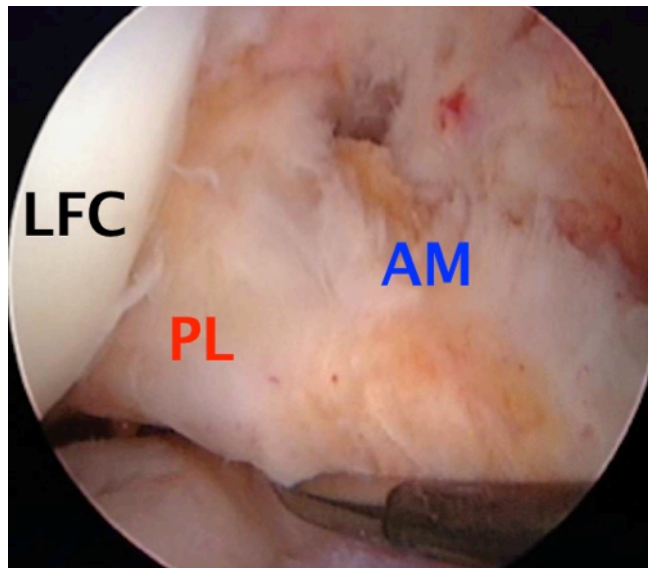
Poranění LCA patří mezi nejčastější úrazy kolena. Ruptury vznikají buď přímým nebo nepřímým mechanismem. Téměř ¾ poranění LCA vznikají nekontaktně, tzn. že v okamžiku úrazu nepůsobí žádné vnější síly na oblast kolena. K tomu nejčastěji dochází při kolektivním sportu [13]. Typicky k poranění LCA dochází tak, že se chodidlo zastaví o zem za současné polohy kolena blízko plné extenze a při této pozici dojde k deceleraci, pádu nebo zaseknutí dolní končetiny. V takové situaci působí současně na koleno patologické síly abdukční a současně dochází k vnitřní rotaci tibie. Přetížení LCA vzniká také při výrazném reflexivním zapnutí quadricepsu, kdy dochází k ventrálnímu posunu tibie a současně mírné vnitřní rotaci [90]. *DeMorat et al.* dokonce prokázali ve své práci, že právě nekontrolovaná reflexní kontrakce quadricepsu hraje zásadní úlohu při nekontaktním mechanismu poranění LCA [19]. Současně je však nutné zmínit, že naopak intenzivní kontrakce hamstringů (m. semitendinosus a m. gracilis) dokáže ochránit LCA téměř v celém průběhu flexe mimo rozmezí 0° – 10°. Funkční dysbalance mezi quadricepsem a hamstringy tedy může vést k poranění LCA zejména při semiflexi kolena.

Působí-li na LCA menší síly, které nezpůsobí kompletní rupturu LCA, tj. poranění obou porcí, může docházet k rupturám parciálním. Ty se vyskytují u různých autorů v různé frekvenci od 7% do 25% všech poranění LCA [81]. V závislosti na typu a mechanismu úrazu může vzniknout izolovaná ruptura pouze jedné z porcí LCA, tj. PL nebo AM. Izolovaná léze PL porce vzniká, převažuje-li rotační složka násilí nižší energie a je-li koleno současně blízko plné extenze (obrázek 13).



Obrázek 13 – Artroskopický pohled do levého kolena z CM portu zobrazující izolovanou lézi PL porce a intaktní AM porci u pacienta s parciální rupturou LCA

K tomu dochází zejména při pivotálních sportech (házená, kopaná, lyžování atd.), kde je koleno vystavováno současně translační a rotační zátěži při rychlých změnách směru pohybu, brzdění a rotacích. AM porce bývá izolovaně poraněna je-li koleno ve flexi 20 °– 60° a převažuje-li ventrální složka zpravidla násilí o větší energii než-li je tomu při úrazovém ději pro PL porci. Oba typy izolovaného poranění jedné z porcí je nutné pečlivě vyšetřit artroskopicky jak je patrné na obrázcích 13 a 14.



Obrázek 14 - Artroskopický pohled do pravého kolena z AL portu zobrazující izolovanou rupturu AM porce a intaktní PL porci u pacienta s parciální rupturou LCA

1.4 Biomechanika při insuficienci LCA

Poranění LCA vede k zásadní změně kinematiky kolena. Je nutné klinicky odlišit kompletní lézi LCA od parciální ruptury, kdy je poraněná pouze jedna z porcí a druhá zůstává intaktní a funkční. Parciální ruptury jsou prokazovány u 5% - 25% izolovaných poranění LCA [73,79].

Při srovnání se zdravou populací, pacienti s poraněným LCA vykazují primární změny již při běžné chůzi, jak prokázali *Pappas et al.* na svých in vivo biomechanických studiích [68]. Analýzy chůze prováděné *Waitem et al.* potvrzují, že pacienti s lézí LCA vykazují během stojné fáze běhu vyšší extenzi kolena než pacienti se zdravým LCA [80].

U pacientů po kompletní ruptuře LCA dochází chronicky k přetěžování ligamentum collaterale mediale při 30° - 90° flexi kolena a často i posterolaterálního komplexu při plné extenzi kolena a dále při flexi nad 120° [42]. Při kompletní ruptuře se často zbytek původního

vazu přihojí femorální částí pahýlu k okolním strukturám a pak může plnit částečně svoji funkci. Tito pacienti, ač prodělali kompletní rupturu LCA, mohou být klinicky méně symptomatictí. Tento částečně funkční zbytek LCA, nazývaný (“remnant”), obsahuje proprioceptivní receptory a i mechanicky dokáže částečně stabilizovat ventrální translaci tibie, jak publikoval *Nakamae et al.* [63].

Potvrdilo se, že pacienti s kompletní rupturou LCA mají signifikantně vyšší ventrální tibiální translaci a současně i vyšší zevní rotaci tibie během pozdní stojné fáze chůze [21].

1.5 Biomechanika při parciální ruptuře LCA

Bylo prokázáno, že až 50 % pacientů s parciální rupturou, která není léčená, postupně progreduje do kompletní léze LCA [66,71].

Pacient s izolovanou lézí AM porce zpravidla trpí většími klinickými obtížemi podobnými kompletní lézi než ti, kteří utrpí izolované poranění PL porce. Při **izolované lézi AM porce** prokazujeme při klinickém vyšetření lehce **pozitivní přední zásuvkový test v 90° flexi** a negativní pivot shift test a jen naznačeně pozitivní Lachman test. Stranová diference ventrální posunu tibie nebývá větší než 3 mm na přístrojích KT -1000 nebo Genourob [71,81,108].

Pacienti se symptomatickou **izolovanou rupturou PL porce** trpí pouze rotační složkou nestability a to zejména při malé flexi kolena. To se projevuje při klinickém vyšetření lehce **pozitivním pivot shift testem a lehce pozitivním nebo negativním Lachmann testem ve 20°** a negativním předním zásuvkovým testem v 90° kolena. Tito pacienti nemívají klinické obtíže při provádění nepivotální zátěže. Při měření

laxity kolena různými typy laximetrů bývá u izolovaných lézí PL porce stranová diference posunu 1-3 mm v komparaci se zdravým kolenem [60, 81,108].

SOUČASNÝ KONCEPT ANATOMICKÉ REKONSTRUKCE PŘEDNÍHO ZKŘÍŽENÉHO VAZU

2.1 Principy anatomické rekonstrukce LCA

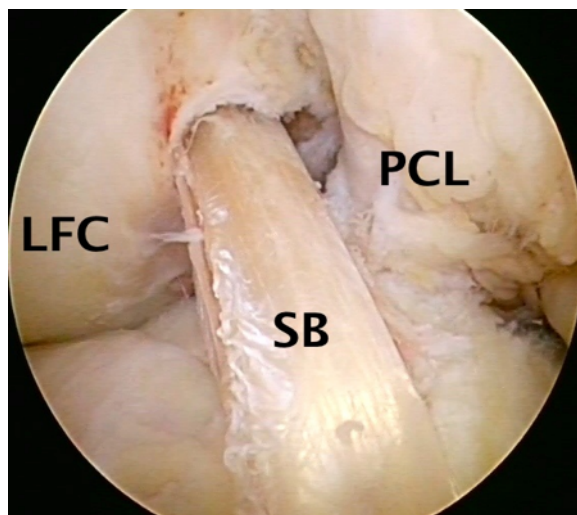
Byly definovány **čtyři základní principy** anatomické rekonstrukce LCA, která napomáhají k dosažení dokonalého náhrady nativního předního zkříženého vazů a obnovení normální kinematiky kolena. **Prvním principem** je respektování a objektivizování anatomie nativního LCA. **Druhým principem** je potřeba individualizovat operační techniku podle specifických změn anatomie a přizpůsobit jí potřebám každého pacienta. **Třetím principem** je umístění kostních kanálů a štěpů na femuru a tibií do center úponů (footprintů) původního LCA. A **čtvrtým principem** je potřeba obnovit původní kinematiku vazů díky odpovídající tonizaci štěpu tak, aby se co nejvíce přiblížila napětí zdravého LCA [95].

2.2 Definice anatomické rekonstrukce LCA

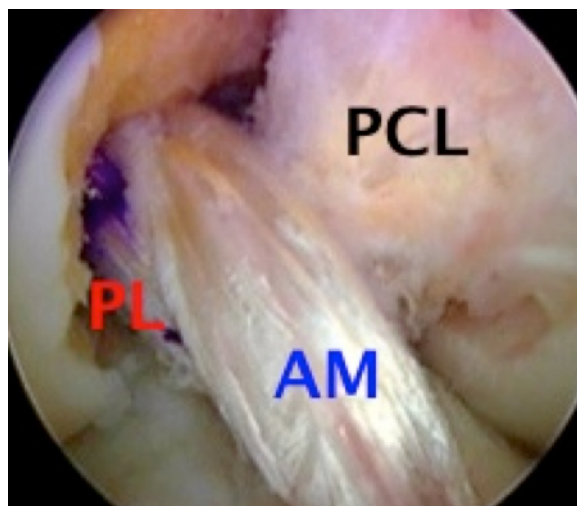
Anatomická rekonstrukce LCA je definována jako co nejdokonalejší obnova funkce vlastního poraněného vazů tím, že co nejpřesněji obnovíme původní rozměry, kolagenní orientaci a úponové oblasti nativního LCA [96].

V průběhu A-ACLR je zásadní, co nejlépe reprodukovat pacientovu unikátní anatomii tím, že zrekonstruujeme dostatečně přesně úponové oblasti, orientaci vazů a obnovíme původní napětí každé porce

LCA zvlášť. A-ACLR tedy může být provedena single-bundle technikou nebo double-bundle technikou u kompletních ruptur obou porcí LCA, a nebo augmentací, tj. náhradou pouze jedné porce, u izolované porce PL nebo AM porce (obrázky 15,16,17,18) [57].



Obrázek 15 - Artroskopický pohled do pravého kolena z CM portu na závěr single-bundle anatomické rekonstrukce LCA

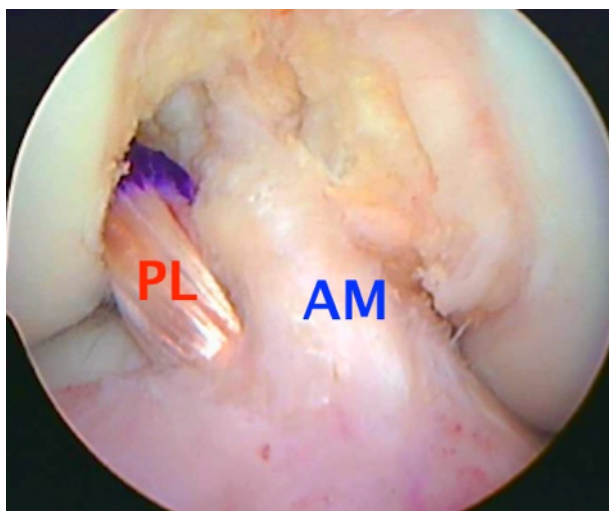


Obrázek 16 - Artroskopický pohled do pravého kolena z AL portu na závěr double-bundle anatomické rekonstrukce LCA

Každá z výše zmíněných technik má své striktní indikace a kontraindikace, které musí operatér dobře znát a také by měl být schopen dokonale ovládat všechny tyto operační techniky, aby dokázal výkon přizpůsobit různým typům poranění LCA a individuálním potřebám každého pacienta [96].

Koncept anatomické rekonstrukce LCA lze tedy využít jak při **primární rekonstrukci LCA, při augmentaci a také při revizních rekonstrukcích selhaného štěpu** [80,96].

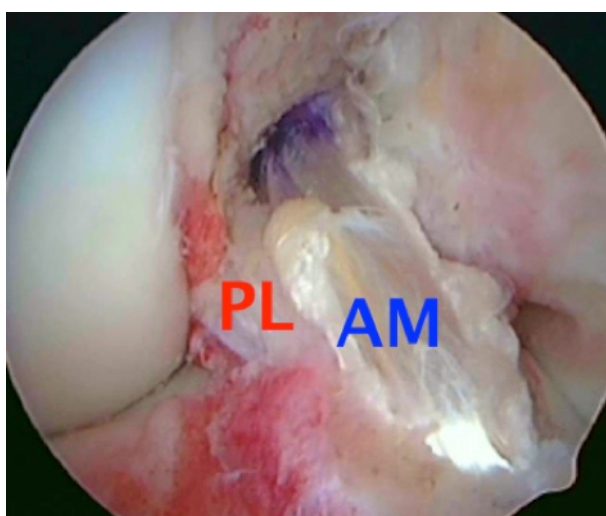
Double-bundle A-ACLR je nejen vlastní operační technikou obnovující obě základní porce LCA, ale je světovými odborníky v této problematice současně uznávána spíše jako “koncept anatomické rekonstrukce LCA” [57].



Obrázek 17 - Artroskopický pohled do pravého kolena z CM portu na závěr augmentace LCA, tj. izolované náhrady PL porce, u pacienta s intaktní AM a insuficientní PL porcí

V recentní literatuře bylo prokázáno, že pokud byla opravdu A-ACLR “ušita na míru” rozměrům, tvaru a orientaci původního LCA každého pacienta individuálně, pak bylo dosaženo podobných

subjektivních i objektivních klinických výsledků při single-bundle a double-bundle technice A-ACLR [37]. Z prací *Husseina et al.* a z řady jiných autorů tedy zjednodušeně vyplývá, že **single-bundle technika A-ACLR je ideální u pacientů s rozměrově menším kolenem a původním LCA**, zatímco **double-bundle technika je výhodnější pro pacienty se středními a většími rozměrovými parametry vazů a kolena** a zejména tehdy, **dominuje-li u nich pivotální sportovní zátěž** [36,37,82,109].

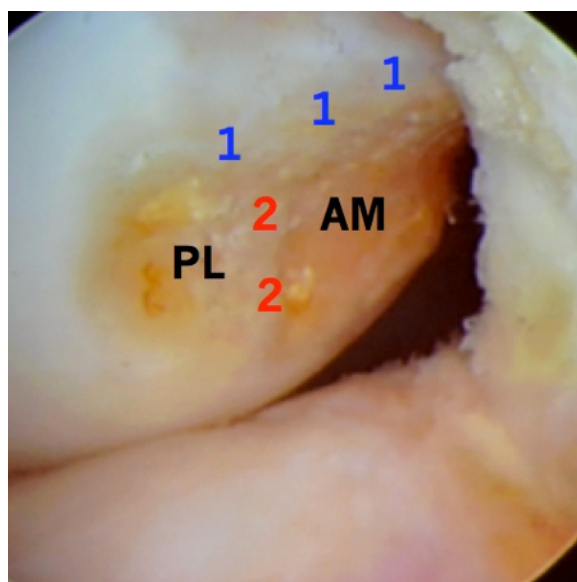


Obrázek 18 - Artroskopický pohled do pravého kolena z CM portu na závěr augmentace LCA, tj. izolované náhrady AM porce, u pacienta s intaktní PL a insuficientní AM porcí

2.3 Double-bundle koncept anatomické rekonstrukce LCA

Tento koncept vychází z poznatků, že LCA je složeno z AM a PL porce, které jsou pojmenovány podle polohy jejich úponů na tibií [4,8,9]. Obě porce jsou od sebe oddělené a dobře separovatelné vaskularizovaným septem a jsou jasně prokazatelné již kolem 20. týdne fetálního vývoje [24].

Základem tohoto konceptu je dokonalá znalost polohy a architektiky obou úponů LCA. Na mediální stěně laterálního kondylu femuru všechna vlákna LCA začínají dorzálně (při plné extenzi kolena) od dobře prominujícího kostního hřebene (“lateral intercondylar ridge”), který je přítomen u většiny pacientů. V 80% případů bývá také přítomen kostní bifurkační hřeben (“bifurcate ridge”), který je kolmý na laterální interkondylický hřeben, oddělující od sebe úponové oblasti PL a AM porce (obrázek 19) [94]. **Oba tyto hřeby jsou základní morfologickou strukturou potřebnou pro anatomické zacílení femorální části štěpu.**



Obrázek 19 – Artroskopický pohled z CM portu na oblast femorálního začátku LCA, kde je patrný “lateral intercondylar ridge” (čísla 1) a “bifurcate ridge” (čísla 2) oddělující úpony PL a AM porce

Tibiální úpon má střed v úrovni zadního okraje předního rohu laterálního menisku v area intercondylaris anterior, kdy AM porce tvoří anteromediální část úponu a PL je dorsolaterálně od úponu AM porce. Obě porce synergicky napomáhají stabilizaci kolena v různých polohách rozsahu hybnosti. V extenzi jsou obě porce tonizované a to zejména PL

porce, která je v extenzi napnutá na své maximum. PL porce omezuje zejména rotaci tibie vůči femuru od 0° až do 60°- 90° flexe a pak svoji funkci zcela ztrácí [30]. AM porce zejména zajišťuje ventrální stabilitu kolena a PL porce k tomu napomáhá při nízkém stupni flexe (0°- 30°). AM porce je pod největším napětím v poloze kloubu 45°-60° flexe [20].

Double-bundle koncept je tedy založen na jasných anatomických a funkčních rozdílech mezi AM a PL porcí, které společně tvoří přední zkřížený vaz. Pochopení tohoto konceptu je základním krokem k technickému zvládnutí a praktickému využívání anatomické rekonstrukce LCA, tak aby došlo k dostatečnému napodobení individuálních odlišností anatomie a biomechaniky vazů u každého pacienta a ke správnému ošetření různých typů poranění LCA.

2.4 Předoperační hodnocení

Prvním a zásadním krokem před stanovením definitivní diagnózy poranění LCA je odebrání kompletní anamnézy a pečlivé klinické vyšetření pacienta. Tyto kroky nám většinou pomůžou nejen určit přítomnost léze LCA, ale často i odlišit mezi kompletní nebo parciální rupturou vazů [28].

Mechanismus poranění nám může napovědět, která z porcí je poraněna u izolovaných lézí. AM porce bývá poškozena při mechanismu s větší energií, oproti tomu PL porce při drobnějším úrazu s převahou rotační složky násilí, např. u pivotálních sportů [106]. Insuficience AM porce zpravidla způsobuje ventrální nestabilitu kolena podobnou kompletní lézi LCA. Izolovaná ruptura PL porce resultuje spíše v laxitu rotační projevující se klinicky méně výrazně, hlavně při pivotální zátěži

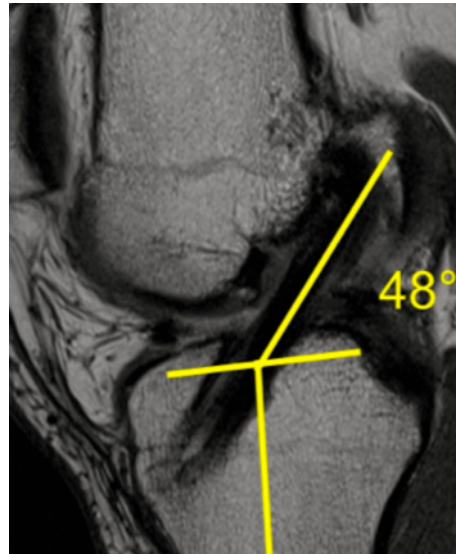
[15,108]. Při klinickém vyšetření u izolované léze PL porce dominuje rotační laxita v blízkosti plné extenze kolena (PST + nebo ++ a Lachmann test +) a při poranění AM porce převažuje laxita ventrální při větším stupni flexe kolena (PZT + nebo ++ a Lachmann test +) [96].

Konvenční rentgenový snímek kolena v obou projekcích je základní zobrazovací metoda při prvotním vyšetření poraněného kolena. Jejím cílem je ozřejmit případné degenerativní změny, přidružené zlomeniny, avulze a deformity, přítomnost růstových štěrbin a zjistit osu dolní končetiny.

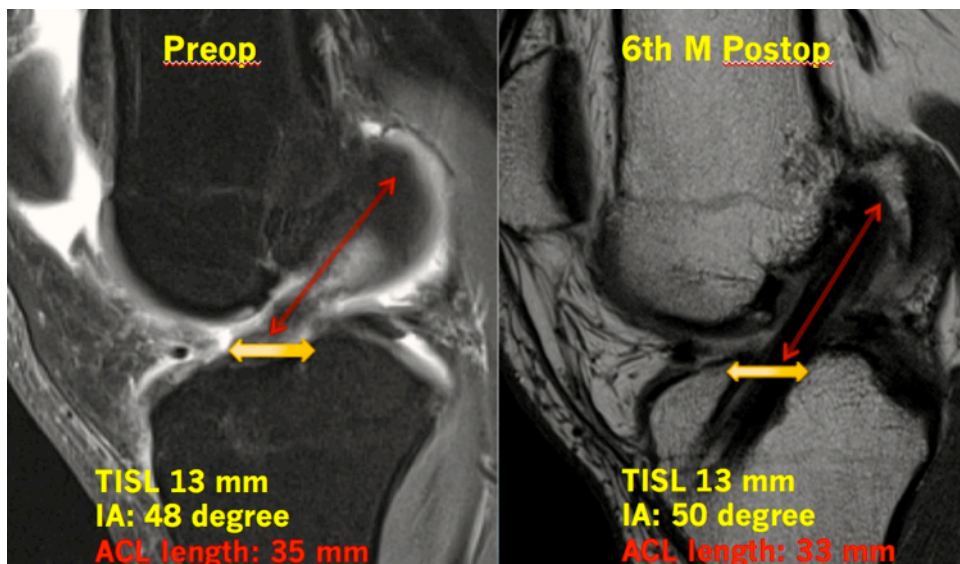
Vysoce kvalitní magnetická rezonance hraje zásadní úlohu při diagnostice a předoperačním plánování [7,86]. Nejenom, že dokáže prokázat rupturu LCA a přidružená poranění kolena (menisků, chrupavky, ostatních vazů a okolní kosti), ale dokáže také rozpoznat typ ruptury a nabízí možnost pro dokonalé předoperační měření LCA (rozměry úponů a celého vazu včetně inklinčního úhlu). Operátér je schopen si změřit šířku šlachy quadricepsu, ligamentum patellae a šlach hamstringů jako potenciálních zdrojů pro odběr štěpu. Je tedy v posledních letech stále více využívána také k předoperačnímu plánování [38].

Velkou výhodou je provedení šikmých koronálních a sagitálních projekcí, které umožňují lepší vizualizaci vazů v celé délce a tenkých řezech. To nám významně vylepšuje senzitivitu diagnostiky parciální léze LCA [12,99,108].

Dále je MRI stále více využívána k pooperační kontrole výsledků A-ACLR. Výborně prokazuje totiž stupeň prohojení štěpů a také rozměrové parametry (TISL, délku a inklinční úhel štěpu) informující operátéra o přesnosti obnovy původní anatomie LCA při srovnání s MRI provedeným preoperačně (obrázky 20 a 21) [7].



Obrázek 20 – Příklad pooperačního měření inklinčního úhlu LCA u pacienta po SB A-ACLR na šikmém sagitálním řezu MRI provedené 6 měsíců po výkonu. Současně je patrná kompletní maturace štěpu (signál štěpu je homogenní a hypointenzivní)



Obrázek 21 – Příklad měření hodnot TISL, inklinčního úhlu (IA) a délky LCA (ACL legth) a jejich srovnání na předoperačních a pooperačních šikmých sagitálních řezech MRI u pacienta se single-bundle A-ACLR. Pooperační rozměry se prakticky shodují s předoperačními- výborný výsledek anatomické rekonstrukce.

I přes dokonalé klinické vyšetření a využití zobrazovacích metod teprve až **na základě pečlivého artroskopického vyšetření jsme schopni stanovit definitivní diagnózu a přesný typ poranění LCA.** Finální rozhodnutí, zda-li bude indikována single-bundle nebo double-bundle technika A-ACLR, lze tak provést až peroperačně [43,79,109].

2.5 Operační výkon

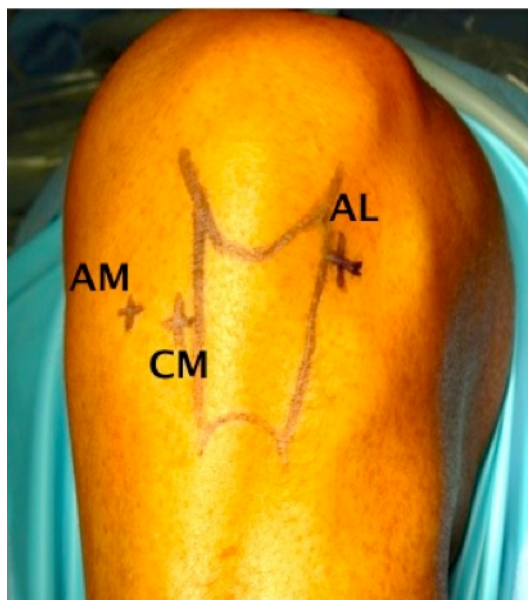
Na začátku operačního výkonu je nutné nejprve v celkové anestezii vyšetřit laxitu kolena. Zejména výsledky pivot shift testu se mohou zásadně lišit, je-li prováděn při vědomí na ambulanci a nebo v celkové anestezii.

2.5.1 Tříportová technika

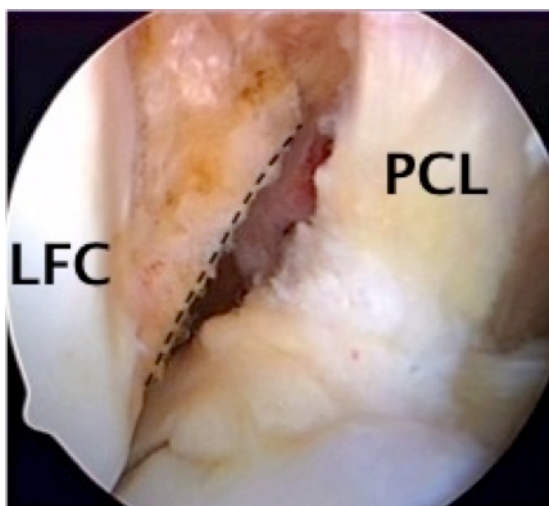
Výzkumy potvrdily, že využití tříportové techniky v průběhu A-ACLR nabízí lepší vizualizaci obou úponů LCA, zejména femorálního. Tím umožňuje, na rozdíl od standardně užívané “dvouportové techniky”, komplexnější orientaci v kloubu a dosažení větší přesnosti, jak při diagnostice poranění obou porcí LCA, tak při provedení vlastní A-ACLR [6,14].

Vedle běžně užívaného anterolaterálního a mediálního portu je jako třetí navíc využíván centrální mediální port (obrázek 22). AL port se provádí lehce proximálněji nad Hoffovo tělesem při laterální okraji apexu pately a slouží zejména k vizualizaci tibiálního úponu vazů. CM port i

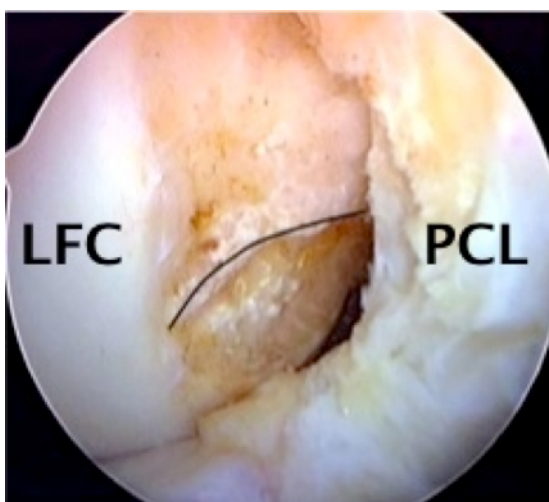
mediální port jsou vytvořeny pod přímou kontrolou optiky a jejich poloha se může mírně měnit se změnami anatomie interkondylární fossy a LCA. CM port je uložen při mediálním okraji lig. patellae asi 1 cm distálně od apexu pately. Mediální port se nachází mediálněji těsně nad předním rohem mediálního menisku a jeho přesnou medio-laterální polohu určuje pozice jehly, tak aby měl správný sklon k oblasti femorálního začátku LCA. Současně nesmí být poloha mediálního portu příliš mediálně, abychom při cílení a vrtání femorálního kanálu nepoškodili chrupavky mediálního kondylu femuru při anteromedální technice cílení a vrtání [6,14]. CM vstup slouží k zavedení optiky v průběhu výkonu v lokalitě femorálního úponu, kde výrazně zlepšuje přehlednost této oblasti na rozdíl od pohledu na femorální úpon z AL portu, jak je dobře vidět na obrázcích 23 a 24. Mediální port je užíván zpravidla jen jako pracovní při cílení a vrtání kanálů [45].



Obrázek 22 – Peroperační pohled na koleno zobrazující pozici tří portů při tříportové technice A-ACLR



Obrázek 23 – Artroskopický pohled z AL portu do pravého kolena s patrnou nedostatečnou vizualizací oblasti femorálního úponu LCA (přerušovaná čára zobrazuje “lateral intercondylar ridge”)



Obrázek 24 - Artroskopický pohled do stejného kolena jako na obrázku 23, ale nyní z CM portu prokazující výbornou přehlednost oblasti femorálního úponu (plná čára zobrazuje průběh “lateral intercondylar ridge”)

2.5.2 Indikace a kontraindikace

Vždy je nutné začít vlastní A-ACLR diagnostickou artroskopií ke zhodnocení přítomnosti případných přidružených nitrokloubních patologií a k přesné diagnostice typu poranění LCA pečlivým vyšetřením zbytků původního vazů. **U pacientů s izolovanou rupturou pouze jedné porce vazů, se zachovalou a funkční druhou porcí, by měla být indikována augmentace LCA** tj. izolovaná náhrada poraněné porce vazů se zachováním porce zdravé [55].

V případě, že je prokázána ruptura obou porcí LCA, jedná se o kompletní rupturu vazů, a je indikována anatomická rekonstrukce single-bundle nebo double-bundle technikou. Následuje šetrné odstranění původního vazů shaverem nebo vaperem s označením původních úponů PL a AM porce na femuru na tibií.

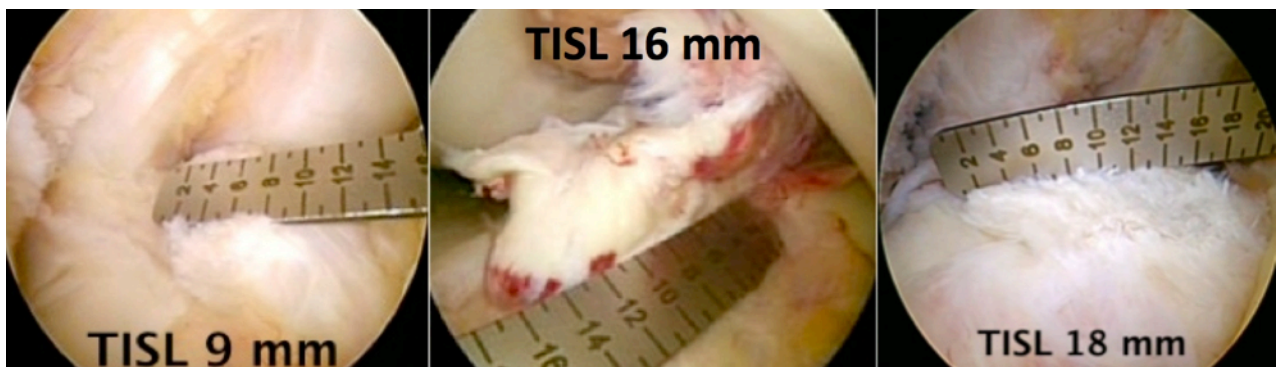
Následuje peroperační měření rozměrů femorálního i tibiálního úponu LCA. To provádíme nitrokloubním artroskopickým měřítkem (Smith and Nephew, Andover, MA). Zásadní pro zvolení SB nebo DB techniky jsou naměřené hodnoty obou úponů LCA a současně musíme brát v úvahu i stav ostatních struktur kolena, například velikost interkondylické fossy. **Specifické měření obsahuje:** předozadní délku tibiálního úponu (TISL) a jeho šířku (TISW), šířku a výšku interkondylické fossy (ICNW a ICNH).

U pacientů s menším **TISL než 14 mm a ICNW než 12 mm musí být vždy indikována single-bundle A-ACLR** [57]. Při SB technice, kdy je použit k A-ACLR pouze jeden štěp, jsme schopni obnovit pouze 60-80% plochy původních úponů LCA, zatímco DB technikou dokážeme nahradit 80-100% nativního úponu na femuru a tibií. To je jedna z potenciálních nevýhod [55].

Pacienti s rozměry TISL 14-16 mm mohou podstoupit jak SB tak i DB techniku A-ACLR [28].

Double-bundle technika A-ACLR je jednoznačně indikována u pacientů, kteří mají rozměr TISL 16 mm a více.

Příklady rozdílných peroperačně naměřených rozměrů TISL a ICNW u různých pacientů zobrazují obrázky 25 a 26.

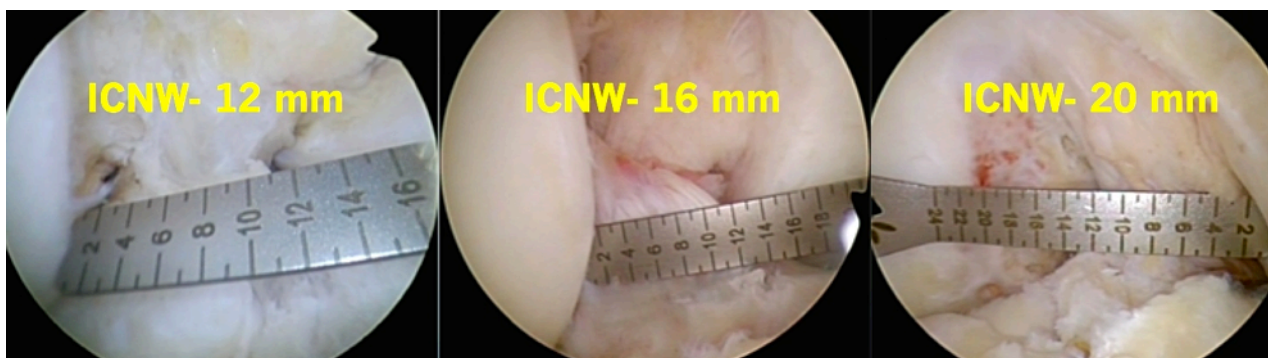


Obrázek 25 – Peroperační způsob měření předozaného rozměru tibiálního úponu LCA u tří odlišných pacientů. První operovaný s TISL 9 mm indikován jasně k SB technice, druhý pacient s rozměrem TISL 16 mm je vhodný pro obě techniky a třetí pacient TISL 18 mm by měl být jasně indikován k DB technice A-ACLR- zde SB technika nemůže dostatečně obnovit tvar a velikost úponových oblastí

Kontraindikace k DB technice jsou: přítomnost růstových fýz, výrazná kostní modřina patrná na předoperačním MRI v oblasti LFC a tibie, příliš úzká (<12 mm) a mělká (<14 mm) interkondylická fossa, malý rozměr tibiálního úponu LCA (ICNL < 14 mm), pokročilé degenerativní změny (III. a vyšší stupeň) a multiligamentózní poranění.

Příliš malé rozměry ICN, ať už šířka nebo hloubka, představují výrazné riziko technických obtíží v průběhu DB techniky a zvyšuje se riziko impingementu štěpu a tím i možnost jeho selhání. Přítomnost otevřených fýz a kostní modřiny vyžaduje co nejšetrnější operační techniku, tj.

dovuluje operátorovi pouze předvrtání jednoho kanálu ve femuru a tibií při SB technice. Jsou-li přítomné pokročilé degenerativní změny, mohla by DB technika tím, že lépe stabilizuje kloub, paradoxně akcelarovat progresi poškození chrupavky [57].



Obrázek 26 - Peroperační způsob měření šířky interkondylické fossy: první případ ICNW 12 mm = úzká fossa nevhodná a kontraindikovaná pro DB techniku, druhý případ ICNW 16 mm = střední velikost fossy a třetí ICNW 20 mm = výrazně široká fossa- obě vhodné pro provedení DB techniky A-ACLR

2.6 Operační techniky anatomické rekonstrukce LCA

2.6.1 Augmentace LCA

Augmentace LCA je izolovaná náhrada jedné z porcí vazů v případech, kdy je poraněná pouze jedna porce a druhá je intaktní a plně funkční. V průběhu izolované náhrady jedné z porcí je nutná velmi šetrná operační technika zejména při odstraňování poraněné porce a je nutné extrémně obezřetně šetřit zdravou porci [11].

Potvrdilo se, že provedení augmentace oproti A-ACLR přináší řadu výhod, které vyplývají ze zachování porce zdravé a nahrazení nefunkční nebo přetržené části vazů. V literatuře jsou zmiňovány následující potenciální výhody augmentace: rychlejší revaskularizace a maturace štěpu, vyšší pravděpodobnost reinervace mechanoreceptory ze zdravé porci, možnost přesnějšího zacílení femorálního a tibiálního kanálu díky přítomnosti zdravé porce, protekce nahrazované porce zdravým svazkem a z toho plynoucí možnost rychlejšího průběhu rehabilitace a časnějšího návratu do plné zátěže [11,80,81].

Při izolované náhradě jedné z porcí LCA po velmi šetrném odstranění insuficientní porce následuje označení femorálního a tibiálního úponu, které se nacházejí vždy v centru úponu nativní PL nebo AM porce. Následuje předvrtání obou kanálů a protažení předem připraveného šlachového štěpu z m. semitendinosus nebo m. gracilis. Nejčastější rozměry tloušťky užívaného štěpu jsou 6-7 mm pro náhradu PL porce a 7-9 mm pro AM porci. Femorální fixace je zpravidla preferována extrakortikální suspenzorní, např. Endobutton (Smith and Nephew, Andover, MA). Tibiální fixace je prováděna interferenčním vstřebatelným šroubem u izolované náhrady PL porce v plné extenzi zatímco u AM porce v semiflexi kolena 40-50 st [83,92]. Příklady izolované náhrady PL a AM porce jsou zobrazeny v obrázcích 17 a 18 přítomných v kapitole 2.2.

2.6.2 Single-bundle technika

Principem této nejčastěji užívané operační techniky je náhrada původního vazů jedním štěpem. Bez ohledu na typ štěpu (šlachový nebo z ligamentum patellae, autoštěp nebo alloštěp) je femorální i tibiální

kanál cílen vždy do centra původního footprintu, tzn. přesně uprostřed mezi PL a AM porci. Po protažení štěpu se provádí jeho fixace a tonizace v 10-30° flexi kolena. Ostatní podrobnosti této techniku budou popsány detailně v kapitole “*Metodika*” této práce.

2.6.3 Double-bundle technika

Základní rozdíl této techniky od SB techniky spočívá v tom, že nahrazujeme obě porce dvěma štěpy a tonizujeme každou porci LCA zvlášť. Nejčastěji se užívají dva šlachové autoštěpy připravené zpravidla ze šlach m. semitendinosus a gracilis. V případě použití alloštěpu se nám velmi osvědčila šlacha m. tibialis posterior nebo Achillova šlacha. Centra obou kanálů na femuru a obou kanálu na tibiai jsou vždy uložena v centrech nativní PL a AM porce. Po předvrtání a protažení obou štěpů následuje fixace ve femuru vstřebatelným interferenčním šroubem nebo suspenzorní fixací. Tibiální fixace se provádí vstřebatelnými interferenčními šrouby a tonizace zvlášť pro každou porci v odlišné flexi kolena. První se fixuje a tonizuje PL porce a to v plné extenzi kolena a poté AM porce ve 45° flexi kolena [80]. Podrobný popis této operační techniky je detailně popsán v kapitole “*Metodika*” této práce.

2.6.4 Pooperační režim a rehabilitace

V časném pooperačním období je končetina fixována ortézou a po několika hodinách od výkonu je pacient mobilizován o berlích s odlehčením končetiny. Všechny výše zmíněné techniky mají podobný pooperační průběh. V prvních týdnech je pozornost kladena na mírnění

bolesti, redukci otoku a co nejrychlejší obnovu plného rozsahu hybnosti a posílení m. quadriceps femoris. Od počátku je používána “motorová dlaha” sloužící k pasivnímu rozvíjení hybnosti kolena. Ortéza a berle jsou odkládány v období 4. - 6. pooperačního týdne v závislosti na průběhu rehabilitace. Po posílení quadricepsu následuje trénink chůze po rovině, jízda na rotopedu a postupně kolem 3. měsíce i jogging v přímém směru. Kontaktní sportovní zátěž není povolena dříve než před koncem 6. pooperačního měsíce. Zda je však nutné brát na zřetel stále více zmiňovanou výraznou interindividuální odlišnost v rychlosti maturace štěpu, v literatuře uváděno rozmezí 6-18 měsíců [82]. Proto je v poslední době stále více doporučováno provedení kontrolního MRI se zaměřením na stupeň prohojení štěpu předtím, než pacientovi povolíme plnou sportovní zátěž [12,61,110]. Dále je doporučováno používání 4 bodové sportovní ortézy po dobu minimálně 1 roku po výkonu k protekci maturujícího štěpu [61].

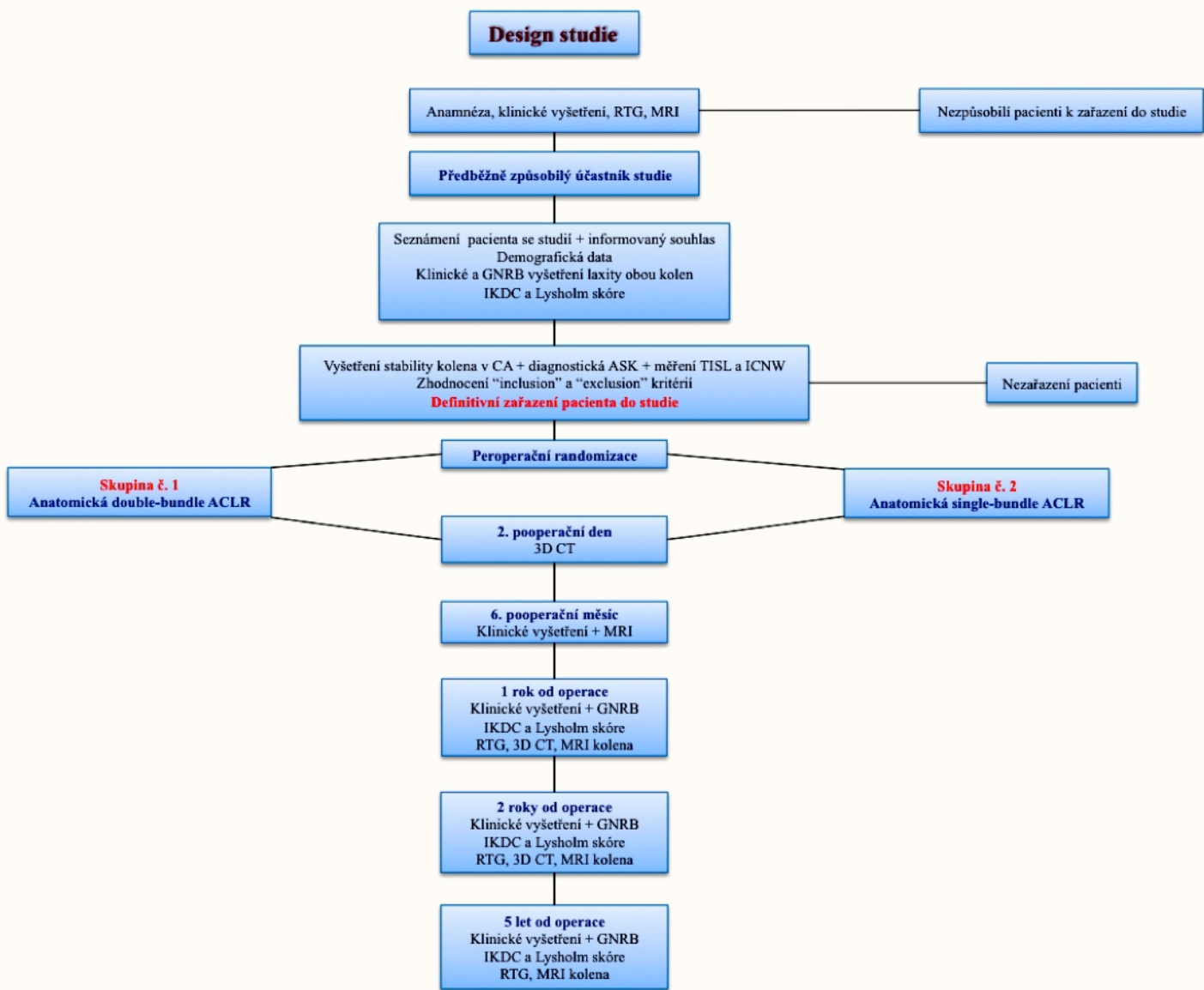
MATERIÁL A METODIKA

Pacienti byli zařazeni do této studie v období od prosince roku 2009 do června 2011. Jednalo o prospektivní randomizovanou komparativní klinickou studii a proto jsme před jejím začátkem nejprve připravili její přesný design patrný na obrázku 27. Indikovaným, potenciálně spolupracujícím pacientům s motivací navrátit se k předúrazové sportovní zátěži byla nabídnuta možnost účasti v této studii a pokud předběžně souhlasili, byli podrobně seznámeni s jejím průběhem a podmínkami a poté podepsali informovaný souhlas s účastí v této studii.

Stanovené hypotézy

Byly stanoveny tři hypotézy.

- **Hypotéza č. 1 (H1)** = DB technikou dosáhneme statisticky významně nižší pooperační **ventrální i rotační laxitu kolena** v porovnání se SB technikou.
- **Hypotéza č. 2 (H2)** = DB technika bude mít statisticky významně nižší **výskyt selhání štěpu**, vyšší procento **návratu do předúrazové sportovní zátěže** a menší **deficit rozsahu hybnosti** operovaného kolena.
- **Hypotéza č. 3 (H3)** = DB technika povede ke statisticky významně lepším výsledkům **subjektivních kritérií**.



Obrázek 27 – Schéma designu studie

3.1 Soubor pacientů

Do prospektivní randomizované studie bylo na jejím začátku zařazeno celkem 110 pacientů splňujících indikační kritéria (tabulka 1), z toho bylo v jejím průběhu do 24. měsíce vyřazeno celkem 28 pacientů. Důvodem bylo u 9 operovaných nedodržení pravidel studie a zbývající pacienti se nedostavili k plánovanému vyšetření.

Tabulka 1 - Demografická data při předoperačním hodnocení

	Total	DB skupina	SB skupina	P-value
Počet pacientů	110	55	55	0,999
Věk pacientů	29 (12)	28 (11)	30 (9)	0,43
Pohlaví muži/ženy	74/36	36/19	38/17	0,2
Strana- pravá/levá	62/48	28/27	34/21	0,14
Váha (kg)	79 (16)	76 (13)	81 (18)	0,28
Výška (cm)	174 (7)	178 (8)	173 (10)	0,07
Interval mezi úrazem a operací (dny)	81 (76)	93 (58)	84 (68)	0,09
Typ sportu				0,19
Fotbal	39	23	16	
Házená	20	9	11	
Lední hokej	11	7	4	
Basketbal	12	3	9	
Ostatní sporty	27	13	14	

S odstupem minimálně 2 let od operace jsme zhodnotili výsledky u 82 pacientů (43 DB a 39 SB skupina). Jednalo se o 16 žen a 66 mužů s průměrným věkem 29 let (rozmezí 19-42 let), ve skupině DB průměr 28,2 a ve sk. SB 29,9 let, a s průměrným odstupem 81 dní. Na základě peroperační randomizace pacienti podstoupili A-ACLR DB nebo SB technikou u 45 pravých a 37 levých kolenních kloubů (sk. DB 26 pravá/23 levá a sk. SB 31/17) (tabulka 2).

Tabulka 2 - Demografická data pacientů ve 2 letech od výkonu

	Total	DB skupina	SB skupina	P-value
Počet pacientů	82	43	39	0,7
Věk pacientů	29 (12)	28 (11)	30 (9)	0,5
Pohlaví muži/ženy	66/16	36/7	30/9	0,2
Strana- pravá/levá	45/37	23/20	22/17	0,09
Váha (kg)	79 (16)	76 (13)	81 (18)	0,09
Výška (cm)	174 (7)	178 (8)	173 (10)	0,07
Follow-up interval (měsíce)	24 (0,8)	25 (0,9)	26 (1,8)	0,8
Interval mezi úrazem a operací (dny)	81 (76)	93 (58)	84 (68)	0,07
Typ sportu				0,09
Fotbal		18	14	
Házená		7	9	
Lední hokej		4	6	
Basketbal		2	1	
Ostatní sporty		12	9	

3.2 Metodika

Všichni pacienti zařazení do studie museli splňovat následující **indikační kritéria**: věk 18- 45 let, kompletní ruptura obou porcí LCA jednoho kolena do 6 měsíců od úrazu, motivovanost k návratu do plné předúrazové úrovně sportovní zátěže a dostatečná rozměrová kritéria struktur kolena, která umožňují technické provedení DB techniky, tj. předozadní délka tibiálního úponu původního LCA minimálně 14 mm a šířka interkondylické fossy při její bazi v 90° flexi minimálně 12 mm.

Do studie **nebyli zařazení pacienti**, u kterých bylo přítomno některé z následujících vylučujících kritérií: předchozí poranění téhož kolena, úraz nebo operace druhého kolena, ruptura buď obou menisků nebo jednoho z nich vyžadující resekci více než 1/3 menisku, dále prováděná sutura menisku, přítomnost chondrální léze III. a IV. stupně

dle Outerbridge v jakékoliv lokalitě kolena, multiligamentózní poranění, známky zánětu či osteoartrózy, otevřené růstové fýzy, příliš tenká šlacha m. gracilis, tj. slabší než 2,5 mm a jakákoliv kontraindikace k provedení CT nebo MRI (tabulka 3).

Tabulka 3 - "Inclusion" a "exclusion" kritéria

"Inclusion" kritéria
věk: 18-45 let
kompletní izolovaná ruptura obou porcí LCA do 6. měsíce od úrazu
motivovanost k návratu k předúrazové sportovní zátěži
předozadní délka původního LCA (TISL) >14 mm
šířka interkondylické fossy při bazi (ICNW) >12mm
"Exclusion" kritéria
předchozí poranění téhož kolena
úraz nebo operace druhého kolena
ruptura obou menisků
ruptura jednoho menisku vyžadující resekci > 1/3 menisku
provedená sutura menisku
chondrální léze III. nebo IV. st dle Outerbridge
multiligamentózní poranění kolena
známky zánětu nebo gonartrózy
přítomnost růstových fýz
příliš tenký m. gracilis (průměr < 2,5 mm)
jakákoliv kontraindické k provedení CT nebo MRI

3.2.1 Předoperační hodnocení

U předběžně vybraných pacientů byla předoperačně odebrána anamnéza a demografická data. Ze subjektivních kritérií bylo zhodnoceno předoperační Lysholmovo a IKDC skóre [35,53]. Z objektivních kritérií jsme hodnotili při klinickém vyšetření při plném vědomí: rozsah hybnosti zdravého a operovaného kolena, stranovou diferenci velikosti ventrální laxity obou kolen ve 20° flexi pomocí laximetru Genourob (GNRB). Dynamickou rotační laxitu kolena jsme hodnotili při plném vědomí pacienta pomocí pivot shift testu, který jsme hodnotili jako PST 0 (zdravé koleno), PST + (naznačený PST), PST 2+ (lehce pozitivní PST), PST 3+ (významně pozitivní).

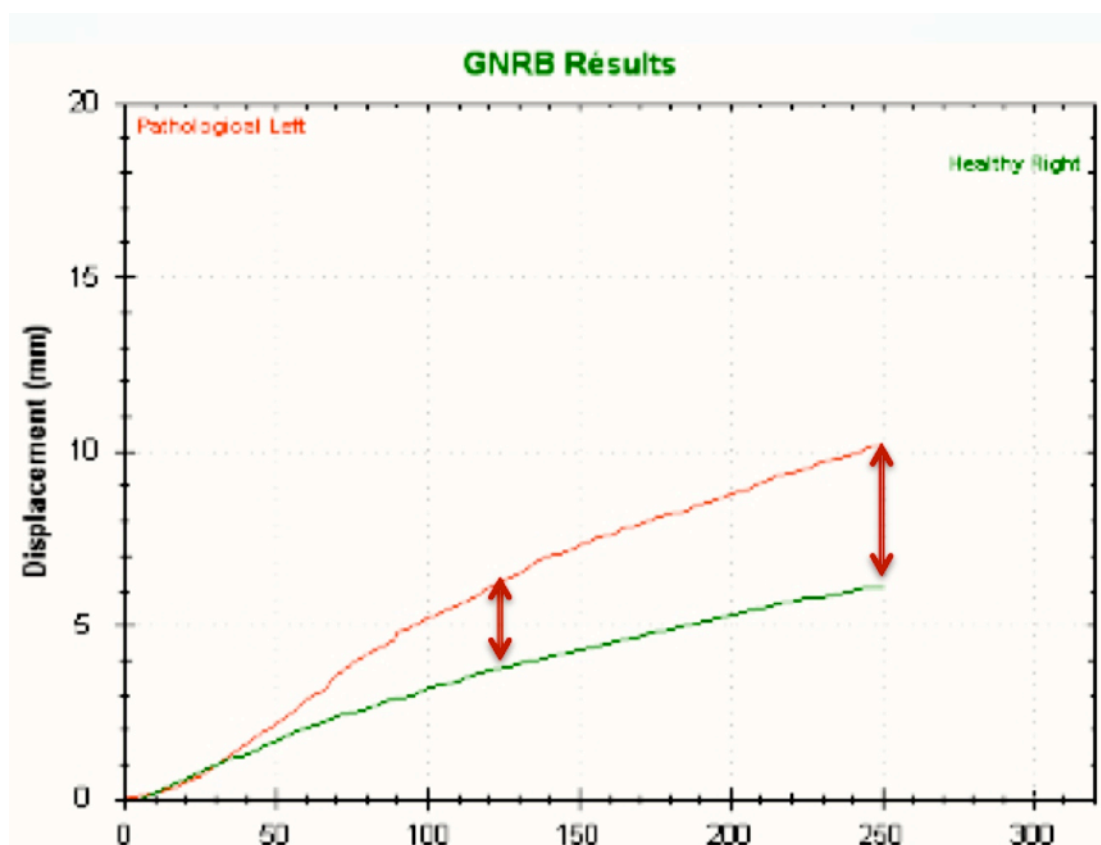
Měření ventrální laxity kolena přístrojem Genourob

Přístroj Genourob byl použit k objektivnímu měření stranové difference ventrální laxity poraněného a zdravého kolena při plném vědomí pacienta (obrázek 28).



Obrázek 28 – Fotka přístroje Genourob s fixovanou dolní končetinou přeskami v průběhu měření stranové difference ventrální laxity kolenního kloubu

Toto zařízení měří sagitální ventrální posun tibie při flexi kolena 20°. Končetina je v přístroji zafixovaná v nulové rotaci pomocí přezek kolem hlezna a kolena. Přístroj v průběhu testu vyvíjí tlak na zadní stranu horní části lýtky v rozsahu 67 až 250 Newtonů (N). Velikosti ventrálního posunu tibie vůči distálnímu femuru je zaznamenávána s přesností na 0,1 mm pomocí citlivého senzoru fixovaného k tuberozitě tibie. Získané hodnoty míry posunu při určitých tlacích jsou zaznamenávány v připojeném počítači a z těchto hodnot je vytvořena křivka pro každé koleno zvlášť.



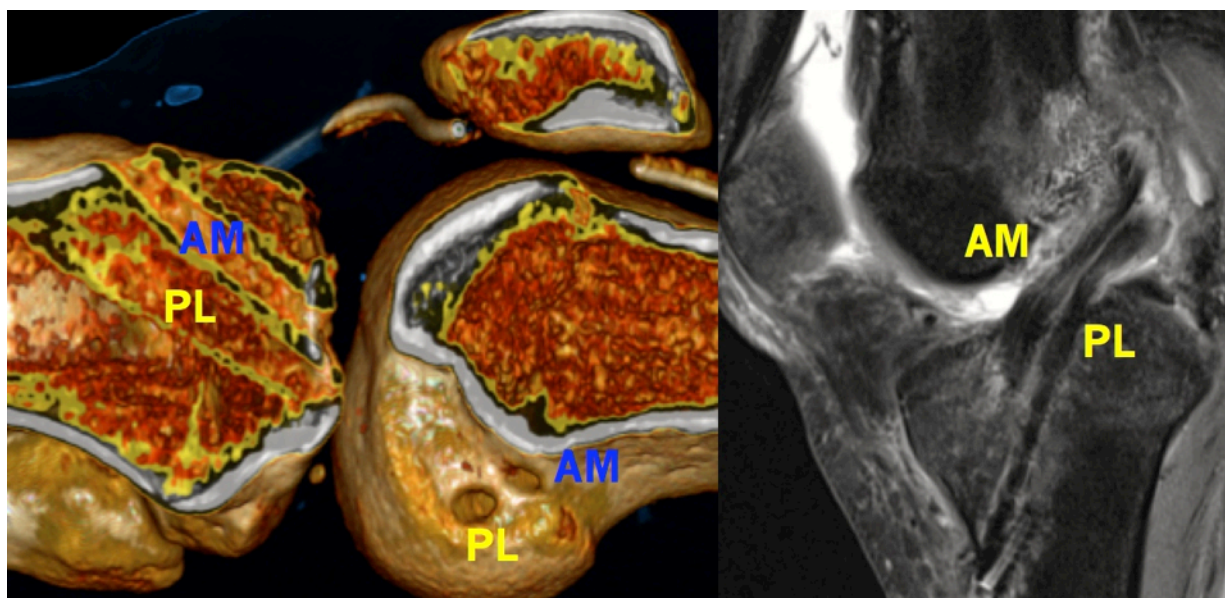
Obrázek 29 – Křivky získané z hodnot naměřených přístrojem Genourob, na kterých je patrné měření velikosti stranové difference ventrální laxity obou kolen při 124 a 250 N

Každý měřený pacient má svůj elektronický soubor, ve kterém jsou automaticky ukládány výsledky měření a data o pacientovi. Vždy jsou měřena obě kolena, zdravé a poraněné, a je posuzována stranová diference při určitých tlacích. Jak je patrné na obrázku 29 porovnávali hodnoty posunu při 124 N a 250 N.

Doposud publikované studie prokázaly vyšší přesnost a velmi dobrou reprodukovatelnost výsledků u tohoto přístroje v porovnání s přístrojem KT 1000 [10,51,108].

Užití zobrazovacích metod

Ze zobrazovacích metod jsme předoperačně i pooperačně hodnotili nativní rentgenový snímek kolena v předozadní a laterální projekci a vyšetření magnetickou rezonancí 3 Tesla.



Obrázek 30 – Příklad pooperačního hodnocení pozic kanálů na 3D CT a štěpu na MRI

Dále jsme pooperačně prováděli CT kolena s 3D rekonstrukcemi 2. pooperační den a v průběhu vyšetření minimálně 2 let od výkonu. Na CT jsme hodnotili správnost pozice a přítomnost případné dilatace kanálů. Příklad pooperačního 3D CT a MRI po double-bundle technice A-ACLR prezentujeme v obrázku 30. Metodiky hodnocení zobrazovacích metod a jejich výsledky jsou nad rámec této dizertační práce a budou publikována v budoucnu v jiné práci.

3.2.2 Zařazení pacientů do studie a randomizace

Definitivní zařazení pacientů do studie proběhlo až na začátku vlastního artroskopického výkonu. V celkové anestezii jsme nejprve vyšetřili znovu míru laxity kolena. V průběhu diagnostické artroskopie jsme mimo jiné provedli peroperační měření TISL a ICNW artroskopickým měřítkem.

Byla-li splněna zmíněná indikační kritéria a nebyla přítomna kritéria vylučující, mohli být pacienti definitivně zařazení do studie.

Randomizace pacientů do jedné ze dvou skupin probíhala až po definitivním zařazení pacientů do studie na začátku artroskopie. Prováděli jsme ji obálkovou metodou. Pacienti byli touto metodou vybráni buďto do skupiny č. 1 (sk. 1), kde následovalo provedení double-bundle A-ACLR nebo do skupiny č. 2 (sk. 2), kde podstoupili single-bundle A-ACLR. Do první skupiny (DB ACLR) bylo původně zařazeno celkem 55 a do druhé (SB ACLR) také 55 operovaných.

Předoperační vyšetření, randomizaci a samotný operační výkon u všech sledovaných provedl jeden operátor, autor této dizertační práce. Pacienti byli informováni o typu operačního výkonu a tudíž věděli, do které ze dvou skupin byli peroperačně zařazení.

3.2.4 Operační postupy

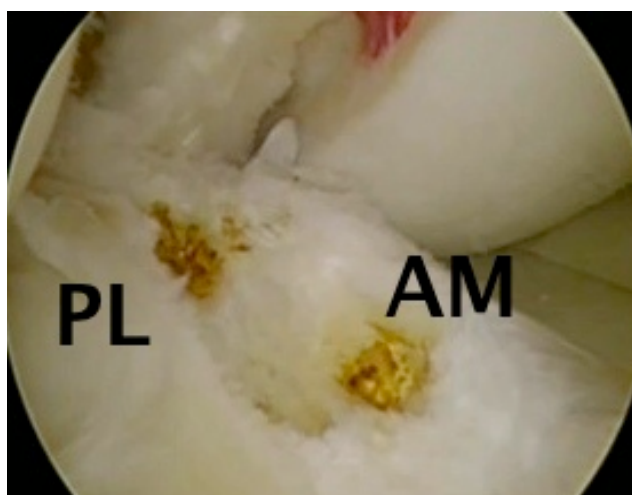
Začátek operačního výkonu byl u obou skupin identický. Po diagnostické artroskopii, změření TISL a ICNW a následné randomizaci jsme pokračovali odběrem štěpů pro náhradu LCA. Vždy jsme odebrali obě šlachy m. semitendinosus a m. gracilis z anteromediální kožní incize v úrovni pes anserinus. Následovala příprava štěpu(-ů). Ve skupině s DB technikou jsme použili šlachy m. semitendinosus pro anteromediální svazek a pro posteromediální porci šlachy m. gracilis (obrázek 31).



Obrázek 31 – Příprava šlachových štěpů potřebných pro double-bundle A-ACLR

Obě šlachy jsme přeložili na polovinu nebo na třikrát, podle šířky odebrané šlachy a také podle rozměrů TISL, tak abychom zejména u původně větších LCA nahradili co největší procento plochy původních footprintů. Příprava štěpu ve sk. 2 byla provedena přehnutím obou šlach na kvadru štěp. Následovalo prošití a tonizace štěpů na speciální lavici.

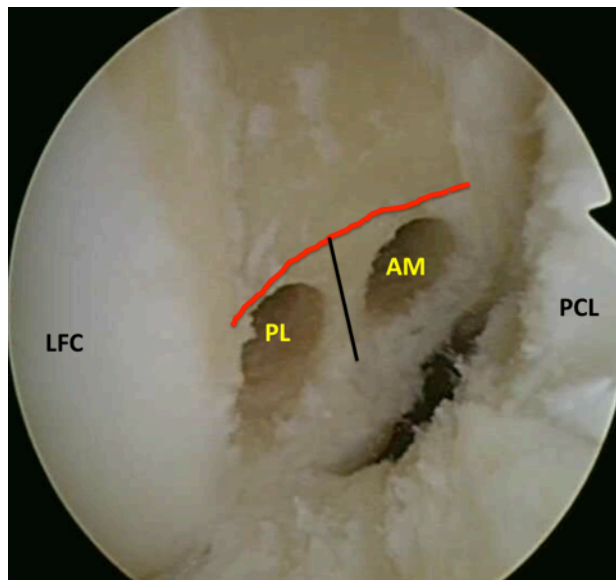
V průběhu přípravy štěpu asistencí operatér pokračoval ve vlastním výkonu. Vždy jsme využívali tříportovou operační techniku. Anterolaterální port pro dokonalou vizualizaci tibiálního úponu LCA, který ale neumožňoval dostatečnou přehlednost mediální stěny laterálního kondylu femuru, dále centrální mediální a anteromediální porty. CMP byl použit zejména pro zavedení optiky ke správné vizualizaci obou femorálních úponů LCA a AM port jak pro zavedení optiky, tak jako pracovní při cílení a vrtání femorálního (-ch) kanálu (-ů). Oblast původního tibiálního a femorálního úponu byla šetrně vyčištěna od zbytků nativního LCA tak, aby bylo možné označit centra původních úponů na femuru a tibií (obrázek 32). Notch plastiku jsme standardně neprováděli. Půměry štěpů byly měřeny s přesností na 1 mm a velikost vrtaných kanálů byla stejná jako naměřený průměr štěpu (-ů).



Obrázek 32 – Artroskopický pohled do pravého kolena z AL portu na oblast tibiální footprintu po odstranění původního LCA. Je patrné označení pozic center PL a AM porce vaperem při double-bundle technice A-ACLR

Double-bundle technika

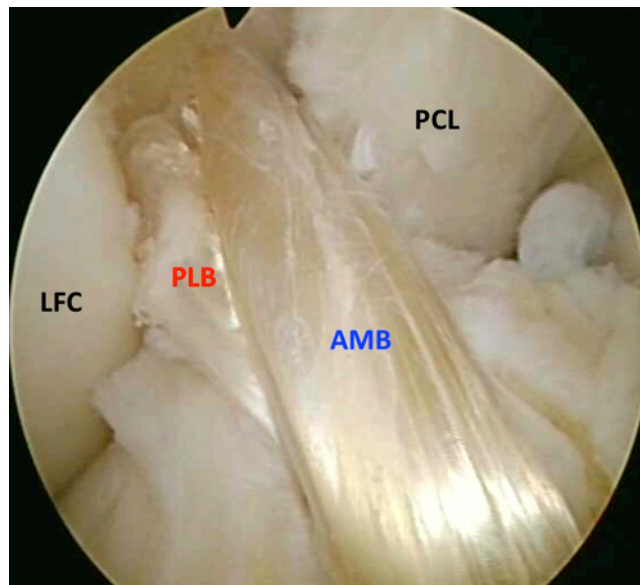
U skupiny č. 1 s double-bundle A-ACLR, jsme po označení center úponů obou porcí původního LCA na tibiai pomocí vaperu pokračovali nejprve s předvrtáním AM kanálu v tibiai a to pod úhlem sklonu 45-50° a poté pomocí cíliče i kanálu PL pod úhlem sklonu 55-65° k tibiálnímu platu a mediálně od tuberozity tibie 1-1,5 pro AM a 3-4 cm pro PL kanál. PL kanál nesměl nikdy zasahovat do přední části vnitřního postranního vazy. Oba kanály musely nitrokloubně vyúšťovat v centrech původní PL a AM porce na tibiai a vždy musel být mezi nimi zachován kostní můstek 1-2 mm. Centra původních femorálních úponů PL a AM porce byla označena na mediální stěně laterálního kondylu femuru nejprve vaperem a nástrojem na mikrofraktury (Chondral Peek - Smith and Nephew) zahnutým pod úhlem 60°. Následovalo cílení a poté předvrtání AM kanálu vždy skrz AM port při 110-120° flexi kloubu do hloubky 25-30 mm.



Obrázek 33 – Artroskopický pohled z CM portu na oblast femorálního začátku LCA po předvrtání obou kanálů ve správné anatomické pozici (červená čára = “lateral intercondylar ridge”, černá čára = “bifurcate ridge”)

Následovalo předvrtání PL kanálu pomocí cíliče ze stejného portu, ale ve flexi 90-100° do hloubky 20-25 mm. Pozice vyústění AM a PL kanálu vůči sobě na femuru byla horizontální při flexi kolena 110-120° (obrázek 33).

Pokračovali jsme protažením štěpů do kloubu a to v pořadí nejprve PL a až poté AM porce. Vyzkoušeli jsme rozsah hybnosti kolena a vyloučili přítomnost impingement syndromu, jak o strop interkondylické fossy, tak o zadní zkřížený vaz. Následovala fixace AM a poté PL štěpu femorálně, vždy dvěma interferenčními vstřebatelnými šrouby (Hexalon) délky 20-25 mm a stejného průměru jaký byl vrtán kanál. Tibiální fixace štěpu byla prováděna opět stejnými vstřebatelnými interferenčními šrouby o průměru shodném nebo o 1 mm větším než byl vrtán kanál a délky 20-30 mm. Nejprve jsme fixovali a tonizovali PL porci a to vždy v plné extenzi a až poté AM svazek štěpu ve 50-60° flexi kolena. Finální nález je patrný na obrázku 34.

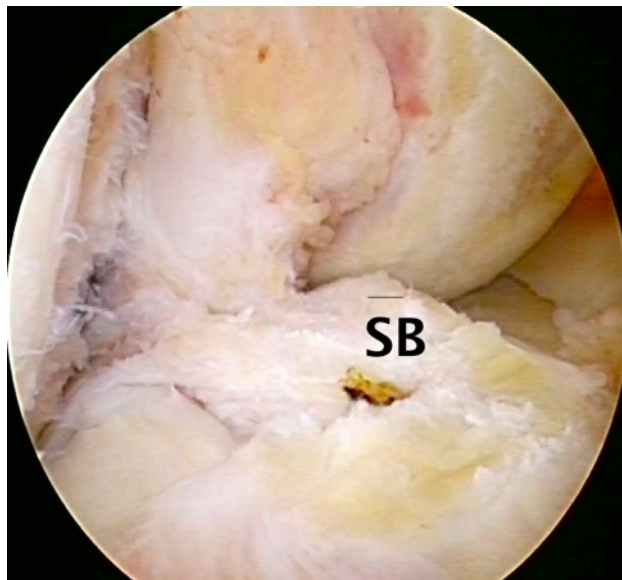


Obrázek 34 – Artroskopický pohled do pravého kolena z AL portu na závěr double-bundle techniky A-ACLR

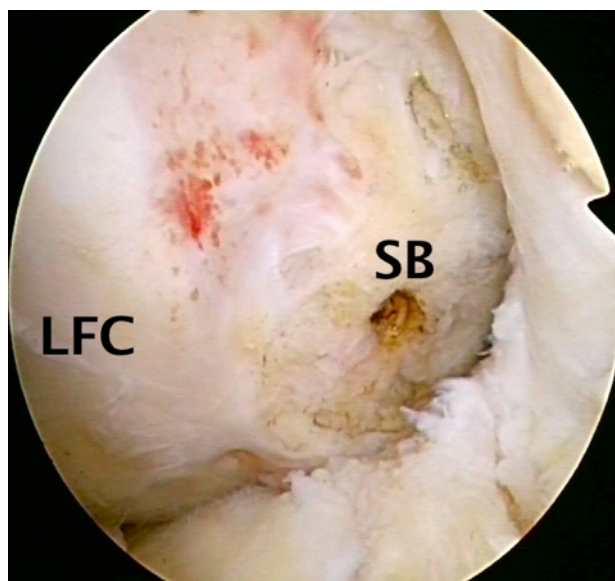
Na závěr operačního výkonu jsme vyšetřovali laxitu kolena tj. PST, Lachmann test a přední zásuvkový test. Pokud byly tyto testy negativní, ukončili jsme operační výkon.

Single-bundle technika

Ve skupině č. 2 pacienti podstoupili single-bundle A-ACLR. Ze stejných portů nejprve označili střed původního úponu LCA na tibiai tj. přesně mezi úponem PL a AM porce jak je patrné na obrázcích 35 a 36. Pokračovali jsme s předvrtáním jednoho tibiálního kanálu pod úhlem 45-55° vůči rovině plata tibie. Femorální kanál byl cílen a následně předvrtán z AM vstupu opět do centra původního femorálního úponu LCA, tj. mezi AM a PL porci distálně od “lateral intercondylar ridge”.



Obrázek 35 – Artroskopický pohled do pravého kolena z AL portu na oblast tibiální footprintu po odstranění původního LCA. Je patrné označení pozice centra nativního LCA vaperem (uprostřed mezi PL a AM porcí) v průběhu single-bundle techniky

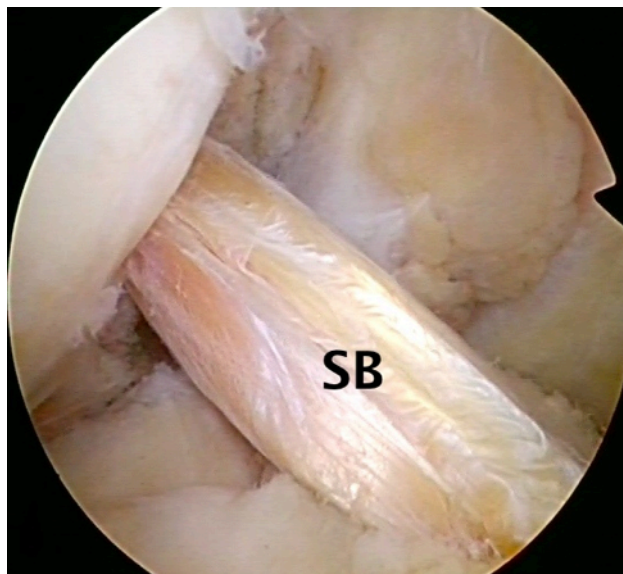


Obrázek 36 – Artroskopický pohled do pravého kolena z CM portu na oblast femorálního začátku LCA s označením pozice centra nativního začátku vazy vaperem (uprostřed mezi PL a AM porcí) v průběhu single-bundle techniky

Pokračovalo se protažením předem tonizovaného štěpu tvořeného oběma šlachami hamstring, vyloučili jsme přítomnost obou impingementů a poté jsme provedli fixaci stejnými interferenčními vstřebatelnými šrouby nejprve ve femuru a poté v tibiai ve flexi kolena 20 st. Finální pohled na fixovaný štěp na konci operačního výkonu prezentujeme na obrázku 37.

3.2.5 Pooperační režim

Pooperační režim a rehabilitace byly stejné u obou skupin pacientů a neodlišovaly se od pooperačního režimu, který jsme již v minulosti publikovali u DB techniky [107]. Druhý pooperační den všichni pacienti podstoupili CT kolena s 3D CT rekonstrukcemi.



Obrázek 37 – Závěrečný artroskopický pohled do pravého kolena z AL vstupu na protažený a zafixovaný štěp LCA při single-bundle technice

3.2.6 Pooperační klinické hodnocení

Zhodnocení klinických výsledků bylo provedeno s odstupem minimálně 2 roky od operace (tabulka 2). **Z objektivních kritérií jsme hodnotili:** rozsah hybnosti operovaného kolena, tj. deficit extenze a flexe kolena pomocí goniometru (deficit ROM), jak je patrné na obrázku 38 a 39, a stranovou diferenci ventrální laxity kolena pomocí přístroje Genourob při tlacích 124 a 250 N. Dále jsme posuzovali míru dynamické rotační laxity kolena pomocí PST při plném vědomí pacienta, která byla opět hodnocena jako PST-, PST +, PST 2+ nebo PST 3+. Míru výskytu selhání štěpu LCA jsme posuzovali na základě klinického vyšetření, MRI a eventuální reartroskopie. Pacienti byli dotazováni také na to, zda-li se

navrátili zpět k předúrazové sportovní aktivitě. Na tuto otázku měli možnost odpovědět buď ANO, to znamená jsem schopen (-a) nebo NE, nejsem schopen (-a) provádět stejný sport jako před úrazem. **Ze subjektivních kritérií** jsme hodnotili stejně jako před operací IKDC a Lysholmovo skóre.



Obrázek 38 – Příklad měření deficitu rozsahu hybnosti (flexe) kolena goniometrem



Obrázek 39 – Příklad měření deficitu rozsahu hybnosti (extenze) kolena goniometrem

3.2.7 Statistické hodnocení výsledků

Statistické zhodnocení výsledků provedl nezávislý statistik. Pro srovnání četností parametru deficit ROM, návratu k předúrazové sportovní zátěži a výskytu selhání štěpu mezi zkoumanými skupinami byl užit **Fisherův exaktní test**. Pro srovnání parametru PST mezi oběma skupinami byl použit tzv. **Chi-kvadrát test a Odds Ratio**. Pro zhodnocení rozdílu mezi skupinami v parametru GNRB, Lysholm a IKDC skóre v daný časový okamžik byla použita **neparametrická ANOVA (Wilcoxon test) a median test**. **Statistická významnost byla stanovena na hranici 0,05.**

VÝSLEDKY

4.1 Výsledky předoperačního hodnocení

Při zhodnocení předoperačních výsledků jsme neprokázali v žádném z hodnocených subjektivních i objektivních parametrů, včetně demografických dat, mezi oběma skupinami (DB versus SB skupina) statisticky významný rozdíl. Výsledky těchto měření jsou vždy přehledně uvedeny v tabulkách současně s pooperačními výsledky (tabulky 4, 7, 8, 9).

Měření **míry stranové difference ventrální laxity kolena** pomocí laximetru GNRB předoperačně neprokázalo statisticky významné rozdíly velikosti posunu mezi oběma skupinami. Median byl při tlaku 124 N 6,8 mm u sk. 1 a 6,3 mm ve sk. 2 ($p=0,1294$) a při tlacích 250 N 9,8 mm ve sk. 1 a 8,9 mm ve sk. 2 ($p=0,1818$) (tabulka 7).

Při předoperačním **hodnocení rotační laxity kolena pivot shift testem** (PST 0 versus PST 1+ versus PST 2+ versus PST 3+) nebyl výskyt statisticky významně odlišný mezi sk. 1 a sk. 2 (Chi-kvadrát test=0,2934). Žádný z operovaných neměl zcela negativní PST (tabulka 8).

Předoperační **Lysholm skóre** mělo ve skupině double-bundle median 63 bodů a 67 bodů ve skupině single-bundle. Rozdíl v předoperačních výsledcích Lysholm skóre mezi skupinami tedy nebyl statisticky významný ($p=0,2594$) (tabulka 9).

Předoperační **subjektivní IKDC skóre** vykazovalo median 64 b. (42-80 b.) ve sk 1. a 66 b. ve sk. 2 (44-77 b.). Předoperačně nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi oběma sledovanými skupinami v subjektivním IKDC ($p=0,6142$) (tabulka 9).

4.2 Výsledky ve dvou letech od operace

Pooperační hodnocení klinický výsledků jsme provedli doposud dvakrát. První s odstupem minimálně 12 měsíců od výkonu a podruhé v rozmezí 24.-27. měsíce od A-ACLR. Pro zjednodušení uvádím v této práci pouze výsledky druhého hodnocení, tj. ve dvou letech od operace, protože mají pro klinickou praxi významnější přínos.

4.2.1 Pooperační výsledky objektivních kritérií

Deficit ROM

Při zhodnocení **deficitu ROM** jsme mezi oběma skupinami **neprokázali statisticky významný rozdíl** jak ve výskytu deficitu extenze, tak v omezení flexe operovaného kolena. Tabulka č. 4 vyjadřuje procentuální četnost a hodnoty p-value, které se pohybovalo v rozmezí od 0,2277 do 0,9788 (tabulka 4).

Tabulka 4 - Výsledky hodnocení deficitu rozsahu hybnosti

	sk. 1- DB (43)	sk. 2- SB (39)	p-value
předoperačně	0,00%	0,00%	0,9999
pooperačně- 24. měsíc			
deficit extenze: 1-4°	2,33%	5,13%	0,5002
5-10°	0,00%	0,00%	0,9999
> 10°	2,33%	5,13%	0,5002
deficit flexe: 1-9°	4,65%	7,69%	0,5656
>10°	4,65%	7,69%	0,5656

Výskyt selhání štěpu

Výskyt selhání štěpu v průběhu dvou let od výkonu jsme hodnotili buď jako kompletní, nebo jako parciální selhání štěpu. Percentuální četnost výskytu selhání štěpu a hodnoty p-value vyjadřuje tabulka č. 5 (tabulka 5). Ve sk. 1 jsme kompletní selhání štěpu jasně prokázali pouze v jednom případě (2,33%) ve srovnání se třemi pacienty (7,69%) ve sk. 2. Tento rozdíl **nebyl statisticky významný** ($p=0,2605$). Parciální rupturu štěpu jsme diagnostikovali pouze ve sk. 1, a to ve dvou případech (4,08%), kdy se jednalo o izolovanou rupturu PL porce štěpu s intaktní, dostatečně synovializovanou a maturovanou AM porcí. Tento rozdíl nebyl statisticky významný ($p=0,1573$).

Tabulka 5 - Výskyt selhání štěpu do 2 let od operace

	sk. 1- DB (43 pacientů)	sk. 2- SB (39 pacientů)	p-value
kompletní selhání	2,33%	7,69%	0,2605
parciální ruptura	4,08%	0,00%	0,1573
selhání celkem	6,41%	7,69%	0,8768

Návratnost ke sportu

Do 2 let od operace se **navrátilo** ke stejnému druhu předúrazové **sportovní zátěže** ve skupině double-bundle 34 operovaných (79,1%) a ve skupině single-bundle 30 (76,9%) pacientů (tab. 6) (graf 1). Rozdíl návratnosti do plné sportovní zátěže **nebyl statisticky významný** ($p=0,2322$).

Tabulka 6 - Návratnost ke sportu

sk. 1 (DB) 43 pacientů	sk. 2 (SB) 39 pacientů	p-value
34 (79,1%)	30 (76,9%)	0,6386

Výsledky ventrální laxity

Při měření **stranové difference míry ventrální laxity kolena** ve dvou letech od operace přístrojem GNRB jsme prokázali **statisticky významně nižší rozdíl** ventrálního posunu tibie mezi operovaným a zdravým kolenem **ve skupině double-bundle** a to **jak při tlacích 124 N**, kdy byl median ve sk. DB 1,2 mm a ve druhé skupině 2,3 mm ($p < 0,0001$), **tak při tlacích 250 N**, kdy byl median v první skupině 2,0 mm a ve skupině single-bundle 4,0 mm ($p < 0,0001$) v porovnání se sk. 2 (tabulka 7). Srovnání výsledků mezi oběma skupinami při tlacích 124 a 250 N vyjadřují krabičkové grafy č. 2 a 3 (graf 2,3). U všech sledovaných pacientů při srovnání předoperačních a pooperačních parametrů měření GNRB, **tj. změny v čase**, došlo při 124 N i při 250 N ke **statisticky významnému snížení hodnot posunu jak ve sk. 1 ($p < 0,001$), tak ve sk. 2 ($p < 0,001$)** (graf 4,5). **Rozdíl této změny v čase mezi sk. 1 (DB) a sk. 2 (SB) byl statisticky významně vyšší ve skupině double-bundle** (ve 12. měsíci $p = 0,0003$ a ve 24. měsíci $0,0002$) (grafy 6,7).

Tabulka 7 - Výsledky měření stranové difference ventrální laxity přístrojem GNRB

	sk. 1 (DB)	sk. 2. (SB)	p-value
GNRB- předoperační:			
124 N	6,8 (4,3-10,2)	6,3 (4,0-9,9)	0,1294
250 N	9,8 (6,2-13,1)	8,9 (6,1-12,4)	0,1818
GNRB- pooperační ve 24. měsíci			
124 N	1,2 (-0,3-6,2)	2,3 (0,8-7,9)	< 0,0001
250 N	2,0 (0,4-9,0)	4,0 (1,3-12,4)	< 0,0001

Výsledky rotační laxity

Pooperačně jsme **prokázali staticky významně nižší** výskyt pozitivního **pivot shift testu** (PST 1+, 2+ nebo 3+) **ve skupině double-bundle** oproti skupině single-bundle (Chi-kvadrát test=0,0009) (tabulka 8) . Jeden pacient ze skupiny DB měl PST pozitivní na 3+ na rozdíl od 3 sledovaných ve skupině SB, u kterých bylo prokázáno kompletní selhání štěpu a byli indikováni k revizní rekonstrukci LCA (tabulka 8). Ve skupině DB byla tedy statisticky významně nižší frekvence (Chi-kvadrát test= 0,0009) pozitivivity PST (PST 1+, 2+, 3+) (tabulka 8). Pacienti sk. 2 měli tedy 4,7 krát (Odds Ratio=4,7) vyšší riziko výskytu pooperačně pozitivního PST (PST 0 **versus** PST 1+, 2+ , 3+) Při srovnání PST 0 a 1+ **versus** 2+ a 3+ mezi oběma skupinami bylo riziko pooperačního výskytu PST 2+ a 3+ dokonce 5,4 krát vyšší ve skupině single-bundle (Odds Ratio=5,4231).

Shrneme-li výsledky objektivních kritérií ve dvou letech od výkonu, pak lze na základě našich výsledků konstatovat, že statisticky významně lepší výsledky ve prospěch techniky double-bundle **jsme prokázali pouze v parametru rotační a ventrální laxita kolena**. Ostatní hodnocená objektivní kritéria: deficit ROM, výskyt selhání štěpu a návratnost ke sportu, nevyšla u double-bundle techniky statisticky významně lépe.

Tabulka 8 - Výsledky hodnocení pivot shift testu

	Předoperační sk. 1 (DB) 55	Předoperační sk. 2 (SB) 55	Ve 24. měsíci sk. 1 (DB) 43	Ve 24. měsíci sk. 2 (SB) 39
PST -	0	0	29	12
PST +	18	25	11	17
PST ++	27	21	2	7
PST +++	10	9	1	3
Chi-Square test	p-value 0,2934		p-value 0,0009	
Odds Ratio				4,7

4.2.2 Pooperační výsledky subjektivních kritérií

Lysholm skóre

Pooperační Lysholm skóre ve skupině double-bundle vykazovalo median 90 b. (66-100 b.) a ve sk. 2 byla hodnota medianu 88 b. (68-100 b.). **Neprokázali** jsme tedy **statisticky významný** rozdíl mezi oběma skupinami ($p=0,0987$) (tabulka 9). Jak je patrné z krabíčkového grafu 8 **došlo ke statisticky významnému zvýšení Lysholmovo skóre v čase**, tj. v hodnotách před a po operaci ($p<0,0001$ ve sk. 1 i ve sk. 2) u obou skupin sledovaných (graf 8). **Rozdíl této změny Lysholm skóre v čase však mezi skupinami nebyl statisticky významný** ($p=0,1294$) (graf 9).

Tabulka 9 - Výsledky hodnocení subjektivních kritérií

	sk. 1 (DB) medián	sk. 1 (DB) min.-max.	sk. 2 (SB) medián	sk. 2 (SB) min.-max.	p-value
Lysholm skóre					
předoperační	63	35-76	67	37-79	0,2594
24. měsíc	90	66-100	88	68-100	0,0987
IKDC skóre					
předoperační	64	42-80	66	44-77	0,6142
24. měsíc	90	71-97	88	63-98	0,2718

Subjektivní IKDC skóre

Pooperační subjektivní IKDC ve skupině double-bundle mělo median 90 b. (71-97 b.) a ve skupině single-bundle median na hodnotě 88 b. (63-98 b.) (tabulka 9). **Neprokázali** jsme tedy **statisticky významný**

rozdíl v subjektivním IKDC skóre mezi skupinami ($p=0,2718$) (tabuka 9). U obou skupin **byl prokázán statisticky významný vzestup hodnot IKDC skóre v čase**, tj. v hodnotách před a po operaci ($p<0,0001$ ve sk. 1 i ve sk. 2) (graf 10). **Změna těchto hodnot v čase** se mezi sk. DB a sk. SB **statisticky významně nelišila** ($p=0,1294$) (graf 11).

Z našich **dvouletých výsledků subjektivních kritérií Lysholm i subjektivního IKDC skóre vyplývá**, že rozdíl nebyl u double-bundle techniky statisticky lepší. Všichni pacienti obou skupin zaznamenali po operaci určitý stupeň vylepšení subjektivního stavu v porovnání s předoperačním obdobím a rozdíl této změny se mezi oběma skupinami statisticky nelišil.

DISKUZE

Nejdůležitějším poznatkem získaným na základě výsledků této studie byl fakt, že jsme prokázali **statisticky významně nižší míru ventrální laxity tibie a lepší rotační stabilitu ve skupině s double-bundle technikou** anatomické rekonstrukce LCA. **Potvrdili jsme tedy hypotézu č. 1.** U ostatních objektivních kritérií (deficit rozsahu hybnosti, výskyt selhání štetu, návrat k původní sportovní zátěži) a také u obou hodnocených subjektivních kritérií (IKDC a Lysholm skóre) jsme neprokázali statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami. Z toho vyplývá, že **hypotézy H2 a H3 nebyly potvrzeny.**

U obou skupin také došlo ve všech případech ke statisticky významnému zlepšení všech hodnocených subjektivních i objektivních kritérií v čase před operací a s odstupem dvou let od výkonu. Podobné výsledky dosáhli i jiní autoři ve svých prospektivních randomizovaných studiích [1,26,36,39,40,49,58,64].

Úvodem diskuze lze tedy konstatovat, že obě techniky, jak single-tak double-bundle, přinášejí pacientům s většími rozměry původního tibiálního úponu LCA a dostatečně prostornou interkondylickou fossou, bezpečnou metodu rekonstrukce LCA. Je však zásadní zdůraznit nutnost dodržení všech principů anatomické rekonstrukce a indikačních kritérií [9,16, 95, 107].

U pacientů s menšími rozměry TISL než 14 mm a ICNW než 12 mm, kteří nebyli do této studie zařazeni, je A-ACLR double-bundle technikou kontraindikována. Důvodem jsou extrémní technické náročnosti výkonu při těchto rozměrových parametrech kolena a prokázanému minimálnímu benefitu DB techniky v porovnání se SB technikou [37,41,67]. U těchto pacientů je jednoznačně časově, technicky

i finančně výhodnější provedení anatomické single-bundle rekonstrukce LCA, kdy při cílení obou kanálů do centra nativního tibiálního i femorálního úponu a při správné tonizaci štěpu dosahuje většina autorů velmi dobrých klinických výsledků, jak prokazuje řada recentních studií [50,82,87,88,93,98]. Tím, že je femorální kanál cílen cestou AM portu v maximální flexi kolena, což umožní jeho lokalizaci do distální třetiny mediální stěny CLF a tedy anatomické horizontální uložení štěpu, je určitou měrou eliminovaná nejčastěji popisovaná nevýhoda single-bundle techniky, tj. přetrvávání rotační nestability kloubu po single-bundle A-ACLR [76,100,110].

Při porovnání našich výsledků s výsledky jiných prospektivních randomizovaných studií srovnávajících obě techniky byly patrné značné rozdílnosti konceptu publikovaných prací, a proto jsem se snažil vybrat ke srovnání pouze ty, které byly co nejpodobnější mojí studii.

Zjednodušený přehled výsledků těchto studií publikovaných v literatuře v posledních deseti letech hodnotících tuto problematiku překládám v tabulce 10.

Při komparaci našich výsledků s podobně koncipovanými prospektivními randomizovanými studii jsem zjistil, že naprostá většina autorů neprokázala staticky významný rozdíl v hodnocených subjektivních kritériích ve prospěch double-bundle techniky [2,5,29,37,41,47,76]. V tom se výsledky těchto autorů podobají našim závěrům. U obou typů výkonů však těmto autorům i nám vždy došlo v čase před a po operaci ke staticky významnému zlepšení těchto kritérií tj. i spokojenosti pacientů. Suomalainen v podobné studii s užitím vstřebatelných interferenčních šroubů 5 let od operace neprokázal staticky významný rozdíl mezi oběma technikami v IKDC ani Lysholmově skóre [87]. Pouze Hussein v randomizované kontrolované studii prokázal statisticky významně lepší Lysholm skóre ($p=0,025$), ale

jen při srovnání double-bundle anatomické ACLR s transtibiální (neanatomickou) single-bundle ACLR [36].

Tabulka 10 – Současný přehled prospektivních randomizovaných studií srovnávajících výsledky single-bundle a double-bundle techniku A-ACLR

jméno autora	rok publikace	počet pacient	follow-up	výsledky
Aglietti et al. [2]	2010	70	2 roky	vyšší ventrální stabilita a subjektivní skóre ve sk. DB
Jarvela et al. [39]	2007	65	14 měsíců	lepší rotační stabilita ve sk. DB
Jarvela et al. [40]	2008	60	2 roky	menší dilatace kanálů ve sk. DB
Yagi et al. [101]	2007	60	1 rok	lepší rotační stabilita ve sk. DB
Muneta et al. [58]	2007	68	2 roky	lepší rotační a ventrální stabilita ve sk. DB
Siebold et al. [78]	2008	70	19 měsíců	lepší rotační a ventrální stabilita a objektivní skóre ve sk. DB
Sastre et al. [76]	2010	40	2 roky	žádné rozdíly
Zaffagnini et al. [104]	2008	100	3 roky	lepší ventrální stabilita, objektivní i subjektivní skóre ve sk. DB
Zaffagnini et al. [103]	2010	79	8 let	lepší funkční skóre, nižší výskyt selhání štěpu a gonartrózy ve sk. DB
Suomalainen et al. [87]	2012	90	5 let	nižší výskyt selhání štěpu ve sk. DB
Araki et al. [5]	2011	20	1 rok	žádné rozdíly
Fujita et al. [29]	2011	55	2 roky	žádné rozdíly
Hussein et al. [36]	2011	281	51 měsíců	lepší rotační a ventrální stabilita ve sk. DB
Lee et al. [47]	2012	42	2 roky	lepší rotační stabilita ve sk. DB

Podobně jako jiní autoři jsme z objektivních kritérií hodnotili deficit rozsahu hybnosti, výskyt selhání štěpu a možnost návratu do sportovní zátěže. V těchto třech objektivních kritériích jsme neprokázali statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami. Při hodnocení výskytu selhání štěpu jsme prokázali kompletní selhání štěpu v jednom případě ve skupině DB a ve třech ve skupině SB ($p=0,26$). Jarvela neprokázal kompletní selhání štěpu u žádného ve skupině DB, zatímco ve skupině SB u čtyřech ze 30 operovaných s průměrným odstupem 2 let od operace [40]. Autoři prospektivních randomizovaných studií Zhang (2013), Suomalainen (2012), Aglietti (2010), Siebold (2008), Jarvela (2008) a kolektiv neprokázali statisticky významný rozdíl mezi SB a DB technikou v pooperačním deficitu ROM a ani recentní metaanalýzy tento fakt nepotvrzují [2,40,78,87,93,100]. V našem souboru se u tohoto hodnoceného kritéria hodnoty p-value pohybovalo od 0,2277 do 0,9788. Z naší klinické zkušenosti však můžeme potvrdit, že pacienti ve sk. DB mnohem snáze rozcvičují zejména plnou extenzi kolena v prvních pooperačních dnech v porovnání ve sk. SB. Tento fakt je nepochybně zapříčiněn fixací PL a AM porce v odlišných polohách flexe kolena, tj. PL v plné extenzi a AM v 50-60° flexe, na rozdíl od tibiální fixace štěpu u SB skupiny ve 20° flexi. Míra návratu ke sportovní zátěži po rekonstrukci LCA je dána řadou faktorů, jak publikuje Feller [23]. Nejenom operační technika, přidružená poranění a průběh rehabilitace, ale také sociální, psychologické a demografické faktory z nichž zejména věk, významně ovlivňují schopnost operovaných vrátit se zpět k předúrazové sportovní aktivitě [23]. Podrobné hodnocení frekvence návratu k předúrazové sportovní zátěži v našem souboru by bylo nad rámec této publikace svou rozsáhlostí a z toho důvodu jsme si hodnocení zjednodušili tím, že pacienti odpovídali pouze ANO, jsem schopen (-a) nebo NE, nejsem schopen (-a) provádět stejný sport jako před úrazem.

Tímto hodnocením jsme neprokázali statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami ($p=0,23$). Recentní meta-analýzy prokazují, že u pacientů s provedenou DB A-ACLR v porovnání se SB A-ACLR dochází ke statisticky vyššímu procentu návratu do předúrazové úrovně sportovní aktivity [97,100].

Hodnocení míry komparativního rozdílu ventrální laxity kolenního kloubu je možné provést řadou způsobů. V literatuře se nejčastěji objevují data získaná měřením pomocí různých typů laximetrů a rolimetrů, nejčastěji se však jedná o laximetry KT-1000 nebo KT-2000 [15,17,35,56]. My jsme k tomuto měření používali přístroj Genourob, jehož prokázané výhody oproti ostatním způsobům měření jsou publikovány v recentní literatuře [10,51,108]. U obou skupin našich pacientů došlo při komparaci v čase před a po operaci ke statisticky významnému snížení rozdílu ventrálního posunu tibie ve 20° flexi operovaného kolena jak při 124 N tak při 250 N. Rozdíl této změny v čase mezi oběma skupinami byl statisticky významně vyšší ve skupině double-bundle. Také jsme prokázali při srovnání hodnot pooperačního měření mezi oběma skupinami statisticky významně nižší rozdíl ventrálního posunu tibie mezi operovaným a zdravým kolenem ve sk. DB v porovnání se sk. SB.

Stejně koncipovanou studii srovnávající výsledky SB versus DB techniky A-ACLR, kde byl k měření laxity kolena použit přístroj Genourob, se nám v literatuře doposud nepodařilo vyhledat, proto tyto srovnáváme s daty získanými jinými typy laximetrů. Podobných výsledků, tj. statisticky významně nižšího ventrálního posunu tibie měřeného pomocí laximetrů KT-1000 a KT-2000 ve prospěch skupiny s double-bundle technikou, dosáhla řada autorů ve svých prospektivních randomizovaných studiích srovnávajících obě tyto operační metody [2,36,58,79,104]. Recentní metanalýzy též prokazují benefit double-

bundle techniky oproti single-bundle ve snížení míry ventrální laxity měřené přístoji KT-1000 [93,98,100]. Pouze menší část jiných autorů publikuje nesignifikantní rozdíly ventrální laxity kolena měřených v malých stupních flexe (15-30°) mezi skupinami single a double-bundle [44,87,110].

K hodnocení míry rotační složky laxity operovaného kolena jsme používali pivot shift test prováděný při plném vědomí pacienta. Jedná se o nejrozšířenější způsob, byť v různých modifikacích technického provedení, vyšetření rotační složky laxity kolena jak před, tak v období po operaci. To doporučují renomovaní autoři [3,60]. Bylo prokázáno, že každý z těchto specialistů však provádí samotný PST mírně odlišnou technikou, což může významně ovlivňovat objektivitu samotného vyšetření a reprodukovatelnost výsledků hodnoceného testu [60,61]. Problematice samotné techniky provedení PST a jeho různým technickým modifikacím, zvyšující jeho objektivitu a reprodukovatelnost, je věnováno v recentní literatuře několik prací [3,20,52,60,61,68]. Systematické shrnutí různých metod kvantifikování pivot shift testu při klinickém vyšetření poraněného a rekonstruovaného LCA velmi přehledně prezentuje v recentní literatuře Lopomo a kolektiv [52]. Jsme si vědomi, že tento test, zejména je-li prováděn při plném vědomí, je ovlivněn i samotným vyšetřovaným z důvodu rozdílného vnímání bolesti a nepříjemných pocitů pacienta v průběhu jeho provádění. To jsme se snažili eliminovat tím, že jsme PST prováděli v lehké abdukci a semiflexi kyčelního kloubu, jak doporučují jiní autoři [60,52].

V pracích věnujících se problematice srovnání single- a double-bundle techniky autoři užívají k hodnocení míry rotační laxity kolena právě pivot shift test, byť v různých technických modifikacích [78,80,61,108]. V naprosté většině publikovaných recentních prospektivních randomizovaných studií, srovnávajících míru rotační

složky laxity operovaného kolena pomocí různých metodik vyšetření PST u single-bundle versus double-bundle techniky, byla prokázána signifikantně nižší rotační laxita ve skupinách pacientů s provedenou double-bundle technikou s odstupem 1 až 8 let od výkonu [2,39,40,47,58,78,101]. Pouze Suomalainen a kol. ve 2 letech od operace neprokázali statisticky signifikantní rozdíl výskytu positivity PST mezi oběma technikami [87]. Naše studie prokázala statisticky významně nižší výskyt pozitivního PST ve skupině s double-bundle technikou v odstupu dvou let od operace. Většina metaanalýz publikovaných v recentní literatuře též potvrzuje statisticky významně nižší výskyt rotační laxity kolena po double-bundle ACLR ve srovnání se single-bundle technikou [88,98,93,100]. Lze tedy konstatovat, že právě přetrvávající rotační složka laxity po různých typech rekonstrukce LCA, která je nejvíce zodpovědná za rozvoj poúrazové gonartrózy a též za nespokojenost operovaných pacientů, zejména v průběhu pivotální zátěže, je nejlépe biomechanicky vyřešena právě double-bundle technikou, což potvrzuje i Van Eck a kolektiv a Dejour a kolektiv [18,95]. Díky tomu lze tedy očekávat, že právě tento fakt by měl vést ke snížení výskytu rozvoje poúrazové gonartrózy u pacientů s DB technikou. To lze však hodnotit a prokázat pouze v dlouhodobých studiích. **Naše studie bude pokračovat i v budoucnu, kdy máme v plánu stejná kritéria zhodnotit s odstupem 5 a 10 let od operace.**

Bereme zároveň v úvahu, v poslední době stále důležitější, ekonomickou stránku A-ACLR, kdy double-bundle technika je finančně náročnější nejen z důvodu potřeb technické vybavenosti pracoviště a nutnosti použití většího množství implantátů, ale i z důvodu o několik minut delšího operačního času a pozvolnější učební křivce operátora. Nutné zdůraznit, že tento výkon pro svoji technickou náročnost by měl vždy patřit pouze do rukou zkušeného artroskopisty, věnujícího se této

problematice, jak zdůrazňuje Carola Van Eck a Fredie Fu ve svých
pracích [28,96].

ZÁVĚR

V naší studii jsme prokázali statisticky významně nižší výskyt ventrální i rotační laxity operovaného kolena u skupiny pacientů s double-bundle technikou anatomické rekonstrukce LCA. Ve zbývajících objektivních i subjektivních hodnocených kritériích (výskyt selhání štěpu, deficit ROM, návrat k předúrazové sportovní zátěži IKDC a Lysholm skóre) jsme neprokázali mezi oběma technikami v hodnoceném období statisticky významný rozdíl. Jedná se však pouze o dvouleté výsledky. Studie bude dále pokračovat, protože pouze dlouhodobé výsledky mohou prokázat případný další benefit jedné z těchto technik.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ABBOTT, L.C., SAUNDERS, J.B., BOST, F.C., et al.: Injuries of the ligament of the knee joint. *J Bone Joint Surg Am*, 26A:503-21, 1944.
2. AGLIETTI, P., GIRON, F., LOSCO, M., CUOMO, P., CIARDULLO, A., MONDANELLI, N.: Comparison between single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomised, single-blinded clinical trial. *Am J Sports Med.*, Jan 38(1):25-34, 2010.
3. AHLDÉN, M., HOSHINO, Y., SAMUELSSON, K., ARAUJO, P., MUSAHL, V., KARLSSON, J: Dynamic knee laxity measurement devices. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, Apr;20(4):621-32, 2012.
4. AMIS, A.A., DAWKINS, G.P.C.: Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to the ligament replacement and injuries. *J Bone Joint Surg Br*, 73:260-267, 1991.
5. ARAKI, D., KURODA, R., et al.: A prospective randomized study of anatomical single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: quantitative evaluation using an electromagnetic measurement system. *Int Orthop*, 35(3):439-446, 2011.
6. ARAUJO, P. H., VAN ECK, C. E., MACALENA, J. A., FU, F. H.: Advances in the tree-portal technique for anatomical single- or double-bundle ACL reconstruction. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc*, 19: 1239-1242, 2011.
7. ARAUJO, P., Van ECK, C.F., TORADI, M, FU, F.H.: How to optimize the use of MRI in anatomic ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, (7):1495-501, 2013.
8. ARNOCZSKY, S.P.: Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop*, 172:19-25, 1983
9. BEDI, A., ALTCHEK, D. W.: The "footprint" anterior cruciate ligament technique: an anatomic approach to anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 25: 1128-38, 2009.

10. BIAU, D.J., TOURNOUX, C., et al.: ACL reconstruction: A meta-analysis of functional scores. *Clin Orthop Relat Res.*, 458:180-187, 2007.
11. BORBON, C. A., MOUZOPOULOS, G., SIEBOLD, R.: Why perform an ACL augmentation? *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc*, 20: 245-251, 2012.
12. CASAGRANDA, B. U., MAXWELL, N. J., KAVANAGH, E. C., TOWERS, J. D., SHEN, W., FU, F. H.: Normal appearance and complications of double-bundle and selective-bundle anterior cruciate ligament reconstructions using optimal MRI techniques. *Am. J. Roentgenol.*, 192: 1407-1415, 2009.
13. CIMINO, F., VOLK, B.S., SETTER, D.: Anterior cruciate ligament injury: diagnosis, management, and prevention. *Am Fam Physician*, 82(8):917-922, 2010.
14. COHEN, S.B., FU, F.H.: Three-portal technique for anatomic ACL reconstruction: use of central medial portal. *Arthroscopy* 28(10) 325-7, 2007.
15. COLLETTE, M., COURVILLE, J., FORTON, M., GARNIERE, B.: Objective evaluation of anterior knee laxity: comparison of the KT-1000 and GNRB arthrometers. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, Nov 20(11):2233-8, 2012.
16. COLVIN, A. C., SHEN, W., MUSAHL, V., FU, R. H.: Avoiding pitfalls in anatomic ACL reconstruction. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc*, 17: 956-63, 2009.
17. COLOMBET, P., DEJOUR, D., PANISSET, J. C., SIEBOLD, R.: Current concept of partial anterior cruciate ligament ruptures. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.*, 96(8 Suppl): 109-118, 2010.
18. DEJOUR, H., WALCH, G., DESCHAMPS, G., CHAMBAT, P.: Arthrosis of the knee in chronic anterior laxity. *Orthop Traumatol Surg Res.*, Feb;100(1):49-58, 2014.
19. DeMORAT, G., et al.: Aggressive quadriceps loading can induce noncontact ACL injury. *Am J Sports Med*, 32(2):477-483.
20. CHHABRA, A., STARMAN, J. S., et al.: Anatomic, radiographic, biomechanical and kinematic evaluation of the anterior cruciate ligament and its two functional bundles. *J. Bone Jt Surg.*, 88-A: 2-10, 2006.

21. CHEN, CH. et al.: Anteroposterior stability of the knee during the stance phase of gait after ACL deficiency. *Gait Posture* 35(3):467-471, 2012.
22. FALCONIERO, R.P., DiSTEPHANO, V.J., COOK, T.M.: Revascularization and ligamentisation of autogenous ACL grafts in human. *Arthroscopy* 14:197-205, 1998.
23. FELLER, J., WEBSTER, K. E.: Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction. *Int Orthop*, Feb;37(2):285-90, 2013.
24. FERRETI, M., LEVICOFF, A. E., et al.: The fetal anterior cruciate ligament: an anatomic and histologic study. *Arthroscopy*, 23: 278-283, 2007.
25. FERRETI, M., EKDAHL, M., SHEN, W., et al.: Osseous landmarks of the femoral attachment of the anterior cruciate ligament: An anatomic study. *Arthroscopy*, 23: 1218-1225, 2007.
26. FITHIAN, D. C., PAXTON, E. W., et al.: Prospective trial of treatment algorithm for the management of the anterior cruciate ligament-injured knee. *Am. J. Sports Med.*, 33: 335-346, 2005.
27. FREEDMAN, K. B., D'AMATO, M. J., et al.: Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis comparing patellar tendon and hamstring tendon autografts. *Am. J. Sports Med.*, 31: 2-11, 2003.
28. FU, F. H., COHEN, S. B.: *Current concepts in ACL reconstruction*. New York, SLACK Incorporated 2008.
29. FUJITA, N., KURODA, R., MATSUMOTO, T., et al.: Comparison of clinical outcome of double-bundle, anteromedial single-bundle, and postero-lateral single-bundle ACL reconstruction using hamstring tendon graft with minimum 2-years follow-up. *Arthroscopy* 27(7):906-913.
30. GABRIEL, M.T., WONG, E.K., WOO, S.L., et al.: Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to the rotatory loads. *J Orthop Res*, 22: 85-9, 2004.
31. GIRGIS, F.G., MASRHALL, J.L., et al.: The cruciate ligaments of the knee joint. *Clinic Orthop*, 106:216-231, 1975.

32. HARNER, C.D., BAEK, G.H., VOGGIN, T.M. et al.: Quantitative analysis of human ACL. *Arthroscopy* 15:741-749, 1999.
33. HART, R., KREJZLA, J., ŠVÁB, P.: Přesnost cílení kostních kanálů při plastice předního zkříženého vazů - přínos počítačové navigace. *Acta Chir. orthop. Traum. Čech.*, 74: 118-125, 2007.
34. HART, R., KUČERA, B., SAFI, A.: Hamstringy versus quadriceps u dvousvazkových rekonstrukcí předního zkříženého vazů. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 77: 296-303, 2010.
35. HEFTI, F., MULLER, W., JAKOB, R. P., STAUBLI, H. U.: Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1:226–234, 1993.
36. HUSSEIN, M., Van ECK, C.F., CRETNIK, A., DINEVSKI, D., FU, F.H.: Prospective randomized clinical evaluation of conventional single-bundle, anatomic single-bundle, and anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: 281 cases with 3- to 5-year follow-up. *Am J Sports Med* 40(3):512-20, 2012.
37. HUSSEIN, M., VAN ECK, C. F., CRETNIK, A., DINEVSKI, D., FU, F. H.: Individualized anterior cruciate ligament surgery: a prospective study comparing anatomic single- and double-bundle reconstruction. *Am J Sports Med*, 40:1781-8, 2012.
38. ILLINGWORTH, K.D., HENSLER, D., WORKING, Z.M., FU, F.H., et al.: A simple evaluation of anterior cruciate ligament femoral tunnel position: the inclination angle and femoral tunnel angle. *Am J Sports Med*, 39(12):2611-2618, 2011.
39. JARVELA, T.: Double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized clinical study. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc*, 15: 500-507, 2007.
40. JARVELA, T., MOISALA, A. S., SIHVONEN, R., JARVELA, S., KANNUS, P., JAVINEN, M.: Double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autografts and bioabsorbable interference screw fixation: prospective, randomized, clinical study with 2-year results. *Am J Sports Med*, Feb 36(2):290-7, 2008.
41. JARVELA, T., JARVELA, S.: Double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Sports Med*, 32(1):81-91, 2013.

42. KANAMORI, A., et al.: In-situ force in the medial and lateral structures of the intact and ACL-deficient knees. *J Orthop Sci*, 5(6):567-571.
43. KARLSSON, J., IRRGANG, J.J., Van ECK, C.F., SAMUELSSON, K., MEJIA, H.A., FU, F.H.: Anatomic single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. Part 2: clinical application of surgical technique. *Am J Sports Med*, 39(9):2016-2026, 2011.
44. KONDO, E., YASUDA, K., AZUMA, H., et al.: Prospective clinical comparisons of anatomic double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction procedures in 328 consecutive patients. *Am J Sports Med*, 36(9):1675-1687, 2008.
45. KOPR S., POMBO, M. W., SHEN, W., IRRGANG, J. J., FU, F. H.: The ability of 3 different approaches to restore the anatomic anteromedial bundle femoral insertion site during anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 27(2):200-206, 2011.
46. KUMMER, B., YAMAMOTO, Y.: Funktionelle Anatomie der Kreuzbaender. *Arthroskopie*, 1:2-10, 1988.
47. LEE, S., KIM, H., JANG, J., SEONG, S.C., LEE, M.C.: Comparison of anterior and rotatory laxity using navigation between single- and double-bundle ACL reconstruction: prospective randomized trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, Apr;20(4):752-61, 2012.
48. LERAT, J.L., CHOTEL, F., BESSE, J.L., et al.: The results after 10-16 years of the treatment of chronic anterior laxity of the knee using reconstruction of the anterior cruciate ligament with a patellar tendon graft combined with an external extra-articular reconstruction. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 84(8):712-27,1998.
49. LI G, DeFRATE, L.E., et al.: In vivo kinematics of ACL during weight-bearing knee flexion. *J Orthop Res*, 23:340-344, 2005
50. LI, X., XU, C. U., SONG, J. Q., JIANG, N., YU, B.: Single-bundle versus double-bundle anterior cruciate reconstruction: an up-to-date meta-analysis. *In Orthop*, Feb,37(2) 213-6, 2013.
51. LORBACH, O., KIEB, M., BROGARD, P., MAAS, S., PAPE, D., SEIL, R.: Static rotational and sagittal knee laxity measurements after reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 20(5):844-50, 2012.

52. LOPOMO, N., ZAFFAGNINI, S., AMIS, A. A.: Quantifying the pivot shift test: systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 21(4):767-783, 2013.
53. LYSHOLM, J., GILLQUIST, J.: Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am. J. Sports Med.*, 10:150-154, 1982.
54. MAEYMA, A., HOSHINO, Y., FU, F.H., et al.: Evaluation of rotational instability in the anterior cruciate ligament deficient knee using triaxial accelerometer: a biomechanical model in porcine knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 19(8):1233-8, 2013.
55. MARTINS, C. A. Q., KOPR E. J., SHEN, W., VAN ECK, C. F., FU, F. H.: The concept of anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Oper. Tech. Sports Med.*, 16: 104-13, 2008.
56. MAŠÁT, P., TRČ, T., DYLEVSKÝ, I., HAVLAS, V.: Zhodnocení dlouhodobých výsledků operací náhrad LCA kolenního kloubu klinicky a pomocí rolimetru. *Acta Chir. orthop. Traum. Čech.*, 72: 32-37, 2005.
57. MULLER, B., HOFBAURER, M., WONGCHAROENWATANA, J., FU, F.H.: Indications and contraindications for double-bundle ACL reconstruction. *Int Orthop* 37(2):239-46, 2013.
58. MUNETA, T., KOGA, H., MOCHIZUKI, T.: A prospective randomized study of 4-strand semitendinosus tendon anterior cruciate ligament reconstruction comparing single-bundle and double-bundle techniques. *Arthroscopy*, 23: 618-628, 2007.
59. MUSAHL, V., HOSHINO, Y., AHLDEN, M., ARAUJO, P., IRRGANG, J. J., ZAFFAGNINI, S., KARLSSON, J., FU, F. H.: The pivot shift: a global user guide. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 20(4):724-731, 2012.
60. MUSAHL, V., SEIL, R., ZAFFAGNINI, S., TASHMAN, S., KARLSSON, J.: The role of static and dynamic rotatory laxity testing in evaluating ACL injury. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc*, 20: 603-612, 2012.
61. MUSAHL, V., BECKER, R., FU, F. H., KARLSSON, J.: New trends in ACL research. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc*, 19(Suppl 1): S1-3, 2011.

62. MUSIL, D., SADOVSKÝ, J., STEHLÍK, J.: Intraartikulární analgetická směs po rekonstrukci předního zkříženého vazů. *Acta Chir. orthop. Traum. Čech.*, 74: 182-188, 2007.
63. NAKAMAE, A., et al.: Biomechanical function of anterior cruciate ligament remnants: how long do they contribute to knee stability after injury in patients with complete tears? *Arthroscopy* 26(12):1577-1585, 2010.
64. NÚÑEZ, M., SASTRE, S., NÚÑEZ, E., LOZANO, L., NICODEMO, C., SEGUR, J.M.: Health-related quality of life and direct costs in patients with anterior cruciate ligament injury: single-bundle versus double-bundle reconstruction in a low-demand cohort--a randomized trial with 2 years of follow-up. *Arthroscopy*, Jul;28(7):929-35, 2012.
65. NORWOOD, L.A., CROSS, M.J.: Anterior cruciate ligament: functional anatomy of its bundles in rotary instabilities. *Am J Sports Med* 7:23, 1979.
66. NOYES, F. R., MOOAR, L. A., MOORMAN, C. F. III., MCGINNIS, G. H.: Partial tears of the anterior cruciate ligament: progression to complete ligament deficiency. *J. Bone Jt Surg.*, 71-B: 825-833, 1989.
67. OCHIAI, S., HAGINO, T., SENGA, S., SAITO, M., HARO, H.: Prospective evaluation of patients with anterior cruciate ligament reconstruction using a patient-based health-related survey: comparison of single-bundle and anatomical double-bundle techniques. *Arch Orthop Trauma Surg*, Mar;132(3):393-8, 2012.
68. PAPPAS, E., et al.: Lessons learned from the last 20 years of ACL-related in vivo-biomechanics research of the knee joint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 21(4):755-766, 2013.
69. PALMER, I.: On the injuries to the ligaments of the knee joint. *Acta Chir Scand*. 91:282, 1938.
70. PAŠA, L., POKORNÝ, V., ADLER, J.: Řešení nestability kolenního kloubu artroskopicky prováděnou plastikou vazů pomocí alogenních štěpů. *Acta Chir. orthop. Traum. Čech.*, 68: 31-38, 2001.
71. PETERSEN, W., ZANTOP, T.: Partial rupture of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy*, 22: 1143-1145, 2006.
72. PODŠKUBKA, A., KASAL, T., VACULÍK, J., KRYSTLIK, Z.: Artroskopická rekonstrukce předního zkříženého vazů transtibiální

- technikou štěpem z lig. patellae - výsledky po 5 až 6 letech. *Acta Chir. orthop. Traum. Čech.*, 69: 169-174, 2002.
73. PRODROMOS, CH. C., et al.: The anterior cruciate ligament: reconstruction and basic science. Philadelphia, Saunders Elsevier, 2008.
 74. SADOVSKÝ, P., MUSIL, D., FILIP, L., VODIČKA, Z., STEHLÍK, J.: Rekonstrukce předního zkříženého vazů: srovnání metod B-T-B a šlachami hamstringů. *Acta Chir. orthop. Traum. Čech.*, 72: 235-244, 2005.
 75. SADOVSKÝ, R., MUSIL, D., STEHLÍK, J.: Použití alogenních štěpů v chirurgii zkřížených vazů kolenního kloubu. *Acta Chir. orthop. Traum. Čech.*, 72: 293-296, 2005.
 76. SASTRE, S., POPESCU, D., NUNEZ, M., et al.: Double bundle versus single-bundle ACL reconstruction using the horizontal femoral position: a prospective randomized study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18(1):32-36, 2010.
 77. SHINO, K., SUZUKI, T., IWASHI, T., MAE, T., NAKAMURA, N., NAKATA, K., NAKAGAWA, S.: The residents ridge as an arthroscopic landmark for anatomical femoral tunnel drilling in ACL reconstruction. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc*, 18: 1164-8, 2010.
 78. SIEBOLD, R., DEHLER, C., ELLERT, T.: Prospective randomized comparison of double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, Feb 24(2):137-45, 2008.
 79. SIEBOLD, R., ZANTOP, T.: Anatomic double-bundle ACL reconstruction: a call for indications. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, Mar;17(3):211-2, 2009.
 80. SIEBOLD, R., DEJOURS, D., ZAFFAGNINI, S. et al.: Anterior cruciate ligament reconstruction. Springer Heidelberg New York, 2014.
 81. SIEBOLD, R., FU, F.H.: Assessment and augmentation of symptomatic anteromedial and posterolateral bundle tears of the ACL. *Arthroscopy*, 24(11):1289-1298, 2008.
 82. SIEBOLD, R., BRANCH, T. P., FREEDBERG, H. I., JACOBS, C. A.: A matched pairs comparison of single- versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstructions, clinical results and

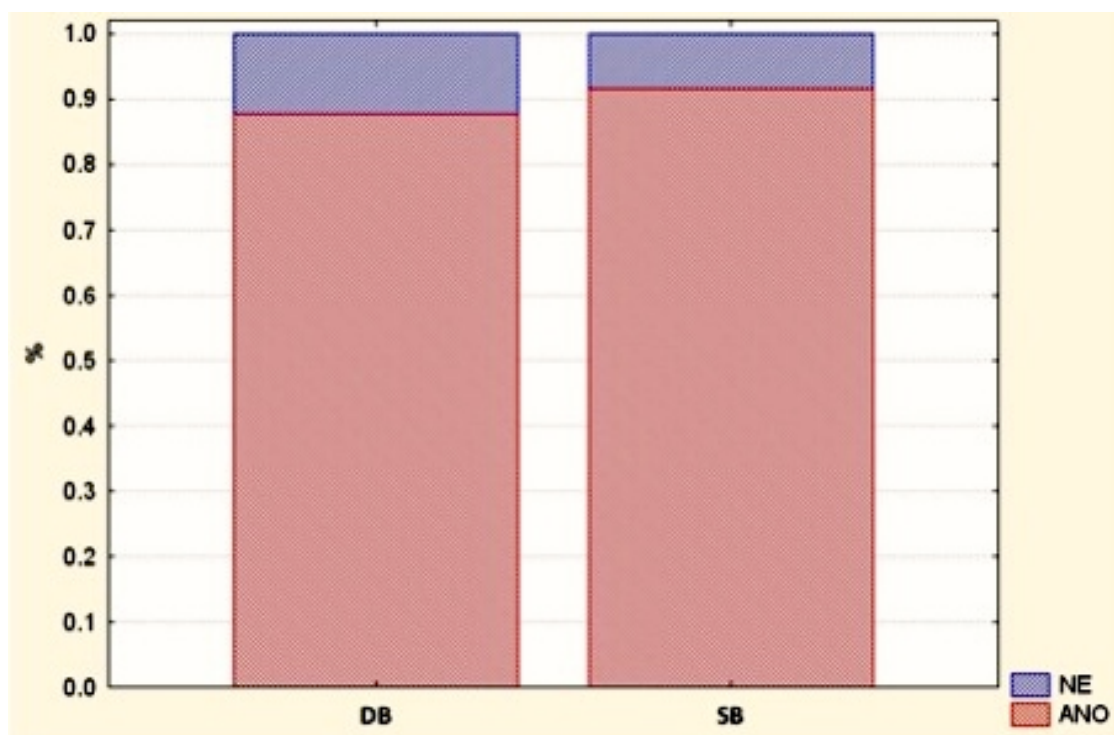
- manual laxity testing. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc*, 19 (Suppl 1): S4-11, 2012.
83. SONNERY-COTTET, B., LAVOIE, F., OGASSAWARA, R., SCUSSIATO, R. G., KIDDER, J. E., CHAMBAT, P.: Selective anteromedial bundle reconstruction in partial ACL tears: series of 36 patients with mean 24 months follow-up. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc*, 18: 47-51, 2010.
 84. STECKEL, H., FU, F. H., BAUMS, M. H., KLINGER, H. M.: Arthroscopic evaluation of the ACL double bundle structure. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc*, 17: 782-5, 2009.
 85. STECKEL, H., MUSAHL, V., FU, F. H.: The femoral insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament: a radiographic evaluation. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc*, 18: 52-5, 2010.
 86. STECKEL, H., VADALA, G., DAVIS, D., MUSAHL, V., FU, F. H.: 3-T MR imaging of partial ACL tears: a cadaver study. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc*, 15: 1066-1071, 2007.
 87. SUOMALAINEN, P., JARVELA, T., PAAKKALA, A., KANNUS, P., JARVINEN, M.: Double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized study with 5-year results. *Am J Sports Med.*, Jul;40(7):1511-8, 2012.
 88. SUOMALAINEN, P., KANNUS, P., JARVELA, T.: Double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a review of literature. *Int Orthop* 37(2):227-32, 2013.
 89. TAKAI, S., WOO, S.L., et al.: Determination of the in situ loads on the human anterior cruciate ligament. *J Orthop Res*, 22:85-9, 2004.
 90. TAKEDA, Y, et al.: Biomechanical function of the human ACL. *Arthroscopy*, 10:140-147, 1994.
 91. TASHMAN, S., COLLON, D., Anderson, K., et al.: Abnormal rotational knee motion during running after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 32:975-983, 2004.
 92. TJOU MAKARIS, F. P., DONEGAN, D. J., SEKIYA, J. K.: Partial tears of the anterior cruciate ligament: diagnosis and treatment. *Am. J. Orthop*, 40: 92-97, 2011.
 93. TIAMKLANG, T., SUMANONT, S., FOOCHAROEN, T., LAOPAIBOON, M.: Double-bundle versus single-bundle reconstruction for anterior cruciate ligament rupture in adults.

Cochrane Database Syst Rev, 2012.

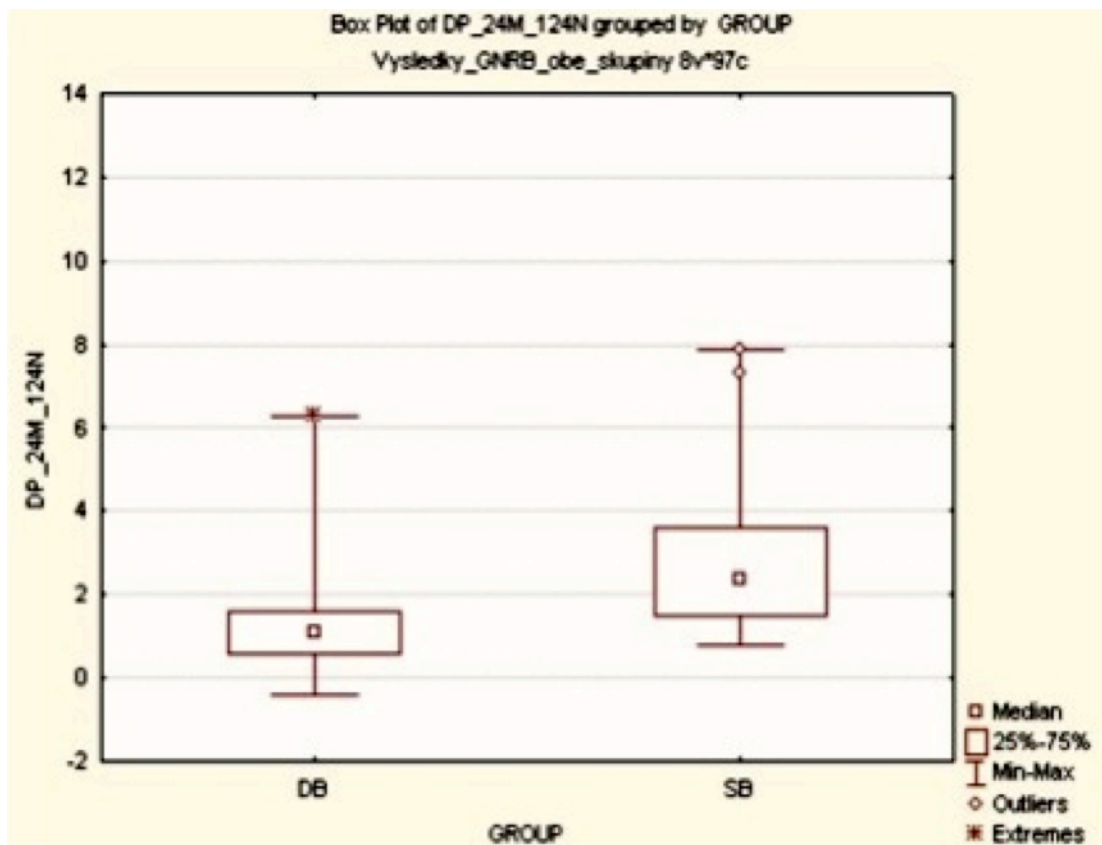
94. VAN ECK, C.F., MORSE, K.R., LESNIAK, B.P., KROPF, E.J., TRANOVICH, M.J., Van DIJK, C.N., FU, F.H.: Does the lateral intercondylar ridge disappear in ACL deficient patients? *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc*, 18: 1884-88, 2010.
95. VAN ECK, C.F., SCHREIBER, V.M., LIU, T.T., FU, F.H.: The anatomic approach to primary, revision and augmentation anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 18(9):1154-1163, 2010.
96. VAN ECK, C.F., LESNIAK, B.L., SCHREIBER, V.M., FU, F.H.: Anatomic single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction flowchart. *Arthroscopy*, 26: 258-68, 2010.
97. VAN ECK, C.F., FU, F. H.: We have to eliminate nonanatomic anterior cruciate ligament tunnel placement as a cause of osteoarthritis. *Arthroscopy*, May 27(5):601-2, 2011.
98. VAN ECK, C.F., KOPF, S., IRRGANG, J.J., BLANKEVOORT, L., BHANDARI, M., FU, F.H., POOLMAN, R.W.: Single-bundle versus double-bundle reconstruction for anterior cruciate ligament rupture: a meta-analysis—does anatomy matter? *Arthroscopy*, 28: 405-24, 2012.
99. VAN DYCK, P., DE SMET, E., VERYSER, J., LAMBRECHT, V., GIELEN, J. L., VANHOENACKER F. M., DOSSCHE, L., PARIZEL, P. M.: Partial tear of the anterior cruciate ligament of the knee: injury patterns on MR imaging. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc*, 20: 256-261, 2012.
100. XU, M., GAO, S., ZENG, C., HAN, R., SUN, J., LI, H., XIONG, Y., LEI, G.: Outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction using single-bundle versus double-bundle technique: meta-analysis of 19 randomized controlled trials. *Arthroscopy*, Feb;29(2):357-65, 2013.
101. YAGI, M., KURODA, R., NAGAMUNE, K., et al.: Double-bundle ACL reconstruction can improve rotational stability. *Clin Orthop Relat Res*, 454:100-107, 2007.
102. YUNES, M., RICHMOND, J. C., ENGELS, E. A., PINCZEWSKI, L. A.: Patellar versus hamstring tendons in anterior cruciate ligament reconstruction: A meta-analysis. *Arthroscopy*, Mar;17(3):248-257, 2001.

103. ZAFFAGNINI, S., BRUNI, D., MARCHEGGIANI MUCCIOLO, G. M., BONANZINGA, T., LOPOMO, N., BIGNOZZI, S., MARCACCI, M.: Single-bundle patellar tendon versus non-anatomical double-bundle hamstrings ACL reconstruction: a prospective randomized study at 8-year minimum follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, Mar;19(3):390-7, 2011.
104. ZAFFAGNINI, S., BRUNI, D., RUSSO, A., et al.: ST/G ACL reconstruction: double strand plus extra-articular sling vs double-bundle, randomized study at 3 year follow-up. *Scand J Med Sci Sports* 18(5):573-581, 2008.
105. ZANTOP, T., HERBORT, M., et al.: The role of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament in anterior tibial translation and internal rotation. *Am J Sports Med*, 35:223-237, 2007.
106. ZANTOP, T., BRUCKNER, P.U., et al.: Intraarticular rupture pattern of the ACL. *Clin Orthop Rel Res*, 454:48-53, 2007.
107. ZEMAN, P., NEPRAŠ, P., MATĚJKA, J., KOUDELA, K. jr.: Anatomická rekonstrukce předního zkříženého vazů double bundle technikou- možnosti cílení femorálních kanálů. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 79:41-47, 2012.
108. ZEMAN, P., CIBULKOVÁ, J., NEPRAŠ, P., KOUDELA, K. jr., MATĚJKA, J.: Zhodnocení klinických nálezů u pacientů s artroskopicky prokázanou symptomatickou parciální rupturou předního zkříženého vazů. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*,80: 53-59, 2013.
109. ZEMAN, P., KOUDELA, K. jr., KASL, J., NEPRAŠ, P., ZEMAN, J.: Anatomická rekonstrukce LCA double- versus single-bundle technikou- zhodnocení krátkodobých klinických výsledků prospektivní randomizované studie. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*,81: 40-50, 2014.
110. ZHANG, Z., GU, B., ZHU, W., ZHU, L.:Double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstructions: a prospective, randomized study with 2-year follow-up. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. May;24(4):559-65, 2014.

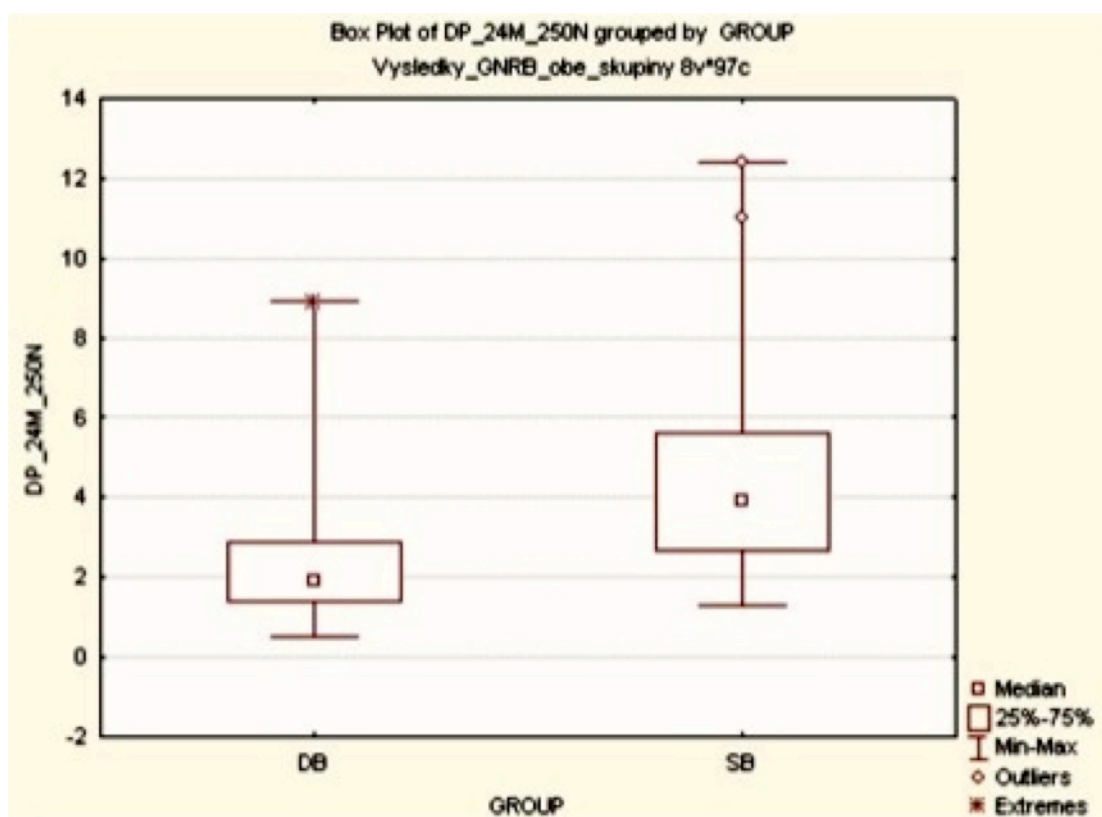
PŘÍLOHY



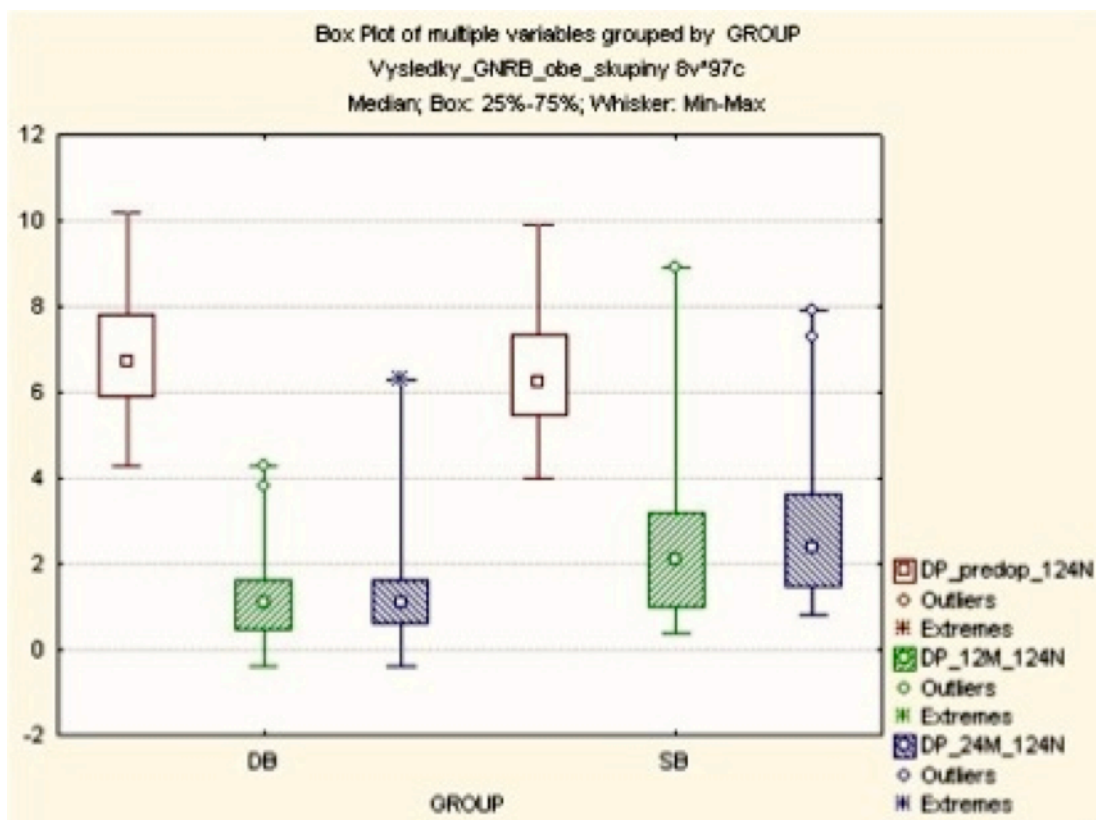
Graf 1 – návratnost k předúrazovému typu sportu



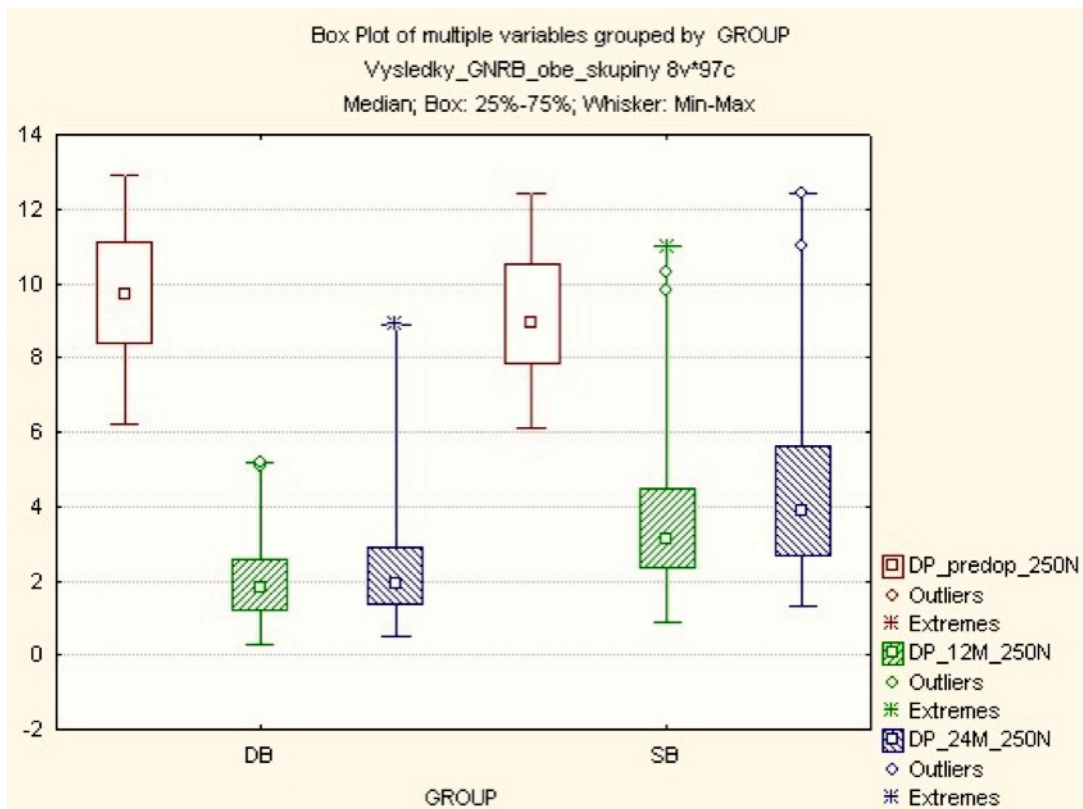
Graf 2 – Srovnání výsledků velikosti SSD ventrální laxity kolena ve dvou letech měřené přístrojem GNRB při tlaku 124 N mezi oběma skupinami. Na krabičkovém grafu je patrná statisticky významně nižší velikost SSD ventrální laxity ve skupině double-bundle



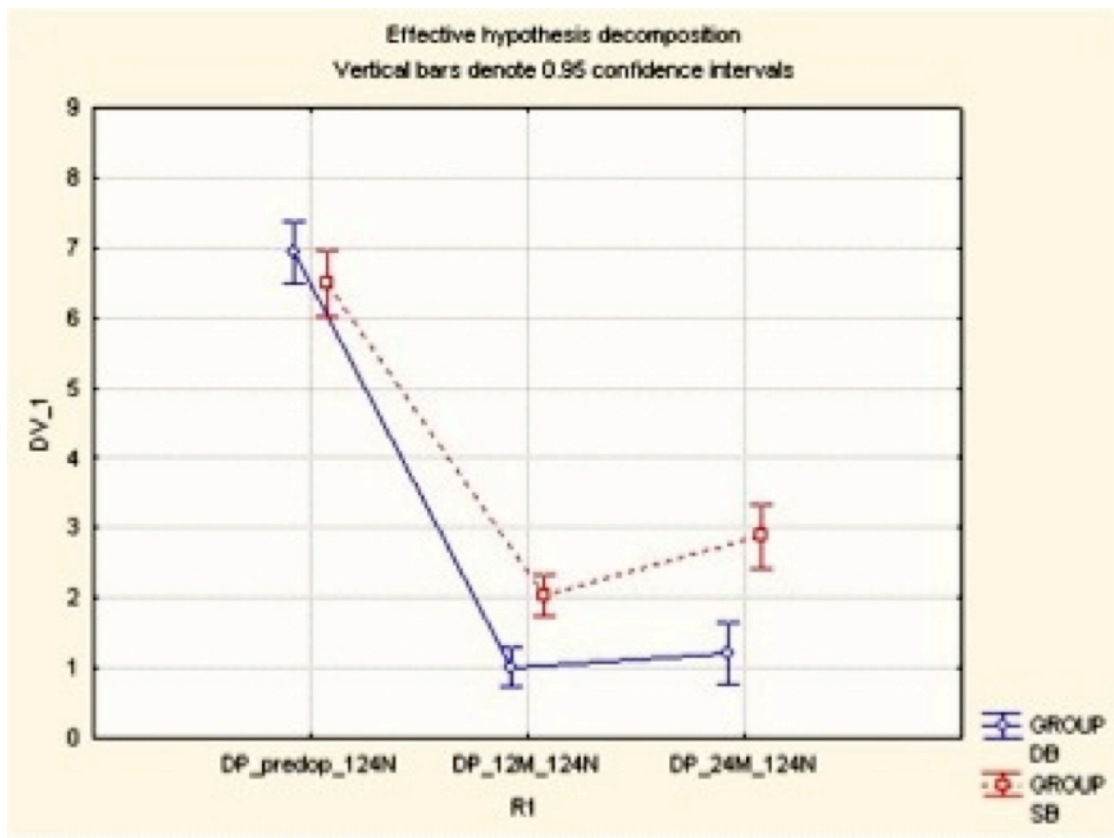
Graf 3 – Srovnání výsledků velikosti SSD ventrální laxity kolena měřené přístrojem GNRB při tlaku 250 N ve dvou letech. Na krabičkovém grafu je patrná statisticky významně nižší velikost SSD ventrální laxity ve skupině double-bundle



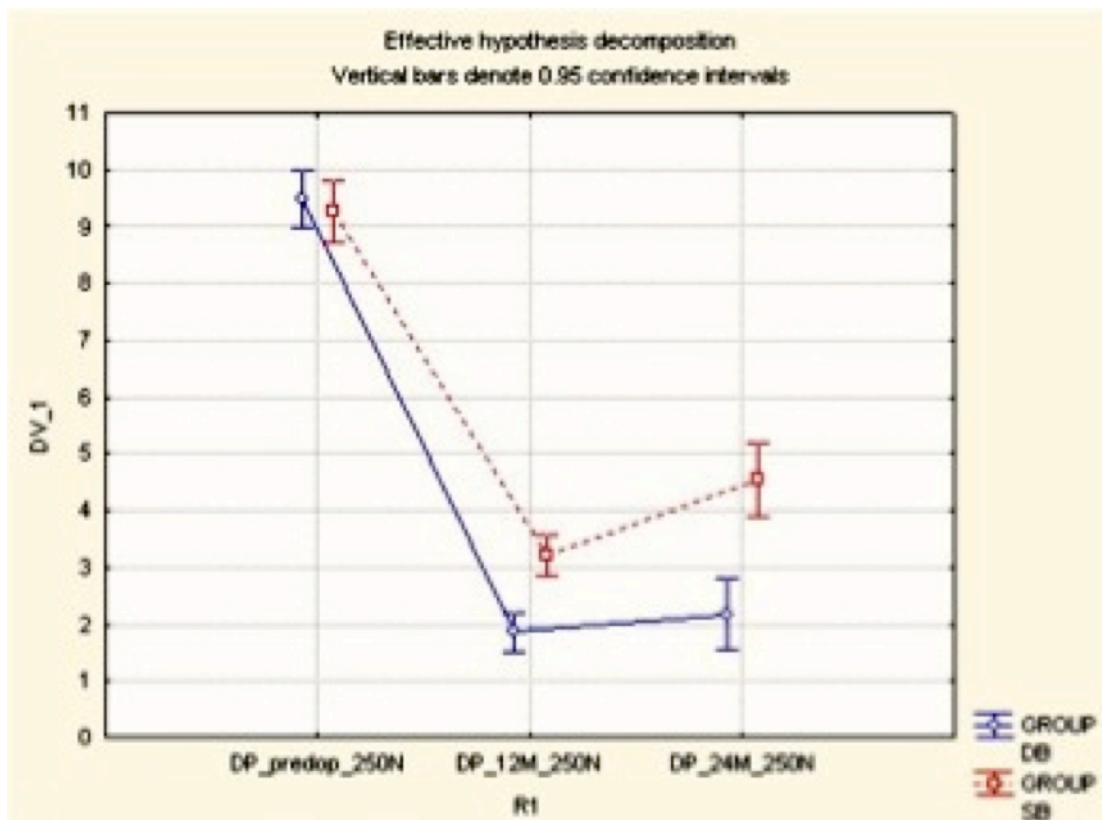
Graf 4 – Vývoj v čase velikosti SSD ventrální laxity kolena měřené přístrojem GNRB při tlacích 124 N v době před operací (hnědé boxy), v 12. měsíci (zelené boxy) a ve dvou letech (modré boxy) od výkonu



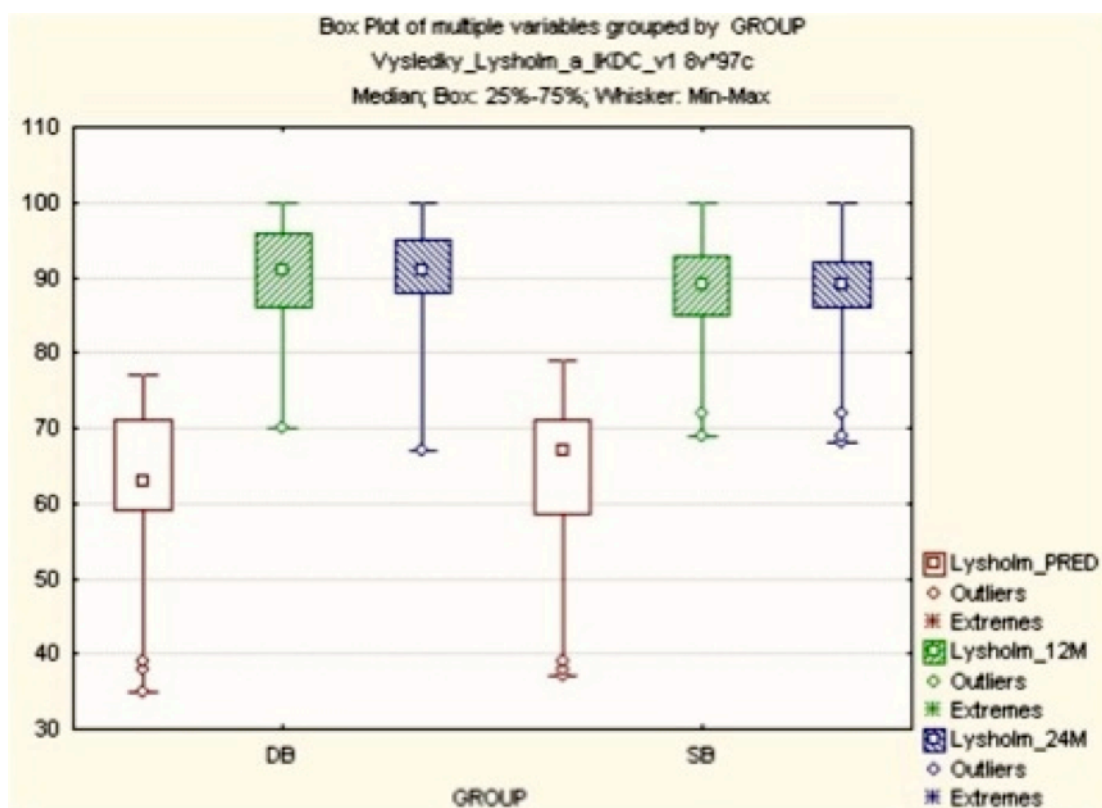
Graf 5 – Vývoj v čase velikosti SSD ventrální laxity kolena měřené přístrojem GNRB při tlacích 250 N v době před operací (hnědé boxy), v 12. měsíci (zelené boxy) a ve dvou letech (modré boxy) od výkonu



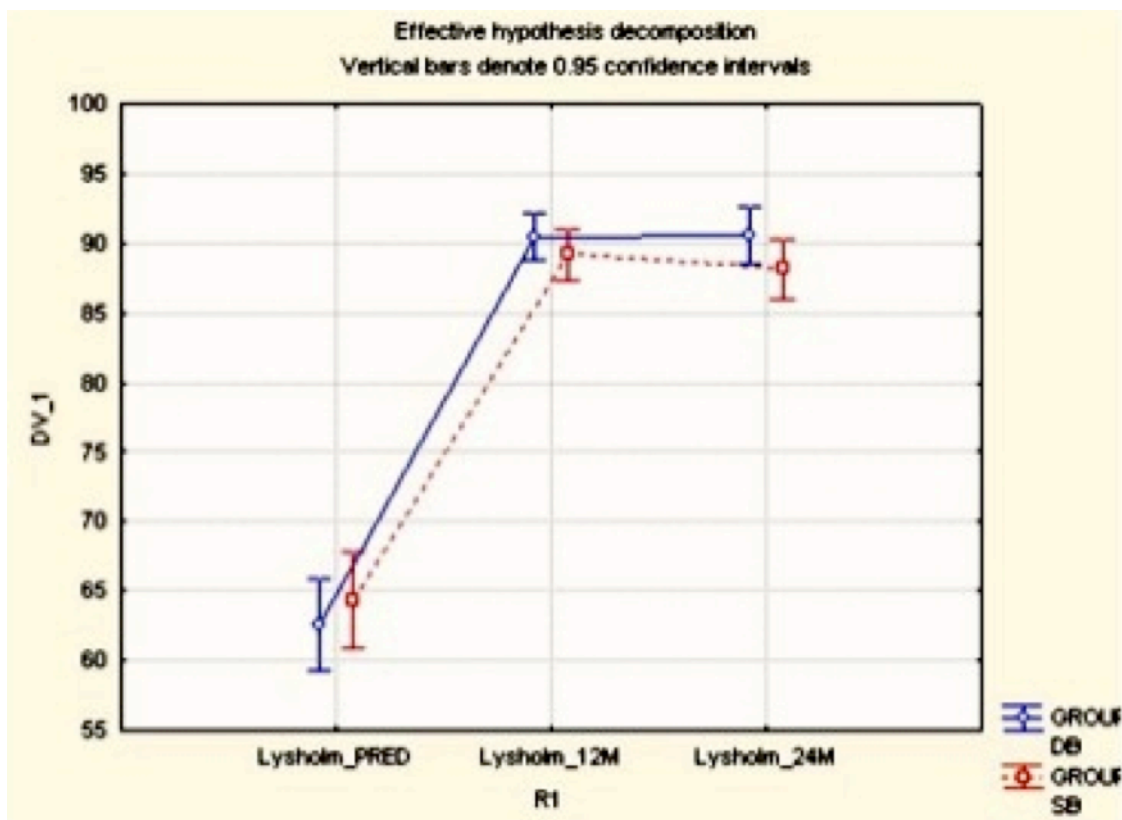
Graf 6 – Srovnání změny vývoje v čase SSD ventrální laxity kolena měřené při 124 N přístrojem GNRB. Je patrný statisticky významný rozdíl ve změně SSD ventrálního posunu v čase ve prospěch skupiny double-bundle



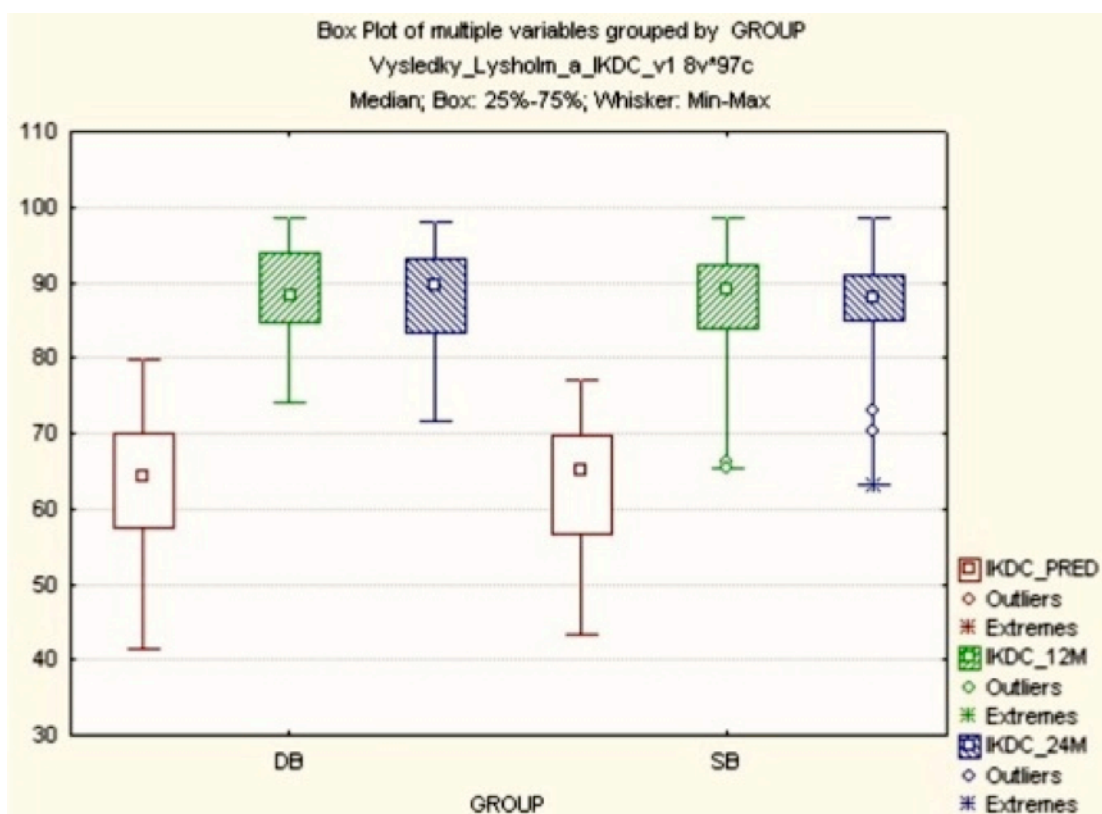
Graf 7 – Srovnání změny vývoje v čase SSD ventrální laxity kolena měřené při 250 N přístrojem GNRB. Je patrný statisticky významný rozdíl ve změně SSD ventrálního posunu v čase ve prospěch skupiny double-bundle



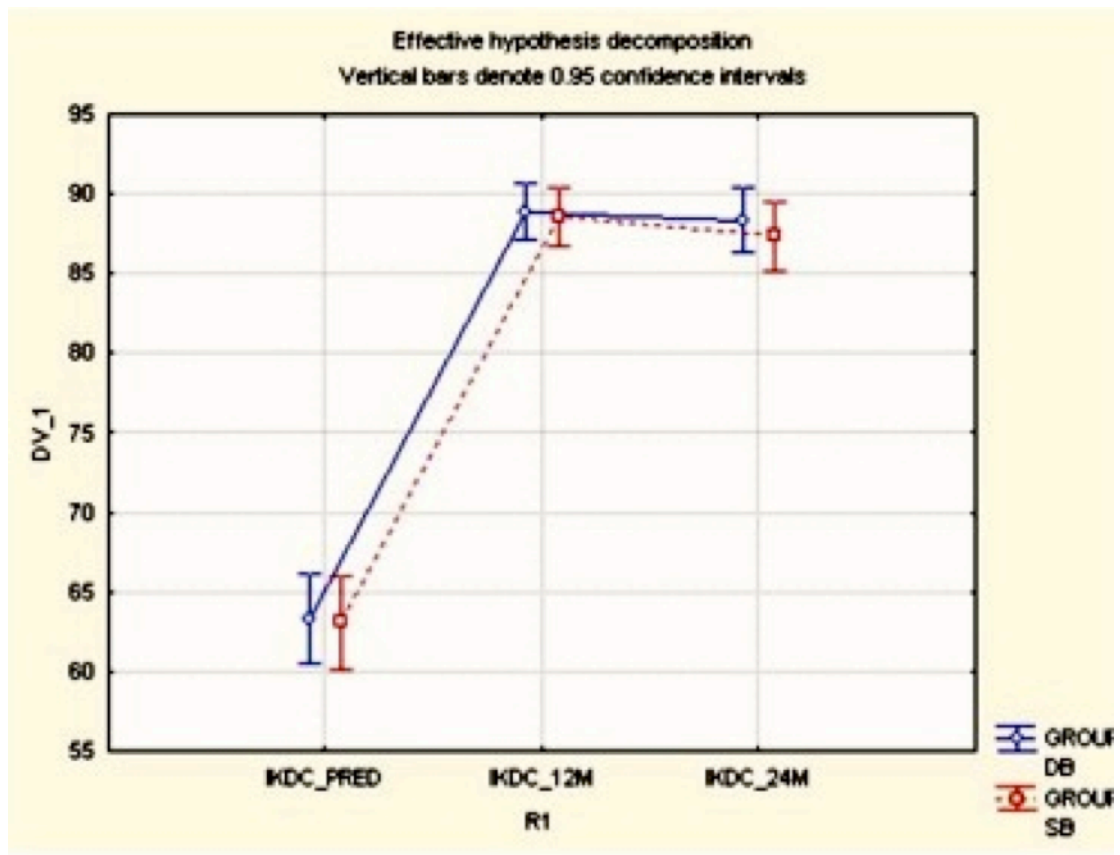
Graf 8 – Předoperační a pooperační hodnoty Lysholm skóre. Je patrné statisticky významné zvýšení Lysholm skóre při srovnání předoperačních (hnědé boxy) a pooperačních hodnot ve 12. měsíci (zelené boxy) i 2. roce (modré boxy) pro obě skupiny



Graf 9 – Srovnání vývoje změny hodnot Lysholm skóre v čase. Vývoj v čase pro tento parametr je staticky významný pro obě skupiny, ale rozdíl vývoje této změny není statisticky významně odlišný mezi oběma skupinami



Graf 10- Předoperační a pooperační hodnoty subjektivního IKDC skóre. Je patrné statisticky významné zvýšení tohoto parametru při srovnání předoperačních (hnědé boxy) a pooperačních hodnot ve 12. měsíci (zelené boxy) i 2. roce (modré boxy) pro obě skupiny



Graf 11- Srovnání vývoje změny hodnot subjektivního IKDC skóre v čase. Vývoj v čase pro tento parametr je pro každou ze skupin statisticky významný, ale rozdíl této změny není statisticky významně odlišný mezi oběma skupinami

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych velmi poděkovat svému školiteli as. MUDr. Karlovi Koudelovi, Ph.D. za svědomité vedení v průběhu celé doby mého doktorského studia, za jeho aktivní přístup, pomoc a cenné rady při přípravě této dizertační práce.

Velké poděkování patří přednostovi Kliniky ortopedie a traumatologie pohybového ústrojí LF UK a FN v Plzni Prof. MUDr. Karlovi Koudelovi, CSc. za jeho významnou podporu, vstřícnost a umožnění mého studia na naší klinice. Děkuji ing. Stanislavovi Kormundovi z Univerzity Karlovy v Praze za provedení statického zhodnocení získaných výsledků z této studie.

Za řadu cenných rad a výraznou pomoc při přípravě řady publikací a přednášek bych moc rád poděkoval Doc. MUDr. Jiřímu Matějkovi, Ph.D. Prim. Doc. MUDr. Tomáši Pavelkovi, Ph.D. bych chtěl poděkovat za umožnění operativy pacientů zařazených do výzkumu. Děkuji také mému učiteli artroskopii MUDr. Petrovi Neprašovi za jeho podporu a významnou pomoc při operativě pacientů.

Veliké poděkování patří celé mojí rodině a zejména mojí manželce Michaele za její velikou trpělivost a podporu v průběhu celého mého studia. Na závěr bych rád poděkoval i svým spolupracovníkům, bez jejichž pomoci by nemohla vzniknout tato práce.