

Univerzita Karlova v Praze

Lékařská fakulta v Plzni



Autoreferát dizertační práce

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

MUDr. Petr Zeman, MBA

Plzeň 2014

Dizertační práce byla vypracována v rámci doktorského studijního programu
na Klinice ortopedie a traumatologie pohybového ústrojí LF UK v Plzni

Uchazeč: MUDr. Petr Zeman, MBA

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

Oponenti: Doc. MUDr. Jiří Skála-Rosenbaum, Ph.D.
MUDr. Radim Kalina, Ph.D.

Stanovisko k dizertační práci vypracovalo vedení LF UK a FN
v Plzni

Autoreferát byl rozeslán dne:

Obhajoba dizertační práce před komisí pro obhajobu dizertačních prací studijního programu
..... se koná dne: 30.10. ve 13 hodin

Místo obhajoby:

S dizertační prací je možno se seznámit na děkanátě Lékařské fakulty Univerzity
Karlovy v Plzni, Husova 3, Plzeň.

jméno příjmení
předseda komise pro obhajobu dizertačních prací v oboru
pracoviště

OBSAH

SOUHRN	2
ABSTRACT	3
ÚVOD	4
CÍL PRÁCE	7
MATERIÁL A METODIKA	8
VÝSLEDKY	12
DISKUZE	15
ZÁVĚR	21
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	22
PUBLIKACE AUTORA	33

SOUHRN

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 difference 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.

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

ÚVOD

Přední zkřížený (LCA) vaz zásadním způsobem přispívá ke stabilitě a propriocepci kolena a k ochraně jeho niktrokloubních struktur.

Ruptura předního zkříženého vazů 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 resultuje v rozvoj časné sekundární gonartrózy.

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 vazů s cílem co nejdříve navrátit pacienta zpět k předúrazové úrovni sportovní i běžné denní zátěže. 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.

Doposud byla vyvinuta řada operačních technik nahrazujících LCA. Konvenčně prováděné rekonstrukce LCA transtibiální technikou cílení (T-ACLR) vedou často k neanatomické pozici femorálního kanálu, tím dochází k nesprávné obnově původní biomechaniky kolena a následnému selhání štetu až u 31 % operovaných. 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. 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.

Ve snaze dosáhnout lepších krátkodobých i dlouhodobých výsledků byl v posledních letech široce přijat „koncept anatomické rekonstrukce LCA“ (A-ACLR). Principy A-ACLR vycházejí z dokonalé znalosti anatomie a biomechaniky kolenního kloubu a zejména vlastního LCA.

Anatomická rekonstrukce LCA je definována jako co nejpřesnější obnova funkce, původních rozměrů, kolagenní orientace, velikosti a geometrie úponových oblastí původního LCA. Při anatomické rekonstrukci LCA lze využít single-bundle (SB) nebo double-bundle (DB) 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, 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. 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.

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 individuální přístup nejen ve volbě operační techniky, ale i v dalších krocích samotné A-ACLR, ať už zvolíme SB nebo DB techniku.

Základním krokem při výběru jedné z těchto technik je peroperační měření předozadního rozměru tibiálního úponu původního LCA (TISL) a dále šířky interkondylické fossy (ICNW).

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

V posledních letech probíhají intenzivní anatomické, biomechanické i klinické studie srovnávající výsledky single-bundle a double-bundle A-ACLR. I přesto, 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.

CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo zhodnocení 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.

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. Indikovaným, potenciálně spolupracujícím pacientům s motivací navrátit se k předúrazové sportovní zátěži byla nabídnuta možnost účasti v této studii. Pokud předběžně souhlasili, byli podrobně seznámeni s jejím průběhem a podmínkami a poté podepsali informovaný souhlas s účastí v této studii.

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** .

Do prospektivní randomizované studie bylo na jejím začátku zařazeno celkem 110 pacientů splňujících indikační kritéria, z toho bylo v jejím průběhu do 24. měsíce vyřazeno celkem 28 pacientů z důvodu nedodržení pravidel studie.

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).

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).

U předběžně vybraných pacientů byla předoperačně odebrána anamnéza a demografická data. Ze subjektivních kritérií bylo zhodnoceno předoperační Lysholmovo a subjektivní IKDC skóre. Z objektivních kritérií jsme hodnotili při klinickém vyšetření za plného vědomí: rozsah hybnosti zdravého a operovaného kolena, stranovou diferenci velikosti ventrální laxity obou kolen ve 20° flexi pomocí laximetru Genourob (GNRB).

Přístroj Genourob byl použit k objektivnímu měření stranové difference ventrální laxity poraněného a zdravého kolena při plném vědomí pacienta. 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. 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. Porovnávaly se hodnoty posunu při 124 N a 250 N.

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).

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.

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).

U skupiny č. 1 s double-bundle A-ACLR, jsme po označení center úponů obou porcí původního LCA na tibií pomocí vaperu pokračovali nejprve s předvrtáním AM a PL kanálu na tibií a na femuru v místech původních úponů PL a AM porce. Pokračovali jsme protažením štěpů do kloubu a to v pořadí

nejprve PL a až poté AM porce. Následovala fixace AM a poté PL štěpů ve femuru a tibií pomocí interferenčních vstřebatelných šroubů, kdy PL porce byla fixovaná v plné extenzi kolena a AM porce v 50-60 stupňové flexi kolena.

Ve skupině č. 2 pacienti podstoupili sigle-bundle A-ACLR. Rozdílem oproti DB technice bylo použití pouze jednoho štěpu z obou šlach hamstringů, předvrtání jednoho kanálu ve femuru a v tibií v centrech nativních úponových oblastí a fixace štěpu ve 20 stupňové flexi kloubu.

Zhodnocení klinických výsledků bylo provedeno s odstupem minimálně 2 roky od operace. Byla hodnocena stejná subjektivní i objektivní kritéria jako před operací a navíc byl hodnocen výskyt selhání štěpu a návratnost k předúrazovému typu sportu.

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

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.

Pooperační hodnocení klinických 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.

Při zhodnocení **deficitu rozsahu hybnosti** jsme mezi oběma skupinami **neprokázali statisticky významný rozdíl** jak ve výskytu deficitu extenze, tak v omezení flexe operovaného kolena ($p=0,23-0,98$)

Výskyt kompletního selhání štěpu jsme ve sk. 1 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. Tento rozdíl nebyl statisticky významný ($p=0,1573$).

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. Rozdíl návratnosti do plné sportovní zátěže **nebyl statisticky významný** ($p=0,2322$).

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. U všech sledovaných pacientů při srovnání předoperačních a pooperačních parametrů měření GNRB, **tj. změny v čase**, došlo při tlaku 124 N i při 250 N ke **statisticky významnému snížení hodnot posunu jak ve sk. 1 ($p < 0,001$), tak ve sk. 2 ($p < 0,001$)**. **Rozdíl této změny v čase mezi sk DB a sk SB byl statisticky významně vyšší ve skupině double-bundle.**

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). 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+). 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).

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.). **Neproklázali** jsme tedy **staticky významný rozdíl** mezi oběma skupinami ($p=0,0987$). **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. **Rozdíl této změny Lysholm skóre v čase však mezi skupinami nebyl statisticky významný** ($p=0,1294$).

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.). **Neproklázali** jsme tedy **statisticky významný rozdíl v subjektivním IKDC skóre** mezi skupinami ($p=0,2718$). 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). **Změna těchto hodnot v čase se mezi sk. DB a sk. SB statisticky významně nelišila** ($p = 0,1294$).

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 štěpu, 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 studii mojí.

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].

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 čtyř 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 měření 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, tj. 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 přístroji 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 pozitivivity 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 Freddie Fu ve svých pracech [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., ALTCHER, 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 lands-marks 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 posterolateral 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., VOGRIN, 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 vazy - 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 vazy. *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.: Individulized 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 reconstruption 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. TJOUMAKARIS, 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, P., 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.

PUBLIKACE AUTORA

1. Publikace s IF, které jsou podkladem dizertace:

Zeman P, Koudela K, Kasl J, Nepraš P, Zeman J, Matějka J.: Anatomical ACL reconstruction by a double- versus a single-bundle technique. Prospective randomised study of short-term clinical results. Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 2014;81(1):40-50.

Zeman P, Cibulková J, Nepraš P, Koudela K Jr, Matějka J.: Evaluation of the clinical results in patients with symptomatic partial tears of the anterior cruciate ligament diagnosed arthroscopically. Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 2013;80(1):53-9.

2. Publikace s IF, které nejsou podkladem dizertace:

Zeman P, Cibulková J, Kormunda S, Koudela K Jr, Nepraš P, Matějka J.: Arthroscopic transcapsular iliopsoas tenotomy from the peripheral versus the central compartment in internal snapping hip syndrome. Short-term results of a prospective randomised study. Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 2013;80(4):263-72.

Zeman J, Matějka J, Matějka T, Salášek M, **Zeman P**, Nepraš P.: Open reduction and plate fixation (ORIF LCP) for treatment of bilateral calcaneal fractures. Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 2013;80(2):142-7.

Matějka J, Skála-Rosenbaum J, Krbec M, Zeman J, Matějka T, Zeman P.: Type AO/ASIF B3 Fractures of the Thoracic and Lumbar Spine. Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 2013;80(5):335-40.

3. Publikace přijatá do časopisu s IF :

Koudela K Jr, Koudelová J, Koudela K Sr, **Zeman P.**: Concave impressio ligamenti costoclavicularis ("rhomboid fossa") and its prevalence and relevance to clinical practice. Surg Radiol Anat. 2014 Jul 24. [Epub ahead of print]

4. Publikace in extenso, která je podkladem dizertace:

Zeman P, Nepraš P, Matějka J, Koudela K Jr.: Anatomical double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction - transtibial versus anteromedial reaming of femoral tunnels. Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 2012;79(1):41-7.

5. Publikace in extenso, které nejsou podkladem dizertace:

Nepraš P, Matějka J, **Zeman P**, Kudela J.: Arthroscopically-assisted procedures on the hip joint. Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 2012;79(2):135-9.

Nepraš P, **Zeman P**, Matějka J, Koudela K Jr, Koudela K Sr.: Arthroscopic stabilisation of post-traumatic ventral instability of the shoulder by use of bioknotless anchors. Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 2011;78(1):56-60.

Zeman P, Zeman J, Matejka J, Koudela K.: Long-term results of calcaneal fracture treatment by open reduction and internal fixation using a calcaneal locking compression plate from an extended lateral approach. Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 2008 Dec;75(6):457-64.