

Anatomická rekonstrukce LCA double- versus single-bundle technikou – zhodnocení krátkodobých klinických výsledků prospektivní randomizované studie

Anatomical ACL Reconstruction by a Double- versus a Single-Bundle Technique. Prospective Randomised Study of Short-Term Clinical Results

P. ZEMAN, K. KOUDELA ml., J. KASL, P. NEPRAŠ, J. ZEMAN, J. MATĚJKA

Klinika ortopedie a traumatologie pohybového ústrojí LF UK a FN v Plzni

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The aim of the study is to present a comparison of short-term results of double- versus single-bundle anatomical reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL) using hamstring endons and their fixation with absorbable interference screws.

MATERIAL AND METHODS

A total of 110 patients with an isolated ACL lesion and the healthy contralateral knee who met the indication criteria for ACL double bundle reconstruction (TISL, 14 mm; ICNW, 12 mm) were intra-operatively allocated at random to either double-bundle group (DB, n=55) or single-bundle group (SB, n=55). At 12 months after surgery, 97 patients (DB group, n=49; SB group, n=48), comprising 68 men and 29 women, were evaluated; the average age was 29.1 years and the injury-to-surgery interval was 15.9 weeks. Pre- and post-operative subjective criteria involved the IKDC and Lysholm score. 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 ($p=0.0755$; DB group, $n=0$; SB group, $n=3$), range-of-motion deficit ($p=0.2277$ - 0.9788) or return to pre-operative sports activity ($p=0.2322$). In the DB group, side-to-side anterior tibial shifts at a pressure of 124 N (medians=1.3 mm and 2.1 mm for DB and SB groups, respectively; $p=0.0007$) and at a pressure of 250 N (DB group =2.1 mm; SB group = 3.1 mm; $p<0.0001$) were significantly different from the corresponding values in the SB group. Positive results for the pivot shift test (PST) were significantly less frequent in the DB than the SB group (Chi-square test =0.0112). The SB group patients had a 2.9-times (odds ratio, 2.8704) higher risk of positive post-operative PST results than the DB group patients. In both groups, a comparison of pre- and post-operative criteria showed significant improvement in both the subjective and the objective results.

DISCUSSION

The results of this study, in accordance with other authors' conclusions, suggest that the double-bundle technique provides better control over rotational and anterior knee laxity and therefore restores knee biomechanics better. However, other literature data do not confirm any significantly better outcomes of this method. Since only short-term results have been obtained so far, the study will continue because only the long-term results can provide conclusive evidence of an advantage of one technique over the other.

CONCLUSIONS

Our study showed significantly better restoration of knee rotational and anterior laxity in the patients undergoing anatomical reconstruction of the ACL 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, interference screw.

ÚVOD

Rekonstrukce předního zkříženého vazu (ACLR) patří mezi nejčastější rekonstrukční artroskopické výkony. Tradičně prováděné, transtibiálně cílené tj. neanatomické, techniky rekonstrukce LCA (T-ACLR) sice vrací část operovaných zpět do běžného denního i sportovního života, ale až u 90 % z nich byla rentgenologicky prokázána přítomnost degenerativních změn kolena ve větší nebo střednědobé výsledku T-ACLR (22). 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 (25). Meta-analýzy prokazují, že ne více než 60 % z těchto pacientů se navrátí do plné sportovní zátěže (3).

Řada studií prokázala, že posterolaterální porce (PL) předního zkříženého vazu (LCA), která není nahrazována při standardně užívaných jednovláknových technikách, hraje důležitou roli zejména v ro-

Tab. 1. Přehled „inclusion a exclusion“ kritérií hodnocených u pacientů před zařazením do naší studie

„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 kontraindikace k provedení CT nebo MRI

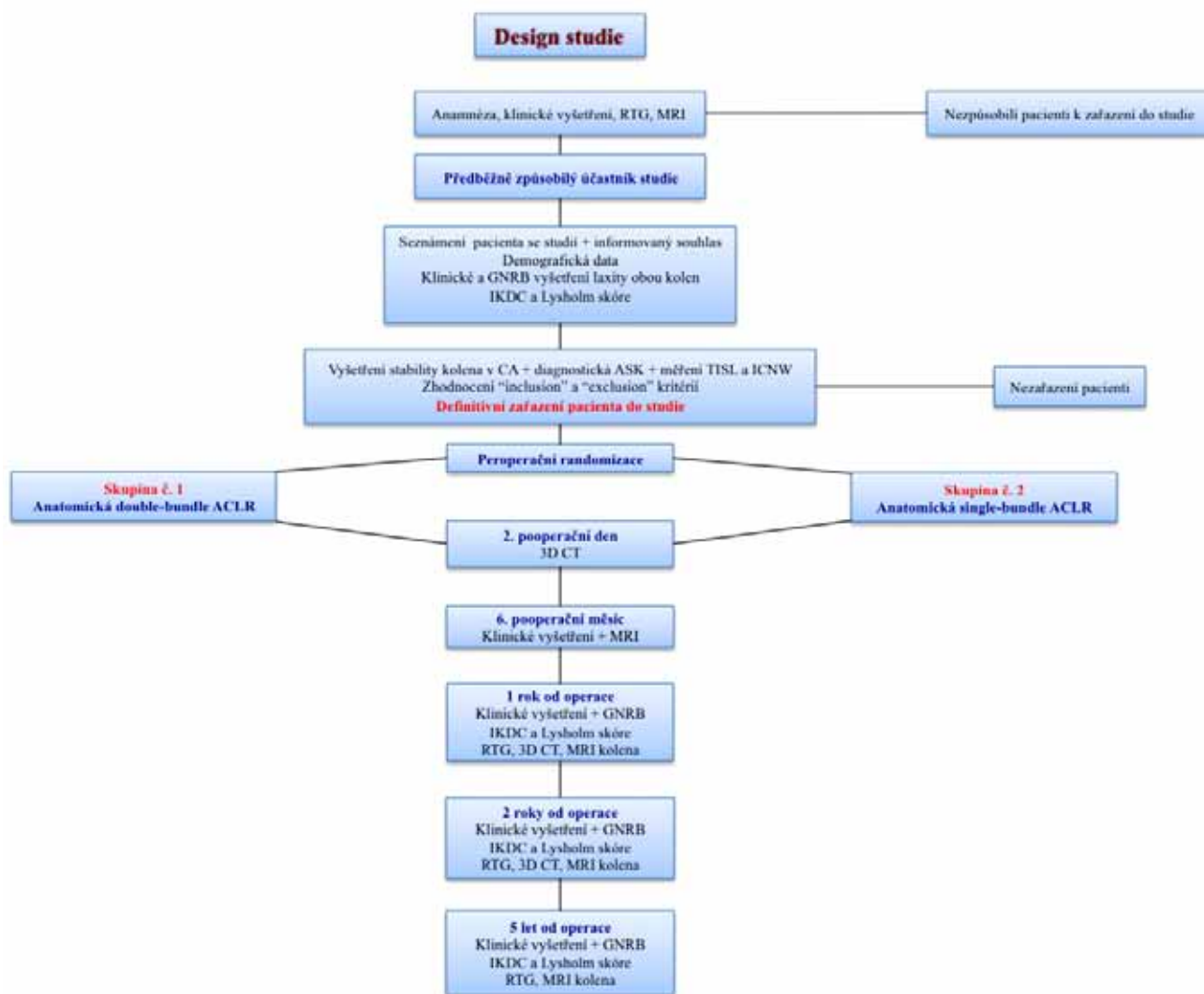


Schéma vyjadřuje design průběhu naší studie. Jednotlivé odkazy jsou v časově následných krocích v pořadí, jak probíhaly i jak by měla nadále v budoucnu studie pokračovat.

Tab. 2. Demografická data pacientů pooperačně zhodnocených s minimálním odstupem 1 roku od operace

	Demografická data pooperačně zhodnocených pacientů		
	celkem	sk. 1 (DB)	sk. 2 (SB)
počet pacientů	97	49	48
průměrný věk (roky)	29,1	28,2	29,9
pohlaví (ženy/muži)	29/68	13/36	16/32
strana (pravá/levá)	57/40	26/23	31/17
průměrný odstup operace od úrazu (týdny)	15,9	16,6	15,1

tační stabilitě kolena (26, 27). Bylo také zjištěno, že T-ACLR nedokonale obnovuje normální kinematiku kolena, zejména tibiální rotaci, a že anatomická double-bundle rekonstrukce (DB) ACLR v porovnání se single-bundle (SB) ACLR přesněji restauruje anatomii, biomechaniku a kinematiku kolenního kloubu (19, 26).

Anatomická rekonstrukce LCA (ACLR) je definována jako co nej přesnější obnova funkce, původních rozměrů, kolagenní orientace, velikosti a geometrie úponových oblastí původního LCA (19, 22, 28). Nutností k dosažení dokonalého výsledku ACLR je nezbytná nejenom výborná znalost a respektování anatomie celého kolena, ale zejména 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 ACLR, ať už zvolíme SB nebo DB techniku (8, 19, 22). Nezbytným krokem ke zvolení jedné z těchto technik je peroperační měření předozadního rozměru tibiálního úponu původního LCA (TISL) a dále šířky interkondylické fossy (ICNW) (18, 19). Cílem ACLR je nejenom navrátit pacienta co nejbližší k předúrazové úrovni zátěže, ale také maximálně eliminovat rozvoj poúrazových degenerativních změn kolena (8, 9).

V této práci prezentujeme klinické výsledky prospektivní randomizované studie srovnávající dvě skupiny

pacientů splňujících rozměrová a indikační kritéria pro provedení double-bundle techniky, u kterých byla provedena anatomická rekonstrukce LCA double- nebo single-bundle technikou pomocí autoštěpů musculus semitendinosus (m ST) a gracilis (m G) s fixací interferenčními vstřebatelnými šrouby s minimálním odstupem jednoho roku od operace.

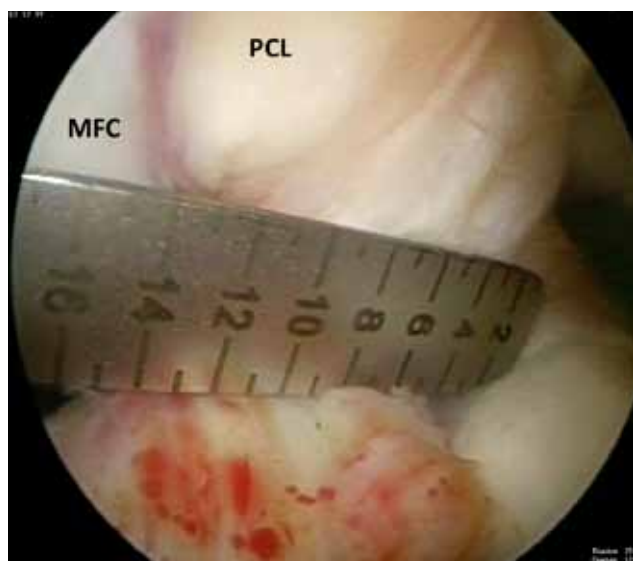
MATERIÁL A METODIKA

Pacienti byli zařazeni do této studie v období od prosince roku 2009 do června 2011. Vzhledem k tomu, že se jednalo o prospektivní randomizovanou komparativní studii, jsme ještě před jejím začátkem nejprve připravili její přesný design (viz schéma). 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.

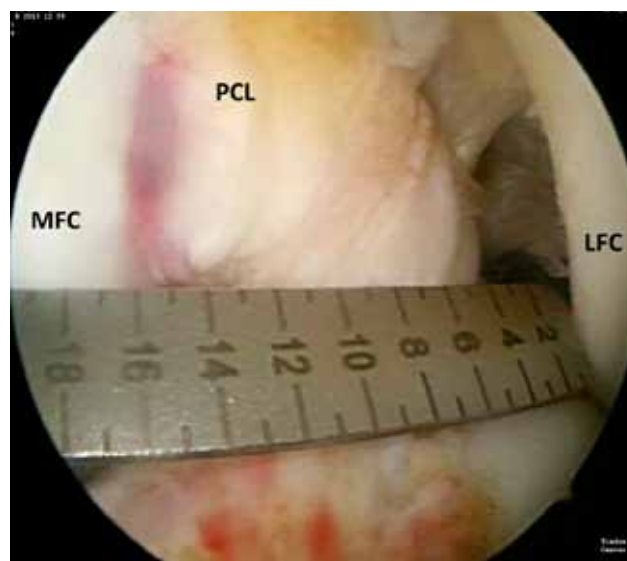
Stanovené hypotézy

Byly stanoveny tři hypotézy:

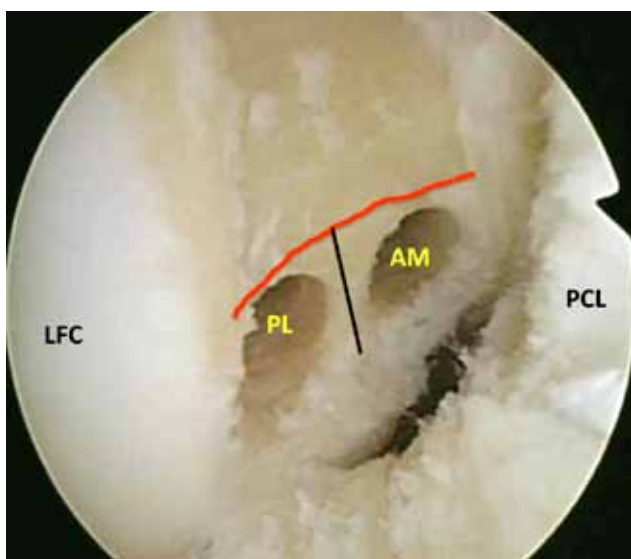
Hypotéza č. 1 (H1) = pacienti s anatomickou ACLR double-bundle technikou budou mít při pooperačním hodnocení statisticky významně lepší snížení pooperační laxity kolena, tj. nižší hodnoty ventrální i rotační laxi-



Obr. 1. Příklad peroperačního měření předozadního rozměru tibiálního úponu původního kompletně selhaného LCA (TISL = 15 mm) na levém kolenním u pacienta splňujícího indikační kritéria pro zařazení do studie. Pohled z AL portu.



Obr. 2. Peroperační měření šířky interkondylické fossy (ICNW = 16 mm) na levém kolenním u pacienta splňujícího indikační kritéria pro zařazení do studie. Pohled z AL portu.



Obr. 3. Pacient zařazený randomizací do skupiny č. 1, tj. s double-bundle technikou ACLR pravého kolena. Pohled z AM portu na mediální stěnu laterálního kondylu femuru v 90° flexi kolena po předvrtání obou femorálních kanálů do anatomických pozic. Červená křivka („lateral intercondylar ridge“) vyjadřuje průběh hřebenu ohraničujícího proximálně úpon obou porcí původního LCA. Oba předvrtané kanály musí být uloženy distálně od tohoto hřebenu. Černá čára („bifurcate ridge“) je hřeben oddělující úponovou oblast PL od AM porce.

ty operovaného kolena v porovnání s pacienty se single-bundle technikou ACLR.

Hypotéza č. 2 (H2) = pacienti s double-bundle technikou ACLR budou mít statisticky významně nižší výskyt selhání štepů, vyšší procento návratu do předúrazové sportovní zátěže a menší deficit rozsahu hybnosti operovaného kolena (ROM).

Hypotéza č. 3 (H3) = anatomická rekonstrukce DB technikou povede ke statisticky významně lepším výsledkům pacientem hodnocených subjektivních kritérií (IKDC a Lysholm skóre) a tím větší spokojenosti operovaných.

Soubor pacientů

Do prospektivní randomizované studie bylo na jejím začátku zařazeno celkem 110 pacientů splňující indikační kritéria (tab. 1), z toho jsme v jejím průběhu do prvního hodnocení ve 12.-14. měsíci vyřadili celkem 13 sledovaných z důvodu nedodržení pravidel studie. S odstupem minimálně 1 roku od operace jsme zhodnotili výsledky u 97 pacientů (49 DB a 48 SB ACLR). Jednalo se o 68 mužů a 29 žen s průměrným věkem 29,1 let (rozmezí 19–42 let), ve skupině (sk.) DB průměr 28,2 a ve sk. SB 29,9 let, a s odstupem od úrazu v průměru 15,9 týdne, u kterých jsme provedli za základě randomizace ACLR DB nebo SB technikou u 57 pravých a 40 levých kolenních kloubů (sk. DB 26 pravá/23 levá a sk. SB 31/17) (tab. 2).

Metodika

Všichni pacienti zařazení do studie museli splňovat následující indikační kritéria: věk 18–45 let, kompletní

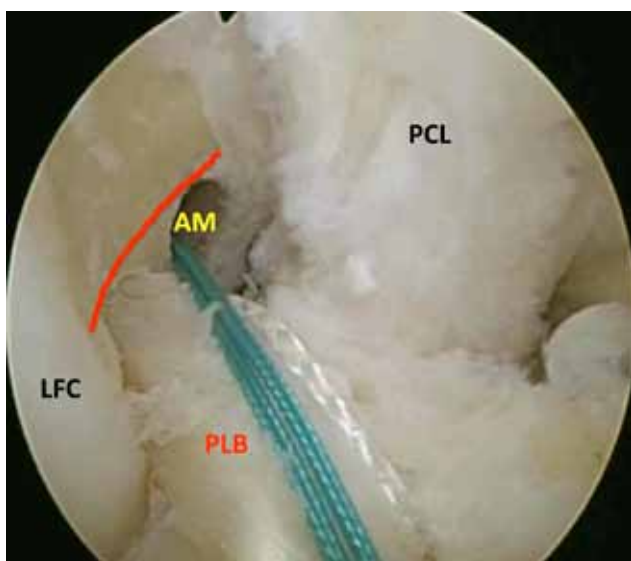
ruptura obou porcí LCA jednoho kolena do 6 měsíců od úrazu, motivovanost k návratu do plné předúrazové úrovně sportovní zátěže a dostatečná rozměrová kritéria struktur kolena, která umožňují technické provedení DB techniky, tj. předozadní délka tibiálního úponu (TISL) původního LCA minimálně 14 mm a šířka interkondylarické fossy (ICNW) při její bazi v 90° flexi minimálně 12 mm (obr. 1 a 2). Do studie nebyli zařazeni 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 (tab. 1).

Předoperační hodnocení

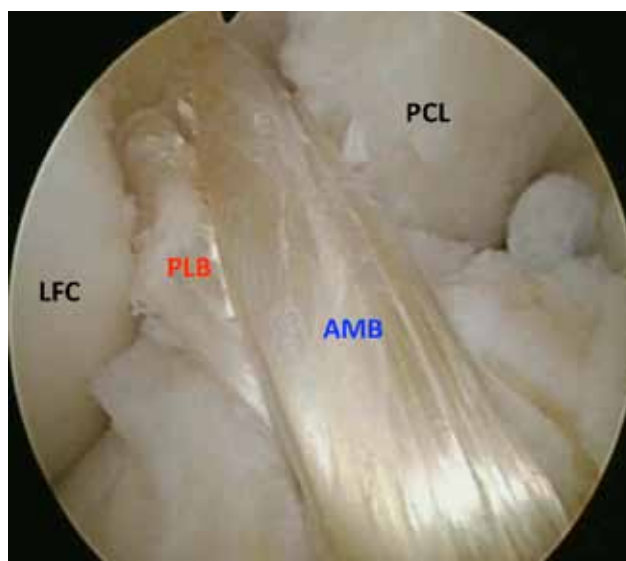
U předběžně vybraných pacientů byla předoperačně odebrána anamnéza a demografická data. Ze subjektivních kritérií bylo zhodnoceno předoperační Lysholmovo a IKDC skóre (7, 14). Z objektivních kritérií jsme hodnotili při klinickém vyšetření při plném vědomí: rozsah hybnosti (ROM) zdravého a operovaného kolena, bylo provedeno měření a stranová komparace velikosti ventrální laxity obou kolen ve 20° flexi pomocí laximetru Genourob (GNRB). Míru dynamické rotační laxity jsme vyšetřovali při plném vědomí pacienta pomocí pivot shift testu (PST), 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 (GNRB)

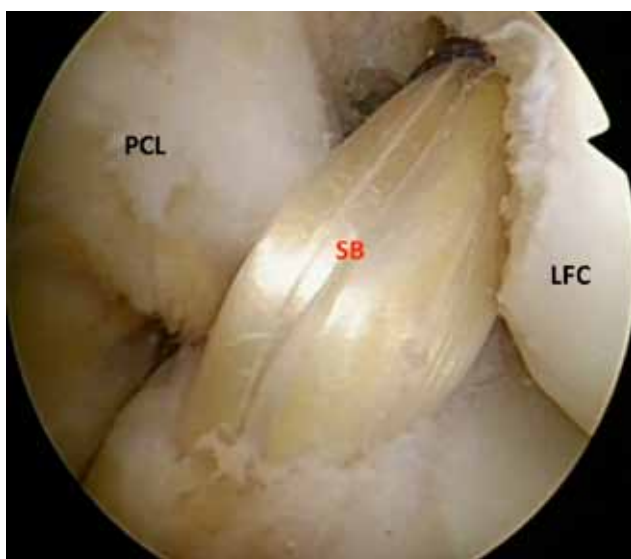
Přístroj Genourob (GNRB) jsme použili k objektivnímu měření stranové difference ventrální laxity poraněného a zdravého kolena při plném vědomí pacienta. Toto zařízení měří sagitální ventrální translaci tibie při flexi kolena 20°, podobně jako při Lachmanově testu. Končetina je v přístroji zafixovaná 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). Velikost ventrálního posunu tibie vůči distálnímu femuru je zaznamenávána s přesností na 0,1 mm pomocí citlivého senzoru umístěného přesně nad tuberozitou 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 zaznamenávány výsledky měření a data o pacientovi. Vždy jsou měřena obě kolena, zdravé a poraněné, a je posuzována stranová difference při určitých tlacích. My jsme 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 (4, 12, 29).



Ob. 4. Průběh operačního výkonu double-bundle techniky ACLR pravého kolena. Pohled za AM portu po protažení PL porce a před zavedením AM porce štěpu. Červená křivka = „lateral intercondylar ridge“.



Obr. 5. Pohled za AM portu do pravého kolena v 90° flexi před ukončením double-bundle techniky ACLR.



Obr. 6. Pacient randomizovaný do skupiny č. 2, tj. se single-bundle technikou ACLR. Pohled z AL portu do levého kolena v 90° flexi na závěr samotného výkonu.

Užití zobrazovacích metod

Ze zobrazovacích metod jsme předoperačně i pooperačně hodnotili nativní rentgenový snímek kolena v předozadní a laterální projekci a vyšetření magnetickou rezonancí (MRI) 3 Tesla. Dále jsme pooperačně prováděli CT kolena s 3D rekonstrukcemi 2. pooperační den a v průběhu vyšetření minimálně 1 rok od výkonu. Metodiky hodnocení zobrazovacích metod a jejich výsledky jsou nad rámec této práce a budou publikována v budoucnu v jiné práci.

Zařazení pacientů do studie a randomizace

Definitivní zařazení pacientů do studie proběhlo až na začátku vlastního arthroscopického výkonu. V celkové narkóze jsme nejprve vyšetřili znovu míru laxity kolena.

Použité zkratky: **MFC** = mediální kondyl femuru, **PCL** = zadní zkřížený vaz, **LFC** = laterální kondyl femuru, **PL** = posterolaterální kanál, **AM** = anteromediální kanál, **PLB** = posterolaterální porce štěpu LCA, **AMB** = anteromediální porce štěpu LCA, **SB** = štěp u single-bundle techniky ACLR.

Provedli jsme diagnostickou artroskopii, při které jsme mimo jiného provedli peroperační měření TISL a ICNW artroskopickým měřítkem. Pakliže splňovali operovaní výše zmíněná indikační kritéria a nebyla přítomna kritéria vylučující, mohli být definitivně zařazeni 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 ACLR nebo do skupiny č. 2 (sk. 2), kde podstoupili single-bundle 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. Pacienti byli informováni o typu operačního výkonu a tudíž věděli, do které ze dvou skupin byli peroperačně zařazeni.

Operační postup

Začátek operačního výkonu byl u obou skupin identický. Po diagnostické artroskopii (ASK), změření TISL a ICNW (obr. 1 a 2) a následné randomizaci jsme pokračovali odběrem vždy obou šlach m ST a m G z anteromedialní kožní incize v úrovni pes anserinus. Následovala příprava štěpu(-ů). Ve skupině s DB technikou jsme použili šlachy m ST pro anteromedialní (AM) svazek a pro posteromedialní (PL) šlachy m G. Obě šlachy jsme přeložili na polovinu nebo na třikrát, podle toho, jak byla každá šlacha široká a také podle rozměrů TISL, tak abychom zejména u původně větších LCA obnovili co největší procento plochy původních úponových oblastí. Příprava štěpu ve sk. 2 byla provedena přehnutím obou šlach na kvadru štěp. Takto získané štěpy byly následně prošity a tonizovány. V průběhu přípravy štěpu asistenci operátor pokračoval ve vlastní ACLR. Bylo standardně využito tří operačních vstupů. Anterolaterální (AL) port pro dokonalou vizualizaci tibiálního úponu LCA, ten ale neumožňoval dostatečnou přehlednost mediální stěny laterálního kondylu femuru (CLF), dále anteromedialní

(AM) a akcesorní anteromedialní (AAM) porty. AM port byl použit zejména pro zavedení optiky ke správné vizualizaci obou femorálních úponů LCA a AAM port jak pro zavedení optiky, tak jako pracovní při cílení a vrtání femorálního(-ch) kanálu(-ů). Oblast původního tibiálního a femorálního úponu byla vyčištěna od zbytků nativního LCA tak, aby bylo možné označit centra původních úponů na femuru a tibií. Notchplastiku jsme standardně neprováděli. Půměry štěpů byly měřeny s přesností na 1 mm a velikost vrtáků byla stejná jako naměřený průměr štěpu (štěpů).

U skupiny č. 1 s DB ACLR, jsme po označení center úponů obou porcí původního LCA na tibií pomocí vaperu pokračovali nejprve s předvrtáním AM kanálu v tibií 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 tibií a byl 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 háčkovým vaperem a poté ještě nástrojem na mikrofraktury (Chondral

Tab. 3. Procentuální výskyt míry před- a pooperačního deficitu rozsahu hybnosti operovaného vůči zdravému kolenu a míra statistické významnosti tohoto parametru při srovnání obou skupin (p-value)

Deficit rozsahu hybnosti				
		sk. 1- DB (49)	sk. 2- SB (48)	p-value
předoperačně		0,00%	0,00%	0,100
pooperačně- 12. měsíc				
deficit extenze:	1–4°	4,08%	8,33%	0,385
	5–10°	0,00%	2,08%	0,310
	> 10°	4,08%	10,42%	0,228
deficit flexe:	1–9°	6,12%	4,17%	0,664
	>10°	6,12%	6,25%	0,979

Tab. 4 a 5. Přehled výskytu selhání štěpu a návratu k předúrazové sportovní zátěži v % u pacientů ve studii a srovnání míry statické významnosti (p-value) výskytu obou parametrů mezi oběma skupinami

Výskyt selhání štěpu do 1 roku od operace			
	sk. 1- DB (49 pacientů)	sk. 2- SB (48 pacientů)	p-value
kompletní selhání	0,00%	6,25%	0,076
parciální ruptura	4,08%	0,00%	0,157
selhání celkem	4,08%	6,25%	0,629

Návrat k předúrazové sportovní zátěži		
sk. 1 (DB) 49 pacientů	sk. 2 (SB) 48 pacientů	p-value
41 (83,67%)	44 (91,66%)	0,232

Tab. 6. Výsledky rozdílu ventrální laxity zdravého a poraněného kolena měřené s přesností na 0,1 mm ve 20 st. flexi pomocí přístroje GNRB při tlacích 124 N a 250 N. Hodnoty p-value prokazují jeden rok od operace staticky významně nižší stranovou diferenci posunu pro sk. 1

Laximetr GNRB			
	sk. 1 (DB)	sk. 2. (SB)	p-value
GNRB- předoperační:			
	medián (min.-max.)		
124 N	6,8 (4,3–10,2)	6,3 (4,0–9,9)	0,129
250 N	9,8 (6,2–13,1)	8,9 (6,1–12,4)	0,182
GNRB- pooperační v 1 roce			
124 N	1,3 (-0,3–4,2)	2,1 (0,3–9,0)	0,001
250 N	1,9 (0,3–6,2)	3,1 (0,9–11,1)	<0,0001

Tab. 7. Výsledky před- a pooperačního výskytu Pivot shift testu u obou skupin vyjádřené počtem pacientů s jednotlivým stupněm tíže PST a srovnání výskytu pozitivit PST mezi oběma skupinami prokazující statisticky významně lepší výsledky ve sk. DB v 1 roce od operace

Pivot shift test				
	Předoperační sk. 1 (DB)	Předoperační sk. 2 (SB)	Pooperační sk. 1 (DB)	Pooperační sk. 2 (SB)
PST -	0	0	31	18
PST +	16	23	16	21
PST 2+	25	18	2	6
PST 3+	8	7	0	3
Celkem	49	48	49	48
Chi-Square test	0,293		0,011	
Odds Ratio				2,9

Tab. 8. Výsledky Lysholm a IKDC skóre před i po operaci vyjádřeno v bodech a srovnání těchto parametrů mezi oběma skupinami (p-value) neprokázalo statistickou významnost

Výsledky Lysholm a IKDC skóre					
	sk. 1 (DB)		sk. 2 (SB)		p-value
	medián	min.-max.	medián	min.-max.	
Lysholm skóre					
předoperační	63	35–76	67	37–79	0,259
pooperační	91	71–100	89	69–100	0,418
IKDC skóre					
předoperační	64	42–80	66	44–77	0,614
pooperační	88	74–98	89	64–98	0,364

Peek – Smith and Nephew) zahnutým pod úhlem 60°. Následovalo nejprve cílení a poté předvrtání AM kanálu vždy skrz AAM port při flexi kolena 110–120° do hloubky 25–30 mm a poté pomocí cíliče ze stejného portu, ale ve flexi 90–100° PL kanálu do hloubky 20–25 mm. Opět musel být zachován kostní můstek mezi oběma femorálními kanály 1–2 mm (obr. 3). Pozice vyústění AM a PL kanálu vůči sobě na femuru byla horizontální při flexi kolena 110–120°. Následovalo protažení nejprve PL a poté AM porce štěpu (obr. 4 a 5). Byl vyzkoušen pohyb kolena a vyloučeny impingement syndromy, 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. AM porce štěpu byla fixována v 50–60° flexi kolena a PL porce vždy v plné extenzi kolena. Na závěr operačního výkonu byla zkoušena laxita kolena tj. PST, Lachmann test a přední zásuvkový test. Pokud byly tyto testy negativní, ukončili jsme operační výkon.

U skupiny č. 2, tj. se SB ACLR, jsme ze stejných portů nejprve označili střed původního úponu LCA na tibii tj. přesně mezi úponem PL a AM porce. Následovalo předvrtání jednoho tibiálního kanálu pod úhlem 45–55° vůči rovině plata tibie. Femorální kanál byl cílen a následně předvrtán z AAM portu opět do centra původního femorálního úponu LCA, tj. mezi AM a PL porci distálně od “lateral intercondylar ridge”. Pokračovalo se protažením předem tonizovaného štěpu z m ST + m G (obr. 6), byla vyloučena přítomnost obou impingementů LCA a poté jsme provedli fixaci stejnými interferenčními vstřebatel-

nými šrouby nejprve ve femuru a poté v tibii ve flexi kolena 20°.

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 (28). Navíc jsme druhý pooperační den provedli u všech pacientů CT kolena s 3D CT rekonstrukcemi.

Klinické hodnocení v jednom roce od operace

Zhodnocení klinických výsledků bylo provedeno dvěma nezávislými auditory s odstupem minimálně 1 roku od operace (ve 12.–14. pooperačním měsíci). Z objektivních kritérií jsme hodnotili rozsah hybnosti operovaného kolena, tj. deficit extenze a flexe kolena pomocí goniometru (deficit ROM) 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 event. reartroskopie. Pacienti byli dotazováni také na to, zda-li se navrátili zpět k předúrazové sportovní aktivitě. Na tuto otázku měli možnost odpovědět buď ANO, tzn. jsem schopen(-a) nebo NE, tzn. nejsem schopen(-a) provádět stejný sport jako před úrazem. Ze subjektivních kritérií jsme hodnotili stejně jako před operací IKDC a Lysholmovo skóre.

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 užít 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 deficitu ROM ve 12.–14. pooperačním měsíci jsme mezi oběma skupinami neprokázali statisticky významný rozdíl jak ve výskytu deficitu extenze, tak v omezení flexe operovaného kolena. tabulka č. 3 vyjadřuje procentuální četnost a hodnoty p-value, které se pohybovalo od 0,2277 do 0,9788 (tab. 3).

Výskyt selhání štěpu do konce jednoho roku jsme hodnotili buď jako kompletní, nebo jako parciální selhání štěpu. Procentuální četnost výskytu selhání štěpu a hodnoty p-value vyjadřuje tabulka 4. Ve sk. 1 jsme neprokázali ani v jednom případě (0,00 %) kompletní selhání štěpu na rozdíl od třech případů (6,25 %) ve sk. 2. Tento rozdíl sice nebyl statisticky významný, ale přibližoval se hranici významnosti ($p = 0,0755$) ve prospěch sk. 1. 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 ($p = 0,1573$).

Do 1 roku od operace se navrátilo ke stejnému typu předúrazové sportovní zátěže 83,67 % pacientů ve skupině č. 1 a 91,66 % ve skupině č. 2 (tab. 5). Rozdíl nebyl statisticky významný ($p = 0,2322$).

Měření míry stranové difference ventrální laxity kolena pomocí laximetru GNRB předoperačně neprokázalo statisticky významné rozdíly velikosti posunu mezi oběma skupinami, median byl při 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 ($p = 0,1818$). V jednom roce od operace jsme prokázali statisticky významně nižší rozdíl ventrálního posunu tibie mezi operovaným a zdravým kolenem ve sk. 1. A to jak při tlacích 124 N, median ve sk. 1 byl 1,3 mm a ve druhé skupině 2,1 mm ($p = 0,0007$), tak při 250 N, kdy byl median v první skupině 2,1 mm a ve druhé 3,1 mm ($p < 0,0001$) v porovnání se sk. 2 (tab. 6). U všech sledovaných pacientů při srovnání předoperačních a pooperačních parametrů měření, tj. změny v čase, došlo jak při 124 N i při 250 N ke statisticky významnému snížení hodnot posunu jak ve sk. 1 ($p < 0,001$), tak ve sk. 2 ($p < 0,001$). Rozdíl této změny v čase mezi sk. 1 (DB) a sk. 2 (SB) byl statisticky významně vyšší ve sk. č. 1 ($p = 0,0003$).

Předoperační výskyt hodnot PST (PST 0 vs. PST 1+ vs. PST 2+ vs. PST 3+) nebyl statisticky významně odlišný mezi sk. 1 a sk. 2 (Chi-kvadrát test = 0,2934). Žádný z operovaných neměl zcela negativní PST (tab. 7). Pooperačně jsme prokázali staticky významně nižší výskyt PST 1+, 2+, 3+ ve sk. 1 (DB) ve srovná-

ní se sk. 2 (SB) (Chi-kvadrát test = 0,0112), žádný ze skupiny DB neměl PST 3+ na rozdíl od 3 sledovaných ve sk. 1, u kterých bylo prokázáno kompletní selhání štěpu a byli indikováni k revizní rekonstrukci LCA (tab. 4). Ve skupině DB byla tedy statisticky významně nižší frekvence (Chi-kvadrát test = 0,0112) positivity PST (PST 1+, 2+, 3+) (tab. 7). Pacienti sk. 2 (SB) měli tedy 2,9krát (Odds Ratio = 2,8704) vyšší riziko výskytu pooperačně pozitivního PST (PST 0 versus PST 1+, 2+, 3+) a při srovnání PST 0 a 1+ versus 2+ a 3+ mezi oběma skupinami bylo riziko pooperačního výskytu PST 2+ a 3+ dokonce 5,4krát vyšší ve sk. 2 (SB) (Odds Ratio = 5,4231) (tab. 7).

Předoperační Lysholm skóre mělo median 63 bodů (b.) ve sk. 1. a 67 b. ve sk. 2, rozdíl mezi skupinami tedy nebyl předoperačně statisticky významný ($p = 0,2594$). Pooperační Lysholm skóre ve sk. 1 mělo median 91 b. (71–100 b.) a ve sk. 2 byla hodnota medianu 90 b. (69–100 b.). Rozdíl mezi skupinami nebyl staticky významný ($p = 0,4184$) (tab. 8). U obou skupin došlo ke statisticky významnému zvýšení Lysholmova skóre v čase, tj. v hodnotách před a po operaci ($p < 0,0001$ ve sk. 1 i ve sk. 2). Rozdíl této změny Lysholm skóre v čase však nebyl mezi oběma skupinami statisticky významný ($p = 0,1294$).

Předoperační IKDC skóre mělo median 64 b. (42–80 b.) ve sk. 1. a 66 b. ve sk. 2 (44–77 b.), rozdíl mezi skupinami nebyl předoperačně statisticky významný ($p = 0,6142$). Pooperační IKDC ve sk. 1 mělo median 88 b. (74–98 b.) a ve sk. 2 byl median na hodnotě 89 b. (64–98 b.). Neprokázali jsme tedy rozdíl v IKDC skóre mezi skupinami nebyl pooperačně staticky významný ($p = 0,3638$) (tab. 8). 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 ($p = 0,1294$).

DISKUSE

Nejdůležitějším zjištěním této studie byl fakt, že jsme prokázali statisticky významně nižší ventrální posun tibie a výskyt pozitivního pivot shift testu ve skupině s double-bundle technikou anatomické rekonstrukce LCA a tím pádem jsme potvrdili hypotézu č. 1. U ostatních objektivních kritérií (deficit rozsahu hybnosti, výskyt selhání štěpu, návrat k původní sportovní zátěži) a také u subjektivních kritérií (IKDC a Lysholm skóre) jsme neprokázali statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami a tudíž jsme vyvrátili hypotézy H2 a H3. 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 minimálně jednoho roku po operaci, podobně jako u jiných autorů (1, 9, 18, 30). Úvodem diskuse 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 (19, 22).

U pacientů s menšími rozměry TISL než 14 mm a ICNW než 12 mm, kteří nebyli do této studie zařazeni, je ACLR double-bundle technikou v podstatě kontraindikována z důvodů extrémní technické náročnosti výkonu a prokázanému minimálnímu benefitu v porovnání se single-bundle technikou (19, 22). U těchto pacientů je jednoznačně časově, technicky i finančně výhodnější provedení anatomické single-bundle rekonstrukce LCA, kdy při cílení obou kanálů do centra tibiálního i femorálního úponu nativního LCA a správné tonizaci štěpu dosahuje většina autorů velmi dobrých výsledků (18, 22, 30). Tím, že je femorální kanál cílen cestou AAM portu a v maximální flexi kolena, což umožní jeho lokalizaci do distální třetiny mediální stěny CLF a tím pádem anatomické horizontální uložení štěpu, je eliminována nejčastěji popisovaná nevýhoda single-bundle techniky, tj. přetrvávání rotační složky laxity kolena po ACLR SB (8, 23).

Při srovnání našich výsledků s výsledky jiných prospektivních randomizovaných studií srovnávajících obě techniky jsme si povšimli značné heterogenity publikovaných prací a snažili jsme se vybrat ke srovnání pouze ty, které byly co nejpodobnější studii naší. Většina autorů však zveřejňuje výsledky ve 2 letech a více od operace (1, 9, 10, 16, 17, 18, 26, 30), my předkládáme v této práci výsledky ve 12.- 14. měsíci od výkonu.

Při komparaci našich výsledků s podobně koncipovanými prospektivními randomizovanými studiemi jsme zjistili, že naprostá většina autorů, podobně jako my, neprokázala staticky významný rozdíl v hodnocených subjektivních kritériích (IKDC, Lysholm skóre) ve prospěch double-bundle techniky (1, 9, 10, 16, 17, 18, 20, 26, 30). 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 (20). Pouze Hussein v randomizované kontrolované studii prokázal statisticky významně lepší Lysholm skóre ($p = 0,025$), ale jen u srovnání anatomické double-bundle ACLR s transtibiální (neanatomickou) single-bundle ACLR (8).

Podobně jako jiní autoři jsme i my 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, pouze srovnání výskytu selhání štěpu se blížilo hranici statické významnosti ($p = 0,0755$) ve prospěch DB skupiny, kde jsme u žádného z hodnocených neprokázali kompletní selhání štěpu a pouze u dvou pacientů téže skupiny bylo diagnostikováno izolované selhání jedné porce v porovnání se třemi případy kompletního selhání štěpu u single-bundle techniky. 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 (9). Autoři prospektivních randomizova-

ných studií Zhang (2013), Suomalainen (2012), Aglietti (2010), Siebold (2008), Jarvela (2008) a kol. neprokázali statisticky významný rozdíl mezi SB a DB technikou v pooperačním deficitu ROM a ani recentní metaanalýzy tento fakt nepotvrzují (1, 11, 18, 20, 21, 24, 30). V našem souboru se u tohoto hodnoceného kritéria hodnoty p -value pohybovaly od 0,2277 do 0,9788 (tab. 3). Z naší klinické zkušenosti však můžeme potvrdit, že pacienti ve sk. DB mnohem snáze rozcvičují zejména plnou extenzi kolena v prvních pooperačních dnech než ve sk. SB. Tento fakt je nepochybně zapříčiněn fixací PL a AM porce v odlišných polohách flexi kolena, tj. PL v plné extenzi a AM v 50–60° flexi, 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 (5). 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 (5). 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, tzn. jsem schopen (-a) nebo NE, tzn. nejsem schopen (-a) provádět stejný sport jako před úrazem. Tímto hodnocením jsme neprokázali statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami ($p = 0,2322$). Z recentní metanalýzy je však patrné, že u pacientů s provedenou DB ACLR v porovnání se SB ACLR dochází ke statisticky vyššímu procentu návratu do předúrazové úrovně sportovní aktivity (21).

Hodnocení míry komparativního rozdílu ventrální laxity kolenního kloubu je možné řadou způsobů. V literatuře se nejčastěji objevují data získaná měřením pomocí různých typů laximetrů, nejčastěji se však jedná o laximetry KT-1000 nebo KT-2000 (6, 8, 9, 12). My jsme k měření používali přístroj Genourob, jehož prokázané výhody oproti ostatním způsobům měření jsou publikovány v recentní literatuře (4, 12, 29). U obou skupin našich pacientů došlo 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, přičemž rozdíl této změny v čase mezi oběma skupinami byl statisticky významně vyšší ve sk. č. 1 ($p = 0,0003$). 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. 1 v porovnání se sk. 2 (tab. 6). Stejně koncipovanou studii, tj. srovnávající výsledky single- a double-bundle techniky ACLR, kde by k měření laxity kolena byl 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 propektivních randomizovaných studiích srovnávajících obě tyto operační metody (1, 8, 10, 18). Recentní metanalýzy též

prokazují benefit double-bundle techniky oproti single-bundle ve snížení míry ventrální laxity měřené přístoji KT-1000 (11, 21, 24). Pouze menší část jiných autorů publikuje nesignifikanční rozdíly ventrální laxity kolena měřených v malých stupních flexe (15–30°) mezi skupinami single a double-bundle (20, 30).

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, jak to doporučují renomovaní autoři (2, 13, 15). Bylo prokázáno, že každý z těchto specialistů však provádí samotný PST mírně odlišnou technikou (13, 15), což může významně ovlivňovat objektivitu samotného vyšetření. Problematice samotné techniky provedení PST a jeho různým technickým modifikacím, zvyšujícím jeho objektivitu a reprodukovatelnost, je věnováno v recentní literatuře několik prací (2, 15). Systematické shrnutí různých metod kvantifikování pivot shift testu při klinickém vyšetření poraněného a rekonstruovaného LCA velmi přehledně prezentuje v recentní literatuře Lopomo a kol. (13). 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 (6, 13, 15). 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 (12, 13, 21, 24, 30). V naprosté většině publikovaných recentních prospektivních randomizovaných studií, srovnávajících míru rotační složky laxity operovaného kolena pomocí různých metodik vyšetření PST u single 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 (1, 2, 8, 9, 10, 16, 18, 30). Pouze Suomalainen a kol. ve 2 a 5 letech od operace neprokázali statisticky signifikantní rozdíl výskytu pozitivního PST mezi oběma technikami (20). Naše studie prokázala statisticky významně nižší výskyt pozitivního PST ve skupině s double-bundle technikou s odstupem minimálně 1 roku od operace. Naprostá 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 (11, 21, 23, 24). Lze tedy konstatovat, že právě přetrvávající rotační složka laxity po různých typech rekonstrukce LCA, která je nejvíce zodpovědná za rozvoj poúrazové gonartózy 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 kol. (22). Díky tomu lze tedy očekávat, že právě tento fakt by měl vést ke snížení výskytu rozvoje poúrazové gonartrózy u pacientů s DB technikou (22, 23). To lze však hodnotit a prokázat pou-

ze v dlouhodobých studiích. Naše studie bude pokračovat i v budoucnu, kdy máme v plánu stejná kritéria zhodnotit s odstupem 2, 5 a 10 let.

Je třeba brát ale v potaz i v poslední době stále důležitější, ekonomickou stránku ACLR, kdy double-bundle technika je finančně náročnější nejen z důvodu technické vybavenosti pracoviště a nutnosti použití většího množství implantátů, ale i z důvodu o několik minut delšího operačního času a pozvolnější učební křivce (23). Je nutné zdůraznit, že tento výkon pro svojí technickou náročnost by měl vždy patřit pouze do rukou zkušeného artroskopisty, věnujícího se této problematice, jak zmiňuje Carola Van Eck (22).

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 štepů, 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 krátkodobé výsledky. Studie bude dále pokračovat, protože pouze dlouhodobé výsledky mohou prokázat benefit jedné z těchto technik.

Literatura

1. 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.*, 38 : 25–34, 2010.
2. AHLÉN, M., HOSHINO, Y., SAMUELSSON, K., ARAUJO, P., MUSAHL, V., KARLSSON, J.: Dynamic knee laxity measurement devices. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 20: 621–632, 2012.
3. BIAU, D. J., TOURNOUX, C., et al.: ACL reconstruction: A meta-analysis of functional scores. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 458: 180–187, 2007.
4. 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.*, 20: 2233–2238, 2012.
5. FELLER, J., WEBSTER, K. E.: Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction. *Int. Orthop.*, 37: 285–290, 2013.
6. HART, R., KUČERA, B., SAFI, A.: Hamstringy versus quadriceps u dvousvazkových rekonstrukcí předního zkříženého vazů. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 77: 296–303, 2010.
7. 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.
8. 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: 1781–1788, 2012.
9. 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.*, 36: 290–297, 2008.

10. 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.*, 20: 752–761, 2011.
11. 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. *Int. Orthop.*, 37: 213–216, 2013.
12. 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: 844–850, 2012.
13. LOPOMO, N., ZAFFAGNINI, S., AMIS, A. A.: Quantifying the pivot shift test: systematic review. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 21: 767–783, 2013.
14. LYSCHOLM, 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.
15. 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: 724–731, 2012.
16. 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*, 28: 929–935, 2012.
17. OCHIAI, S., HAGINO, T., SENG, 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.*, 132: 393–398, 2012.
18. SIEBOLD, R., DEHLER, C., ELLERT, T.: Prospective randomized comparison of double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 24: 137–145, 2008.
19. SIEBOLD, R., ZANTOP, T.: Anatomic double-bundle ACL reconstruction: a call for indications. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 17: 211–212, 2009.
20. 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.*, 40: 1511–1518, 2012.
21. TIAMKLANG, T., SUMANONT, S., FOOCHAROEN, T., LAO-PAIBOON, M.: Double-bundle versus single-bundle reconstruction for anterior cruciate ligament rupture in adults. *Cochrane Database Syst. Rev.*, 2012.
22. VAN ECK, C. F., FU, F. H.: We have to eliminate nonanatomic anterior cruciate ligament tunnel placement as a cause of osteoarthritis. *Arthroscopy*, 27: 601–602, 2011.
23. 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: 405–424, 2012.
24. 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*, 29: 357–365, 2013.
25. YUNES, M., RICHMOND, J. C., ENGELS, E. A., PINCZEWSKI, L. A.: Patellar versus hamstring tendons in anterior cruciate ligament reconstruction: A meta-analysis. *Arthroscopy*, 17: 248–257, 2001.
26. 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.*, 19: 390–397, 2011.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. 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.*, Apr 18, 2013. [E-pub ahead of print]

Korespondující autor:

MUDr. Petr Zeman, MBA
Klinika ortopedie a traumatologie
pohybového ústrojí
Alej Svobody 80
FN Lochotín
304 60 Plzeň
E-mail: zempet@centrum.cz