

Nejčastější příčiny selhání autologních náhrad předního zkříženého vazů kolenního kloubu

Most Frequent Causes of Autologous Graft Failure in Anterior Cruciate Ligament Replacement

P. VALIŠ, J. SKLENSKÝ, M. REPKO, M. ROUCHAL, J. NOVÁK, T. OTAŠEVIČ

Ortopedická klinika Fakultní nemocnice Brno

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The aim of this retrospective study was to present a comprehensive overview of the causes of bone-tendon-bone (BTB) autograft failure after primary anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction.

MATERIAL AND METHODS

Between 2003 and 2013, we performed revision ACL replacement in 47 patients who had undergone primary BTB autograft ACL reconstruction in other hospitals. The group consisted of 16 women (aged 25 to 48 years) and 31 men (25 to 46 years). Surgery was performed on the right knee in 26 and on the left knee in 21 patients. In each of the 47 patients, two different assessments were made:

1. Analysis of causes of failure based on surgical protocols and/or intra-operative video records taken during most of the procedures.
2. Evaluation of bone tunnel location on lateral knee radiographs, using the method described by Harner for femoral tunnels and that reported by Stäubli and Rauschnig for tibial tunnels.

RESULTS

The most frequent cause of knee instability, occurring in 51.1% of the patients, was new trauma to the knee. Non-traumatic instability in the remaining 48.9% was due to insufficiency of the graft, and resulted from an incorrect surgical technique (42.5%) or biological causes (6.4%).

The most common surgical mistake found was incorrect bone tunnel placement in the tibia or femur, with a malpositioned femoral tunnel being most frequent. This was diagnosed in 32 patients (68.1% of all patients) and, in 17, was the main or major cause of BTB graft failure.

DISCUSSION

Based on relevant literature data and our experience, principles for prevention of graft failure after ACL reconstruction can be summarised as follows:

1. harvest of a sufficiently strong BTB autograft
2. accurate anatomical bone tunnel placement
3. appropriate tension of the BTB autograft
4. preventing graft impingement
5. secure graft fixation
6. early functional rehabilitation with an accent on delaying full weight-bearing on the knee (6 to 9 months post-operatively)

CONCLUSIONS

New trauma to the knee is the most frequent cause of BTB autograft failure after ACL reconstruction. This can be avoided by participating in a professionally guided rehabilitation programme and not returning to sports activities earlier than 9 months after ACL reconstruction.

The most common technical error in ACL reconstruction is non-anatomical tunnel placement in the tibia and femur. Femoral tunnel malposition is most frequent while incorrect tibial tunnel placement, which does not influence graft failure so much, is less common.

Key words: anterior cruciate ligament, bone-tendon-bone graft, cause of failure, primary reconstruction, graft insufficiency, bone tunnel malposition.

ÚVOD

Artroskopicky prováděná rekonstrukce *ligamentum cruciatum anterius* kolenního kloubu (dále jen LCA) patří dnes ve světě k rutinně prováděným výkonům řešícím kauzálně nestabilitu kolenního kloubu. Na naší klinice provádíme standardně tyto výkony od roku 1998. Za poslední desetiletí (mezi lety 2003 a 2013) bylo provedeno celkem 645 rekonstrukcí LCA.

Do tohoto počtu jsou zahrnuty jak rekonstrukce primární, tak sekundární (dále jen replastiky), kdy řešíme selhání primárního autologního štěpu. Tento nález se z celkového počtu týkal 47 pacientů. U převážné většiny těchto pacientů byla primární rekonstrukce LCA prováděna mimo naše pracoviště.

Cílem této práce je retrospektivní zhodnocení příčin selhání autologních štěpů u výše uvedených pacientů, kterým jsme následně provedli replastiku LCA za pomoci kadaverózního alogenního BTB štěpu. Úspěšnost a výsledky těchto replastik jsou předmětem dalšího sdělení.

Snahou autorů bylo rozdělit příčiny selhání primoimplantovaných autologních štěpů, kategorizovat je a na ukázkách obrazových dokumentací vybraných pacientů demonstrovat jednotlivé skupiny příčin, které jsme doplnili ukázkami peroperační fotodokumentace.

Tato naše zjištění vycházející čistě z operační praxe byla pak porovnána s dostupnou světovou literaturou.

MATERIÁL A METODIKA

Soubor pacientů

V našem souboru prováděných replastik LCA ve výše zmíněném desetiletém období jsme ošetřili 47 pacientů. V tomto souboru bylo 16 žen (34 %) a 31 mužů (66 %). Věkové rozmezí mezi ženami bylo 25 až 48 let s mediánem 32,5 let a u mužů 25 až 46 let s mediánem 35 let. Ve 26 případech (55,3 %) bylo operováno pravé koleno, v 21 případech (44,7 %) koleno levé.

Metoda a hodnocení

U pacientů s opakovanou nestabilitou kolene, u nichž již jednou bylo LCA rekonstruováno, provádíme kompletní klinické vyšetření ke zjištění míry nestability (Lachmanův test, Pivot shift test) a provedeme běžný rtg snímek ve dvou kolmých projekcích. Při evidentní nestabilitě z traumatické příčiny bez přidružených poranění, která pacienta subjektivně limituje, indikujeme diagnostickou artroskopii.

Při podezření na přidružená poranění, nebo jde-li o pacienta s již opakovaně prováděnou rekonstrukcí LCA, indikujeme vyšetření MR, které vypoví více, jak o stavu měkkotkáňové složky kloubu, tak hlavně o struktuře a průběhu štěpu v kostěných kanálech, o pevnosti jeho uchycení a o míře a kvalitě inkorporace štěpu. Při jasném klinickém selhání náhrady LCA, či po verifikaci selhání pomocí MR, plánujeme pacienta přímo k rekonstrukci LCA alogenním BTB štěpem. Tato může být provedena i přímo v návaznosti na diagnostickou artroskopii, pokud nejsou přítomny jiné komplikace a pa-

cient je s touto alternativou obeznámen. V tomto sdělení jsme se zaměřili na rozbor příčin selhání štěpů doplněný dokumentací zobrazovacích metod a nálezy diagnostických artroskopií.

U každého ze 47 pacientů v souboru již jednou rekonstruovaných LCA jsme provedli odděleně dvě hodnocení:

1. stanovení a kategorizaci příčin selhání LCA za pomoci operačního protokolu či z peroperačního videozáznamu pořízeného u většiny operací (tab. 1 a tab. 2).
2. hodnocení umístění kostních kanálů ve femuru na bočních rtg snímcích kolene dle metodiky popsané Harnerem (9) a v tibií dle metodiky, kterou popsali Stäubli a Rauschning (26). Při hodnocení umístění femorálních kanálů jsme považovali za správně umístěný ten kanál, který se na bočním rtg snímku kolene nacházel nad 80 % předozadního rozměru projekce stropu interkondylické fossy (tj. 80 % délky Blumensaatovy linie). Veškeré kanály umístěné ventrálněji jsme považovali za chybně umístěné, přičemž ventralizace byla hodnocena jako mírná (při umístění kanálu mezi 70 a 80 % délky Blumensaatovy linie), jako výrazná (při umístění kanálu mezi 60 a 70 % délky Blumensaatovy linie) a velmi výrazná (při umístění kanálu v předních 60 % délky Blumensaatovy linie), (6).

Při hodnocení umístění tibiálních kanálů jsme pak považovali za správně umístěný kanál ten, který se na bočním rtg snímku kolene nacházel v intervalu mezi 39 % a 47 % délky tibiálního plateau. Tento interval je odvozen od faktu, že fyziologické umístění intaktního úponu LCA na rovině tibiálního plateau je ve $44,1 \pm 3,4$ % jeho předozadního rozměru (24). Všechny kanály umístěné ve ventrálních 39 % předozadního rozměru plateau jsme považovali za ventralizované a všechny kanály umístěné v dorzálních 53 % předozadního rozměru plateau jsme považovali za příliš dorzálně umístěné (tab. 3).

Vycházeli jsme jednak z údajů tuzemské literatury, kde Musil a kol. (18) rozdělili příčiny do čtyř kategorií: 1. úrazové, 2. operační, 3. biologické, 4. kombinace předešlých, a jednak z údajů světové literatury, kde van Eck (7) uvádí, že k netraumatickému selhání autologního štěpu došlo následkem jedné či více uvedených příčin: 1. neanatomické umístění štěpu, 2. impingement štěpu, 3. nedostatečná inkorporace štěpu, 4. selhání fixačního materiálu. Výše uvedené kategorie jsme se snažili dále rozvést a zařadit pacienty do vytvořených podskupin dle druhu příčiny selhání a provést statistické zhodnocení výskytu těchto příčin v našem souboru pacientů.

I. Úrazové příčiny

Nové trauma

Vzhledem k tomu, že rekonstrukce LCA jsou obecně prováděny u mladších a aktivních pacientů či přímo u výkonnostních a profesionálních sportovců, je v drtivě většině příčinou selhání rekonstruovaného LCA dlouhodobé opakované přetěžování či jednorázová nadměrná zátěž při pivotovaném pohybu (5).

Tab. 1. Peroperační nálezy příčin nestability a jejich výskyt

Příčina nestability – peroperační nález		N=47; (výskyt v %)
Trauma (parciální/totální ruptura)		24; (51,1)
Insuficience štěpu (z operačních příčin)	ventralizace femorálního kanálu	8; (17,1)
	ventralizace obou kanálů	5; (10,7)
	ventralizace tibiálního kanálu	1; (2,1)
	ventralizace obou kanálů + vertikální umístění femorálního kanálu	3; (6,4)
	ventralizace femorálního kanálu + dorzální umístění tibiálního kanálu	1; (2,1)
	volný šroub + ventralizace femorálního kanálu	2; (4,3)
Insuficience štěpu (z biologických příčin)	volný šroub + poróza skeletu	1; (2,1)
	synoviální reakce	1; (2,1)
	nepřestavba - porucha „ligamentizace“.	1; (2,1)

Tab. 2. Příčin selhání štěpu LCA izolovaně v kategoriích s procentuálním výskytem v jednotlivých podskupinách (příčiny se mohou kombinovat)

Příčina	Jednotlivé podskupiny		Výskyt absolutně; (v %)
1. Nové trauma (parciální či totální ruptura)			24; (51,1)
2. Malpozice štěpu	cílením tibiálního kanálu	příliš ventrálně.	17; (36,2)
		příliš dorzálně.	3; (6,4)
	cílením femorálního kanálu	příliš ventrálně.	32; (68,1)
		příliš dorzálně.	0
		příliš vertikálně.	4; (8,5)
3. Impingement štěpu	v důsledku nesprávného průběhu štěpu.		7; (14,9)
	v úzké interkondylické fosse.		3; (6,4)
4. Tonizace štěpu	nedostatečná (primární i sekundární)		23; (48,9)
	nadměrná		0
5. Fixace štěpu	chybně provedená		3; (6,4)
6. Nedostatečná inkorporace štěpu (a jeho následné uvolnění)	synoviální reakce		1; (2,1)
	špatná kvalita kosti		1; (2,1)
	nepřestavba - poruchou „ligamentizace“.		1; (2,1)
	Infekce		0

Tab. 3. Hodnocení umístění femorálního kanálu (dle Harnera) a tibiálního kanálu (dle Stäubliho) na bočním rtg snímku kolene

Pozice femorálního kanálu na Blumensaatově linii	N=47; (výskyt v %)	Pozice tibiálního kanálu na linii tibiálního plateau	N=47; (výskyt v %)
nad 80% (fyziologické umístění)	4 (8,5%)	nad 47 %	3 (6,3%)
70–80% (mírná ventralizace)	25 (53,2%)	39–47 %	26 (55,3%)
60–70% (výrazná ventralizace)	13 (27,7%)	pod 39 %	18 (36,2%)
pod 60% (kanál zcela ventrálně)	5 (10,6%)		

Mezi traumatické příčiny lze zařadit i předčasnou pooperační zátěž, které je třeba se vyvarovat.

II. Operační příčiny

Malpozice štěpu

Cílení kostěných kanálů je nejdůležitějším bodem operace. Tibiální kanál by měl být umístěn 7 mm před úponem LCP a 4 mm před interkondylickou eminencí v oblasti *area intercondylaris anterior* se sklonem kanálu v tibii do 60° (16). Ventralizace tibiálního kanálu vede ve většině případů k následnému omezení extenze kolene (8).

Femorální kanál by měl být cílen v hloubce stropu *fossa intercondylaris* na čísle 11 v artroskopickém pohledu u pravého kolenního kloubu a na čísle 2 u levého kolenního kloubu. Kanál by měl být umístěn těsně před zadní hranou *linea intercondylaris*. Toto umístění může být ověřeno peroperačně pomocí rentgenového zesilovače, kdy femorální kanál by měl být umístěn ve třetí třetině Blumensaatovy linie (linie na bočním rtg

snímku, jež je projekcí stropu *fossa intercondylaris*), (2, 25). Ventralizace femorálního kanálu vede k relaxaci štěpu v extenzi kolene a naopak k omezení flexe kolene (8).

Impingement štěpu

Vzniká nejčastěji neanatomickým průběhem šlachového štěpu v důsledku nevhodného umístění kostních kanálů. Podobně vznikne též v nedostatečně prostorné interkondylické fosse, kde nebyla provedena notch plastika (tzv. „kyklop fenomén“).

Tonizace štěpu

By měla být prováděna v 30° flexi za současného dorzálního tlaku na tibii a vnitřní rotaci bérce. Při tonizaci v nadměrné extenzi dochází k následné laxitě štěpu, který pak neplní svou stabilizační funkci. Naopak tonizace v nadměrné flexi vede k deficitu extenze.

Fixace štěpu

V dnešní době převládá trend přechodu od fixace nevstřebatelnými šrouby k použití vstřebatelných interferenčních šroubů.

III. Biologické příčiny

Nedostatečná inkorporace štetpu

Synoviální reakce kloubní výstelky na přítomnost autologního štetpu je ve většině případů zanedbatelná. Interindividuální rozdíly zde však nejsou výjimkou v případech, kdy zvýšená synoviální reakce je dána geneticky větší aktivitou synoviální výstelky u daného jedince.

Kvalita kosti je z hlediska inkorporace konců štetpu rozhodujícím faktorem pro brzké vhojení a dobrou dlouhodobou funkci šlachového štetpu. Osteopenie, zejména v tibií, může být příčinou časné insuficience štetpu. Velmi diskutovanou otázkou zůstává individualita v tzv. „ligamentizaci“ neboli přestavbě šlachového štetpu v místě implantace (viz Diskuse).

V neposlední řadě rozhoduje o celkovém funkčním výsledku účelná a správně prováděná rehabilitace za pravidelných kontrol jejího průběhu operátorem. Rehabilitaci standardně začínáme pooperačním naložením úhlově nastavitelné ortézy, kterou ponecháváme fixní ve 30° flexi v plném režimu po 2 týdny. Na další 2 týdny nastavujeme limitovaný pohyb v ortéze v rozsahu 0 - 60° a na další 2 týdny poté již v rozsahu 0–90°. Po 6 týdnech snímáme ortézu a začínáme s aktivní rehabilitací a plným došlapem. Rehabilitace se zaměřuje především na posílení flexorové i extenzorové svalové skupiny kolene za účelem dosažení adekvátního svalového korzetu kolenního kloubu, přičemž za jeden z nejdůležitějších cílů rehabilitace je považována tonizace a zpevnění m. vastus medialis, který je stabilizátorem kolenního kloubu a antagonistou LCA (27).

VÝSLEDKY

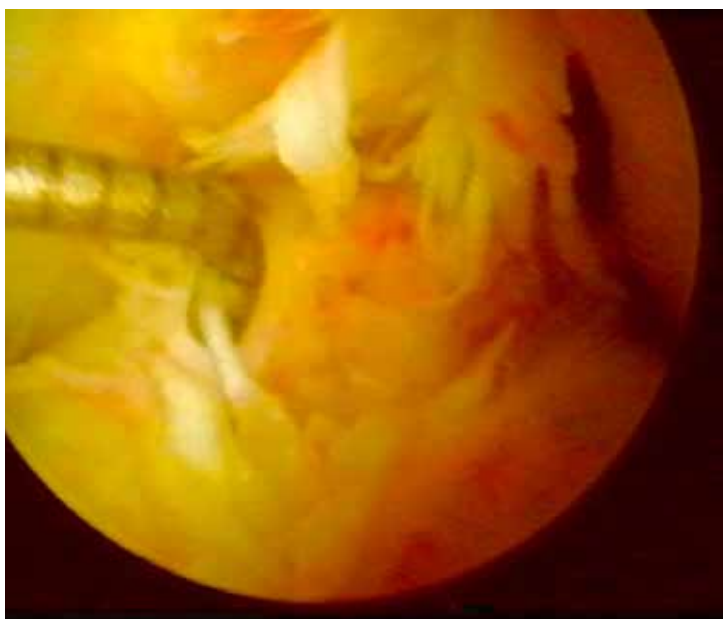
A) Přehled příčin selhání LCA a jejich kategorizace

Při hodnocení peroperačních nálezů byly v našem souboru zastoupeny všechny kategorie příčin (viz výše), přičemž úrazová (zcela chybějící štep LCA, totální či

parciální ruptura štetpu) se vyskytovala v nadpoloviční většině případů (51,1 %). Nález intaktního, avšak z operačních příčin zcela insuficientního, štetpu LCA se vyskytl celkově 42,5 % všech pacientů, kdy dominovalo zejména chybné cílení kostěných kanálů. Biologické příčiny selhání či nedostatečného připojení štetpu se vyskytly u 6,4 % ze všech pacientů. Koincidence více kategorií a podskupin (tab. 2) s vyčíslením míry vlivu jednotlivých složek nelze exaktně posoudit. Proto jsme se pokusili příčiny izolovat do podskupin a vyvodit procentuální zastoupení podskupin plynoucí z patologických příčiných řetězců.

Nejrozšířenější obecnou příčinou selhání štetpu LCA bylo nové trauma, kdy parciální či totální ruptura se vyskytla ve 24 případech 51,1% případů (obr. 1 a 2).

V kategorii operačních příčin je největší různorodost dílčích skupin a podskupin. Nejrozšířenější chybou v provedení správné rekonstrukce LCA byla chybná tonizace štetpu, která se vyskytla ve 23 případech (u 48,9% všech pacientů). Jsou zde zahrnuty případy jak chybné tonizace primární, která je dána chybně provedenou fixací štetpu, tak chybná tonizace sekundární. Tato vzniká postupně u původně správně fixovaného štetpu jeho selháváním v důsledku jiných příčin (podskupin 2, 3 a 6 v tabulce 2). Nejrozšířenější příčinou insuficience štetpu je chybné cílení kostěných kanálů (podskupina 2), konkrétně ventralizace femorálního kanálu různého stupně (obr. 3 a 4), která se vyskytla ve 32 případech (u 68,1 % všech pacientů). Tento nález se vyskytoval i u 31,9 % případů ruptur LCA, kde však nebyl hlavní příčinou selhání štetpu, ale vyskytoval se jen v koincidenci s traumatickou příčinou. Celkově byla tedy ventralizace femorálního kanálu hlavní nebo jednou z příčin selhání štetpu v 17 případech (u 36,2 % všech pacientů). Izolovaně se tato malpozice vyskytla v 18 případech (u 38,3 % všech pacientů), přičemž v 8 případech (u 17,1 % všech pacientů) byla hlavní příčinou insuficience náhrady LCA.



Obr. 1 a 2. Čerstvá totální ruptura LCA a její korelát při vyšetření pomocí MR.



Obr. 3. Původní ventralizovaný femorální kanál (zející ventrálně) a nový se štěpem.



Obr. 4. Rtg snímek s ventralizací femorálního kanálu.



Obr. 5 Původní, příliš vertikálně umístěný, femorální kanál (háčkem je odkryto jeho ústí) a nově zacílený kanál (se zavedenou sondou).



Obr. 6. Rtg snímek podobné situace u jiného pacienta.

Společně s ventralizací femorálního kanálu se vyskytovaly i další paralelní chyby podskupiny č. 2, a to zejména ventralizace tibiálního kanálu v 15 případech (u 31,9 % všech pacientů), přičemž u 5 případů (10,7 % všech pacientů) byl tento nález hlavní příčinou insuficience náhrady LCA. Mezi méně časté příčiny rázu technické chyby patří příliš vertikální umístění femorálního kanálu (obrázky 5 a 6) - ve 4 případech (u 8,5 % všech pacientů), přičemž ve 3 z těchto 4

případů (6,4 %) byl tento nález hlavní příčinou insuficience náhrady LCA.

Ve všech případech vertikální orientace náhrady LCA byl přítomen impingement syndrom, přičemž u jednoho pacienta došlo v jeho důsledku až k parciální ruptuře náhrady LCA. V dalších 3 případech (u 6,4 % všech pacientů) se impingement syndrom vyvinul v důsledku primárně neprovedené notch plastiky v příliš úzké interkondylické fosse.

Celkově jsme tak impingement syndrom zaznamenali v 7 případech (u 14,9 % všech pacientů). Zcela minoritní skupinu tvořil výskyt dorzální malpozice tibiálního kanálu, která se vyskytla v jednom případě zároveň s ventralizací femorálního kanálu a ve dvou případech u ruptury náhrady LCA (celkem tedy u 6,4 % všech pacientů).

Samotná výrazná ventralizace tibiálního kanálu se vyskytla pouze v jediném případě (2,1 % všech pacientů), kdy byla i jedinou možnou příčinou selhání štepů.

Jak bylo výše uvedeno ventralizace femorálního kanálu zodpovídá nebo spoluzodpovídá za vznik insuficience náhrady v 17 případech (u 36,2 % všech pacientů), což činilo 73,9 % všech insuficiencí z operačních příčin. V jediném případě byla insuficience štepů způsobena izolovanou ventralizací tibiálního kanálu (2,1 % všech pacientů). Ve zbylých 2 případech (4,3 % všech pacientů), byla pak hlavní příčinou insuficience štepů jeho nedostatečná fixace (obr. 7) v kanálech (nedotažení fixačního materiálu). Ventralizace femorálního kanálu byla u těchto 2 případů pouze v koincidenci.

Konečně poslední a nejužší kategorie biologických příčin vzniku nestability kolenního kloubu čítala 3 případy (6,4 % všech pacientů). V prvním případě (2,1 % všech pacientů) vznikla insuficience náhrady LCA v důsledku výrazné porozity kostní tkáně, kvůli které došlo k uvolnění fixace štepů. V dalším případě došlo k tak masivní synoviální reakci, že celá interkondylická fossa byla vyplněna vazivem a náhrada LCA byla zcela nefunkční. U posledního případu pak došlo k nedostatečné

přestavbě šlachového štepů, tedy k poruše v procesu „ligamentizace“.

V absolutním součtu je z příčinného hlediska nejčastější příčinou vzniku nestability kolene nové trauma v 51,1 %. Ve zbylých 48,9 % pak nestabilita vznikla na podkladě insuficience štepů, kdy 42,5 % selhání štepů vzniklo na základě chyb v operačním postupu a zbylých 6,4 % selhání štepů vzniklo na základě biologických příčin.

B) Přehled umístění femorálních a tibiálních kanálů

Druhým výstupem zkoumání našeho souboru pacientů bylo zhodnocení správnosti, popř. nesprávnosti, umístění kostěných kanálů a rozřazení pacientů do jednotlivých skupin (viz výše a tabulka 3) dle jejich rentgenologického nálezu. Způsob, jakým bylo prováděno měření v programu AGFA Impax Client ver. 6.4, je uveden na obr. 8 a 9.

Pouze u 4 pacientů jsme shledali femorální kanál v ideálním postavení. U 25 pacientů (53,2 %) byla naměřena mírná ventralizace femorálního kanálu (do 10 % délky Blumensaatovy linie), u 13 pacientů (27,7 %) byla ventralizace výrazná (o 10–20 % délky Blumensaatovy linie) a u 5 pacientů (10,6 %) byla ventralizace velmi výrazná a kanál umístěn zcela ventrálně (o více než 20 % délky Blumensaatovy linie). Při porovnání výskytu ventralizace femorálního kanálu dle tabulky 2 a 3 je patrné, že v tabulce 3 (vychází z hodnot proměrování umístění kanálů) je prezentován vyšší výskyt ventralizace než v tabulce 2 (vychází z peroperačního hodnocení umístění kanálu). Tuto diskrepanci si vysvětlujeme tím, že ve skupině mírné ventralizace (tab. 3), která je nejpočetnější, se vyskytují i pacienti peroperačně hodnocení jako případy s vyhovujícím umístěním. Jinými slovy jsou kritéria pro měření správnosti umístění na bočním rtg snímku přísnější než klinická kritéria hodnotícího operátora.

Pozice tibiálního kanálu byla u 26 pacientů (55,3 %) v rozmezí ideálního umístění (43 ± 4 % předozadního rozměru tibiálního plateau). U 3 pacientů (6,3 %) byl tibiální kanál umístěn příliš dorzálně (obr. 10), tedy nad 47 % předozadního rozměru tibiálního plateau. U 18 pacientů (36,2 %) byl pak tibiální kanál umístěn příliš ventrálně, tedy pod 39 % předozadního rozměru tibiálního plateau. Z porovnání výskytu jednotlivých umístění tibiálního kanálu dle tabulky 2 a 3 je patrné, že zde panuje téměř úplná shoda. Liší se pouze výskyt ventralizace kanálu, a to o 1 pacienta, což má stejnou příčinu, jaká je vysvětlena u femorální ventralizace. Obecně lze však říci, že ventralizace femorálního kanálu má daleko vyšší míru variability než ventralizace kanálu tibiálního.

DISKUSE

Nově vzniklá nestabilita kolene ve sledované skupině pacientů vznikla nejčastěji v důsledku traumatického poškození štepů. Tato příčina byla prokázána u 51,1 % ze všech 47 pacientů. Následovala skupina operačních



Obr. 7. Rtg snímek uvolněného šroubu.



Obr. 8. Měření umístění kostních kanálů s jejich vyhovujícími pozicemi (femorální kanál ventralizován pouze mírně).



Obr. 9. Měření umístění kostních kanálů s ventralizací jak femorálního, tak tibiálního.

chyb, v jejichž důsledku selhala náhrada LCA, což bylo přítomno u 42,5 % pacientů. U zbylých 6,4 % pacientů pak selhání štepů vzniklo na podkladě biologických příčin. Zastoupení jednotlivých příčinných skupin koreluje s údaji ve světové literatuře, kde Chen a kol. uvádějí izolované trauma jako nejčastější příčinu (35 % pacientů) selhání náhrady LCA u primárních revizí. Následují chyby operačního postupu (u 21 % pacientů) a biologické příčiny (u 8 % pacientů), (12).

Nejsilnější faktor určující zdárné fungování štepů, který můžeme peroperačně ovlivnit, je umístění kostních kanálů. Nesprávná pozice kanálů vede ke snížení rozsahu pohybu, impingementu štepů vůči LCP či stropu interkondylické fossy (25). Totéž se potvrdilo i v našem souboru, kde nejčastější netraumatickou příčinou se-

lhání náhrady LCA po primoimplantaci bylo nevhodné umístění kostních kanálů, zejména ventrální malpozice femorálního kanálu. V našem souboru byla ventralizace femorálního kanálu hlavní nebo jednou z příčin selhání štepů u 36,2 % všech pacientů. Dorzální umístění femorálního kanálu se v našem souboru nevyskytovalo vůbec a vertikální umístění jsme zaznamenali ve 4 případech, přičemž ve 3 případech (6,4 % všech pacientů) byl tento náález v koincidenci s centralizací téhož kanálu hlavní příčinou vzniku impingement syndromu a insuficience náhrady LCA. Shodně je popisováno vertikální umístění femorálního kanálu i jinými autory (3, 28), podle nichž vede umístění kanálu ve stropu interkondylické fossy k impingementu náhrady LCA s laterální částí LCP, což vede k deficitu flexe v kolenní.

Co se týče tibiálního kanálu, jeho pozice byla u 29 pacientů (61,7 %) v rozmezí ideálního umístění (43 ± 4 % předozadního rozměru tibiálního plateau). U 3 pacientů (6,3 %) byl tibiální kanál umístěn příliš dorzálně, tedy nad 47 % předozadního rozměru tibiálního plateau. U 18 pacientů (36,2 %) byl pak tibiální kanál umístěn příliš ventrálně, tedy pod 39 % předozadního rozměru tibiálního plateau. Ventralizace tibiálního kanálu se může podílet na vzniku impingementu



Obr. 10. Výšetření MR s výraznou dorzální malpozicí tibiálního kanálu.

oproti stropu fossy či LCP, což obojí vede k omezení extenze v kloubu (11). Jako příčinu omezení extenze u 26 % pacientů uvádějí Aglietti et al. (1) právě ventrální umístění tibiálního kanálu. Výskyt v jejich souboru je téměř shodný s naším. Dorzální umístění tibiálního kanálu je spojeno s omezení flexe a vyšší incidencí ruptur štetu LCA (20).

Jako prevence vzniku těchto nejrozšířenějších chyb by mělo být v budoucnu počítačem navigované cílení kostních kanálů (14, 21), které dnes již užívají i některá tuzemská pracoviště (10). Na naši klinice s ním bohužel zatím zkušenosti nemáme.

Dalším významným faktorem správného fungování štetu je jeho vazivová přestavba, neboli ligamentizace. Jde o proces, který má dle literatury (4) tři stadia. Stadium časné (nekrotické), na něž navazuje stadium proliferace, a konečné stadium maturace štetu. V řazení jednotlivých stadií panuje literární shoda. V čem se však literární prameny výrazně rozcházejí, je délka trvání jednotlivých fází, a tudíž doba definitivní „zralosti“ štetu.

Časné stadium (do 4–12 týdnů pooperačně)

Je charakterizováno zvyšováním počtu nekrotických vazivových buněk štetu a jejich nahrazování nově tvořenými. Bylo prokázáno, že mezi 6. a 8. týdnem pooperačně je štep LCA nejslabší, a tudíž nejnáchylnější k ruptuře. Toto je podloženo i faktem, že ve zmíněném období se výrazně zvyšuje incidence selhání rekonstruovaných LCA (17). Typickým histologickým obrazem tohoto stadia je plošná hypocelularita a nepřítomnost revaskularizace.

Stadium remodelace (12 týdnů–12 měsíců pooperačně)

Je charakterizováno postupným zesilováním struktury štetu za současného osídlování buňkami shodnými s nativním LCA. V histologickém obraze se rozvíjí revaskularizace štetu, jejímž zdrojem je Hoffovo tukové těleso a synoviální membrána přítomná v interkondylické fosse.

Stadium maturace (12–36 měsíců pooperačně)

Je charakterizováno pokračováním procesu remodelace štetu až do stadia vzhledu a struktury téměř totožné s nativním LCA. V histologickém obraze je typická bohatá vaskularizace, která dosahuje normálního stupně, jako u nativního LCA, kolem 12. měsíce pooperačně. Po 24 měsících je náhrada LCA, za předpokladu, že proces přestavby běžel správně, „velmi podobná“ intaktnímu LCA. V ultrastruktuře viditelné elektronovým mikroskopem však zůstávají rozdíly v rozměrech kolagenních fibril a jejich distribuci.

Tyto rozdíly jsou již trvalého charakteru (4).

Jasně doklady jsou o faktu, že přihojování allogenního štetu probíhá déle a není takové kvality jako ligamentizace autologního materiálu (13, 17). Pro oba druhy štetů je však společné oslabení jejich struktury v iniciační fázi přestavby v důsledku nekrózy a přestavby buněk vaziva (viz výše). V těchto stadiích může docházet k deregulacím a selhávání uvedených reparačních procesů. Nejčastěji se jedná o rozsáhlou nekrózu okrsků štetu, poruchy revaskularizace štetu

(např. v důsledku zcela chybějící synoviální membrány v oblastech průběhu štetu). V neposlední řadě se vyskytují i poruchy repopulace a proliferace nových buněk vaziva (19).

Rehabilitace a zátěž operovaného kolene

Při pooperačních kontrolách operátorem by měla být hodnocena compliance pacienta a mělo by být opakováno hrozící riziko selhání štetu při předčasném nadměrném zatěžování. Zejména u mladších sportovců je zvýšená tendence k předčasnému zatěžování (návrat k tréninku). Zde je třeba zdůrazňovat údaje vyplývající ze studií (15, 22, 23), že náhrada LCA potřebuje minimálně 9 měsíců pro svou přestavbu a inkorporaci. Výjimkami ovšem nejsou ani případy selhání po 9. měsíci. Mezi devátým a osmáctým měsícem od operace je totiž riziko selhání štetu ještě stále poměrně vysoké, i když je přibližně poloviční oproti riziku kolem devátého měsíce (7). Dále by měla být hodnocena úspěšnost dosavadní rehabilitace a její případná modifikace při trvající svalové hypotrofii. Za jeden z nejdůležitějších cílů rehabilitace je považována tonizace a zpevnění *m. vastus medialis*, který je stabilizátorem kolenního kloubu a antagonistou LCA (27).

Dle našich zkušeností můžeme shrnout zásady, jejichž dodržováním předejdeme selhání náhrad LCA do několika bodů:

- odběr dostatečně pevného štetu,
- přesné anatomické umístění štetu,
- správné napětí štetu,
- zamezení impingementu štetu,
- pevná fixace štetu,
- časný pohyb a funkční rehabilitace s důrazem na odložení návratu k plné zátěži kolene nejdříve 6–9 měsíců pooperačně.

ZÁVĚR

U 47 pacientů s náhradou LCA provedenou převážně na jiných pracovištích a s nově diagnostikovanou nestabilitou kolenního kloubu jsme pátrali po příčinách vzniku těchto nestabilit. Dle pooperačních nálezů bylo nejčastější příčinou vzniku nestability kolene nové trauma, což činilo 51,1 % ze všech 47 pacientů. U zbylých 48,9 % pak nestabilita vznikla na základě insuficience štetu, kdy 42,5 % selhání štetu vzniklo na základě chyb v operačním postupu a zbylých 6,4 % selhání štetu vzniklo na podkladě biologických příčin. Nejrozšířenější operační chybou u revidovaných pacientů bylo chybné cílení kostních kanálů v tibií a ve femuru. Malpozice femorálního kanálu přitom byla daleko nejčastější. Malpozice tibiálního kanálu je celkově vzácnější (u 65,3 % všech pacientů bylo umístění vyhovující) a nemá tak silný vliv na selhání štetu LCA.

Jako prevence vzniku insuficience LCA z traumatické příčiny zdůrazňujeme význam odborně vedené rehabilitace a odložení sportovních aktivit alespoň po dobu 9 měsíců po plastice.

Literatura

1. AGLIETTI, P., BUZZI, R., GIRON, F., SIMEONE, A. J., ZACCHEROTTI, G.: Arthroscopic assisted anterior cruciate ligament reconstruction with central third patellar tendon: A 5–8 year follow-up. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 5: 138–144, 1997.
2. AGLIETTI, P., ZACCHEROTTI, G., MENCHETTI, P. P., DE BIASE, P. A.: Comparison of clinical and radiological parameters with two arthroscopic techniques for anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 3: 2–8, 1995.
3. BUZZI, R., ZACCHEROTTI, G., GIRON, F., AGLIETTI, P.: The relationship between the intercondylar roof and the tibial plateau with the knee in extension: relevance for tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 15: 625–631, 1999.
4. CLAES, S., VERDONK, P., FORSYTH, R., BELLEMANS, J., THE „LIGAMENTIZATION“ PROCESS IN ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION: what happens to the human graft? A systematic review of the literature. *Am. J. Sports Med.*, 39: 2476–2483, 2011.
5. ČECH, O., SOSNA, A., BARTONÍČEK, J.: Poranění vazivového aparátu kolenního kloubu. Praha, Avicenum 1986.
6. DAMBROS, J. M., FLORENCIO, R., LOPES, O. V. Jr., KUHN, A., SAGGIN, J., SPINELLI, L. F.: Radiological analysis of bone tunnel position in anterior cruciate ligament reconstruction surgery: Comparison between the open technique and arthroscopy via an anteromedial portal. *Rev. Bras. Orthop.*, 46: 270–275, 2011.
7. VAN ECK, C. F., SCHKROHOSKY, J. G., WORKING, Z. M., IRRGANG, J. J., FU, F. H.: Prospective analysis of failure rate and predictors of failure after anatomic anterior cruciate ligament reconstruction with allograft. *Am. J. Sports Med.*, 40: 800–807, 2012.
8. HANDL, M., SMETANA, P., MAŠÁT, P.: Vliv implantace a tonizace BTB štěpu na ROM kolenního kloubu. V. národní ortopedický kongres, kniha abstrakt, Praha, Galén 2001, 144–144.
9. HARNER, C. D., MARKS, P. H., FU, F. H., IRRGANG, J. J., SILBY, M. B., MENGATO, R.: Anterior cruciate ligament reconstruction: Endoscopic versus two-incision technique. *Arthroscopy*, 10: 502–512, 1994.
10. HART, R., KREJZLA, J., ŠVÁB, P.: Přesnost cílení kostních kanálů při plastice předního zkříženého vazů - přínos počítačové navigace. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 74: 11–16, 2007.
11. HOWELL, S. M., CLARK, J. A.: Tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstructions and graft impingement. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 283: 187–95, 1992.
12. CHEN, J. L., ALLEN, C. R., STEPHENS, T. E., HAAS, A. K., HUSTON, L. J., WRIGHT, R. W., FEELEY, B. T.: Differences in mechanisms of failure, intraoperative findings, and surgical characteristics between single- and multiple-revision ACL reconstructions: A MARS cohort study. *Am. J. Sports Med.*, 41: 1571–1578, 2013.
13. JACKSON, D. W., GROOM, E. S., GOLDSTEIN, J. D.: A comparison of patellar tendon autograft and allograft used for anterior cruciate ligament reconstruction in the goat model. *Am. J. Sports Med.*, 21: 176–185, 1993.
14. KOH, J.: Computer-assisted navigation and anterior cruciate ligament reconstruction: Accuracy and outcomes. *Orthopedics*, 28(10 Suppl.): 1283–1287, 2005.
15. MAŠÁT, P., TRČ, T., DYLEVSKÝ, I., HAVLAS, V.: Výsledky operací náhrad předního zkříženého vazů kolenního kloubu. *Biomedicína*, 7: 1–200, 2005.
16. MAŠÁT, P., TRČ, T., DYLEVSKÝ, I., HAVLAS, V.: Zhodnocení dlouhodobých výsledků operací náhrad LCA kolenního kloubu klinicky a pomocí rollimetru. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 72: 32–37, 2005.
17. MURAMATSU, K., HACHIYA, Y., IZAWA, H.: Serial evaluation of human anterior cruciate ligament grafts by contrast-enhanced magnetic resonance imaging: Comparison of allografts and autografts. *Arthroscopy*, 24: 1038–1044, 2008.
18. MUSIL, D., SADOVSKÝ, P., STEHLÍK, J.: Reoperace předního zkříženého vazů kadaverózním B-T-B štěpem. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 72: 297–303, 2005.
19. NTOULIA, A., PAPADOPOULOU, F., RISTANIS, S., ARGYROPOULOU, M., GEORGIOULIS, A. D.: Revascularization process of the bone-patellar tendon-bone autograft evaluated by contrast-enhanced magnetic resonance imaging 6 and 12 months after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am. J. Sports Med.*, 39: 1478–86, 2011.
20. PINCZEWSKI, L. A., SALMON, L. J., JACKSON, W. F., VON BORMANN, R. B., HASLAM, P. G., TASHIRO, S.: Radiological landmarks for placement of the tunnels in single-bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J. Bone Jt Surg.*, 90-B: 172–179, 2008.
21. PLAWESKI, S., TCHOUDA, S. D., DUMAS, J., ROSSI, J., MOREA U., GAUDRY, A., CINQUIN, P., BOSSON, J. L., MERLOZ, P.: Computer Assisted Orthopaedic Surgery-France. Evaluation of a computer-assisted navigation system for anterior cruciate ligament reconstruction: Prospective non-randomized cohort study versus conventional surgery. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.*, 98(6 Suppl.): S91–97, 2012.
22. PODŠKUBKA, A., ADAMČO, I., STAŠA, M.: Artroskopická náhrada předního zkříženého vazů volným štěpem z ligamentum patellae transtibiální technikou. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 63: 284–293, 1996.
23. SADOVSKÝ, P., MUSIL, L., FILIP, L., VODIČKA, Z., STEHLÍK, J.: Rekonstrukce předního zkříženého vazů: srovnání metod BTB a šlachami hamstringů. Část 1: Rekonstrukce předního zkříženého vazů BTB technikou – hodnocení našeho souboru. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 72: 235–38, 2005.
24. SCHEFFEL, P. T., HENNINGER, H. B., BURKS, R. T.: Relationship of the intercondylar roof and the tibial footprint of the ACL: implications for ACL reconstruction. *Am. J. Sports Med.*, 41: 396–401, 2013.
25. SOMMER, C., FRIEDERICH, N. F., MÜLLER, W.: Improperly placed anterior cruciate ligament grafts: correlation between radiological parameters and clinical results. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 8: 207–213, 2000.
26. STÄUBLI, H. U., RAUSCHNING, W.: Tibial attachment area of the anterior cruciate ligament in the extended knee position. Anatomy and cryosections in vitro complemented by magnetic resonance arthrography in vivo. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 2: 138–146, 1994.
27. VELÉ, F.: Kineziologie. Praha, Triton 2006.
28. WATANABE, B. M., HOWELL, S. M.: Arthroscopic findings associated with roof impingement of an anterior cruciate ligament graft. *Am. J. Sports Med.*, 23: 616–625, 1995.

Korespondující autor:

MUDr. Petr Vališ, Ph.D.

Ortopedická klinika FN Brno-Bohunice
Jihlavská 20

625 00 Brno

E-mail: pvalis@fnbrno.cz