

Nová metoda rekonstrukce předního zkříženého vazů kolenního kloubu pomocí hamstringů – klinická část

New Anterior Cruciate Ligament Reconstrucion Using Harmstring Tendon Grafts – Clinical Part

M. HANUS¹, M. HANDL^{1,2,3}, A. STANČÁK¹, T. TRČÍ¹

¹ Klinika dětské a dospělé ortopedie a traumatologie 2. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole, Praha, ČR

² Fakulta biomedicínského inženýrství Českého vysokého učení technického v Praze, Kladno, ČR

³ Dubai Bone and Joint Center, Dubai, Spojené arabské emiráty

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The authors present the clinical use of the new instrumentation set for the anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction using the hamstring tendons (HS). The positioning of the femoral tunnel and the fixation of the graft play an important role for the results of the surgery. The aim of the study was to confirm the proposed surgical technique and the methods of the graft fixation, especially from the point of view of the clinical midterm results at the evaluation up to eight years after the surgery.

MATERIAL AND METHODS

The clinical evaluation comprises 58 patients operated from 2007 to 2014 using the new instrumentation set. There were 9 men and 49 women included in the sample. The mean age was 34.6 years (range 18 – 58 yrs), namely 36.7 in women and 32.4 years in men. The evaluation was performed pre-operatively and at 3 and 6 months, 1, 3, 5 and 8 years post-operatively. All the patients were followed based on the same criteria – clinical range of motion (ROM), stability of the knee – instrumentation Lachman test utilizing Rolimeter, subjective IKDC score and pain VAS scale for the harvesting site. The occurrence and the rate of post-operative complications were monitored.

RESULTS

The integration and the ingrowth of the graft were achieved in all cases, the full ROM was gained as well, no pathological instability was observed. The fixation of the HS graft in the bone was confirmed by post-op X ray at 3 months after the surgery. The clinical evaluation showed the following mean differences in the pre-op and final post-op findings. The average pre-operative laxity using the Lachmann test was 9.7 mm (range 6–12 mm), at 3 months 1.8 mm (1.4–2.1 mm), at 6 months 1.6 mm (1.2 – 2.2 mm), at 1 year 1.6 mm (1.1–2.3 mm), at 3 years the stability was 1.7 mm (1.2 mm–2.4 mm), at 5 years 2.3 mm (1.2–3.6 mm) and at 8 years after surgery it was 2.5 mm (1.2–3.9 mm). None of the patients included in the study showed pathological instability that would be considered an indication for revision. In the evaluation of the subjective IKDC score, the pre-operative average was 56, with the range of 42–66, at 3 months post-operatively 79 (69–85), at 6 months 88 (74–92), at 1 year 95 (88–100), at 3 years 96 (89–100), at 5 years 94 (87–100), and at 8 years 92 (84–98). No severe complications were observed.

CONCLUSIONS

The method provided sufficient post-operative stability of the knee joint. Fixation of the femoral screw satisfied the demands laid on it. Regarding the pain perception, the method was considered positive, the level of pain involved in the procedure was low. No severe complications or technical mistakes occurred during the surgical procedures. The new instrumentation set developed for the ACL reconstruction offers an easy technique and comfort of use.

Key words: anterior cruciate ligament, reconstruction, hamstrings, knee arthroscopy, instrumentation set.

ÚVOD

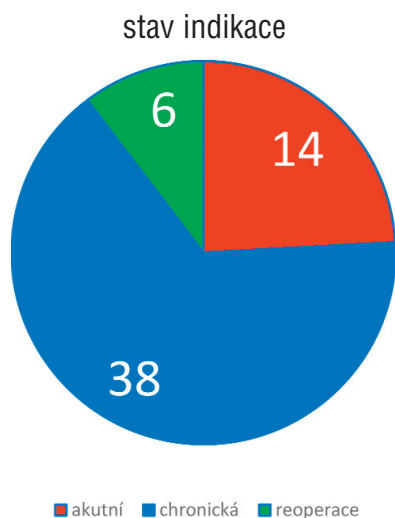
Klinická část studie navazuje na etapu vývoje instrumentária pro rekonstrukci (*ligamentum cruciatum anterius* – LCA), který autoři prováděli ve spolupráci ortopedické kliniky 2. LF UK a FN v Motole Praha s firmou Beznoska, s. r. o., v letech 2006–2008. V této části práce jsou dokumentovány dlouhodobé klinické výsledky.

Rekonstrukce předního zkříženého vazů kolene je indikována pro akutní a chronické ruptury LCA, instability ko-

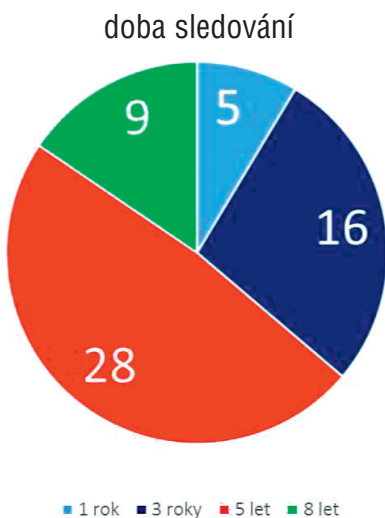
lenního kloubu a stavy po selhaných rekonstrukcích. Zvolenou metodou bylo použití šlach hamstringů HS (*m. semitendinosus* a *m. gracilis*), které tvoří čtyři pruhy štěpu.

Z dnešního pohledu je cílem rekonstrukce LCA dosažení stability kolenního kloubu, plného rozsahu pohybu (ROM – range of motion), bezbolestného stavu a minimalizace degenerativních změn vzniklých v souvislosti s operační technikou. Rekonstrukce LCA patří k nejčastějším ortopedickým operacím (3, 4, 8, 12, 27, 29, 30).

Graf 1



Graf 2



Při výběru ideálního náhradního štěpu jsou kladeny požadavky na schopnost materiálu co nejlépe nahradit anatomický komplex LCA, poskytovat stejné biomechanické vlastnosti jako přirozený vaz, umožnit pevnou a bezpečnou fixaci, podporovat rychlý biologický vrůst a minimalizovat morbiditu dárcovského místa (15, 16, 17, 20, 28). Výběr štěpu je založen na pojmech jako síla štěpu, fixace, potenciální komplikace, morbidita dárcovských míst, svalová slabost, artrofibróza. Přestože existuje celá řada alternativ štěpů, a to jak autogenních, tak allogenních, xenogenních, případně arteficiálních, otázka ideálního štěpu, který by splňoval všechny tyto požadavky co nejlepším náhradou přirozeného LCA, zůstává pro chybějící konsensus stále nezodpovězena (2, 6, 11, 17).

Mnoho předchozích studijních materiálů štěpů LCA se zaměřuje na jejich elastické vlastnosti a možnosti jejich selhání, zejména při dosažení maximálního zatížení. Přesto různé materiály štěpů se mění při jejich odpovědi na opakovaném zatížení s nízkou úrovní (low-level loading), což je důležitý srovnávací parametr. Cyklické zatížení může vést k laxitě štěpu, což může v konečné fázi způsobit recidivu symptomatické kolenní instability.

MATERIÁL A METODIKA

Metoda byla provedena artroskopickou technikou v letech 2007–2014 s použitím nového instrumentária vyvinutého autory studie. Ze souboru 58 pacientů kontrolovaných v léčbě bylo 9 mužů a 49 žen. Stranový poměr pravé:levé koleno činil 31:27, poměr stavů akutních, chronických a reoperací činil 14:38:6 (graf 1). Průměrný věk pacientů v době úrazu byl 34,6 let (rozmezí 18–58 let), u žen 36,7, u mužů 32,4 let. Hodnocení pacientů bylo provedeno před operací a po operaci v intervalu 3 a 6 měsíců, 1, 3, 5 až 8 let od operace. Minimální doba hodnocení konečného výsledku byla 1 rok od operace, poměr pacientů hodnocených ve skupinách po operaci činil 5:16:28:9 (graf 2).

Všichni pacienti byli sledováni podle stejných kritérií – klinický rozsah hybnosti (ROM), stabilita kolene –

pivot shift test, instrumentální Lachmanův test pomocí Rolimetru, subjektivní IKDC skóre a hodnocení bolesti odběrového místa dle VAS škály. Výsledky byly srovnávány s druhostranným neporaněným kolenem. Hodnocení hybnosti (ROM) dokumentovalo rozsahu pohybu, jako normální bylo hodnoceno dosažení plné extenze (nikoli hyperextenze), flexe byla hodnocena v plném rozsahu ve srovnání s druhostranným kolenem.

Pro hodnocení stability kloubu byl použit Lachmanův test s pomocí Rolimetru (Arthrex), shodně byla hodnocena stabilita/laxita do 2 mm jako normální, lehce abnormální mezi 2–5 mm, abnormální laxita byla hodnocena při odchylce vyšší než 5 mm. Subjektivní hodnocení pooperačního stavu bylo provedeno dle subjektivního hodnotícího skóre The In-

ternational Knee Documentation Committee (IKDC) a v případě odběrového místa podle Visual Analogue Scale (VAS). Byly sledovány výskyt a frekvence pooperačních komplikací jako je infekce, hematom a hluboká žilní trombóza.

VÝSLEDKY

Při hodnocení rozsahu hybnosti kloubu ROM byl zjištěn normální nález v 55 případech (94,8 %), tzn. bylo dosaženo plné extenze 0°, případně byla přítomna hyperextenze, flexe byla plná do maximální polohy. Omezení hybnosti při nedotažení plné extenze do 5° bylo hodnoceno jako patologický nález, v našem souboru šlo o 3 pacienty (5,2 %). V těchto případech se jednalo o nedokonale prováděnou rehabilitaci.

Předoperační Lachmanův test vykazoval v průměru předoperační laxitu 9,7 mm (v rozsahu 6–12 mm). Hodnocení ve 3 měsících vykazovalo průměrnou laxitu 1,8 mm (1,4–2,1 mm). 3 pacienti (5,2 %) měli lehce abnormální laxitu kolene (2–5 mm). V 6 měsících po operaci se stabilita zlepšila na 1,6 mm (1,2–2,2 mm), lehce abnormální laxitu vykazovali pouze dva pacienti (3,4 %). Hodnocení v 1 roce přineslo tyto výsledky – stabilita 1,6 mm (1,1–2,3 mm), lehce nadměrná instabilita u 5 pacientů (8,6 %), ve 3 letech stabilita 1,7 mm (1,2–2,4 mm), lehce nadměrná instabilita u 8 pacientů (13,8 %), v 5 letech stabilita 2,3 mm (1,2–3,6 mm), lehce nadměrná instabilita u 11 pacientů (19 %) a konečně v 8 letech stabilita 2,5 mm (1,2–3,9 mm), lehce nadměrná instabilita u 12 pacientů (20,7 %). Nikdo z operovaných nevykazoval patologickou instabilitu, která by byla indikací k reoperaci.

Výsledky byly hodnoceny statisticky pomocí ANOVA statistické metody. Potvrdilo se, že po operaci nedošlo ke vzniku zvýšené laxity ani instability ($p = 0,01$). Viz graf 3.

Dalším výstupem bylo hodnocení subjektivního IKDC skóre. Předoperační průměr byl 56, s odchylkou 42–66. nejvyšší průměrný nárůst byl zaznamenán v době

3 měsíců po operaci s průměrem 79 (69–85), 6 měsíců 88 (74–92), v 1 roce 95 (88–100), ve 3 letech 96 (89–100), v 5 letech 94 (87–100) a finálně v 8 letech 92 bodů (84–98). Po operaci došlo k signifikantnímu zlepšení ($p = 0,001$) graf 4.

Hodnocení subjektivního vnímání bolesti odběrového místa a současně celkového pohledu na operaci pomocí skóre VAS konstatovalo rychlý ústup obtíží do 6 měsíců od operace. Průměrný pokles v době pooperační probíhal ve 3 měsících z hodnoty 5,4 na hodnotu 2,7 v 6 měsících na konečnou hodnotu 0 po 1 roce od operace.

Komplikace jsme zaznamenali u 4 pacientů (6,9 %). Jednalo se o proloupané hojení rány, nevysvětlitelné obtíže charakteru nezářivých bolestí při normálním klinickém nález, a lehké periferní otoky. Žádná závažnější komplikace nebyla zaznamenána. Selhání plastiky jsme nezaznamenali, ani nutnost reoperace z jiného důvodu.

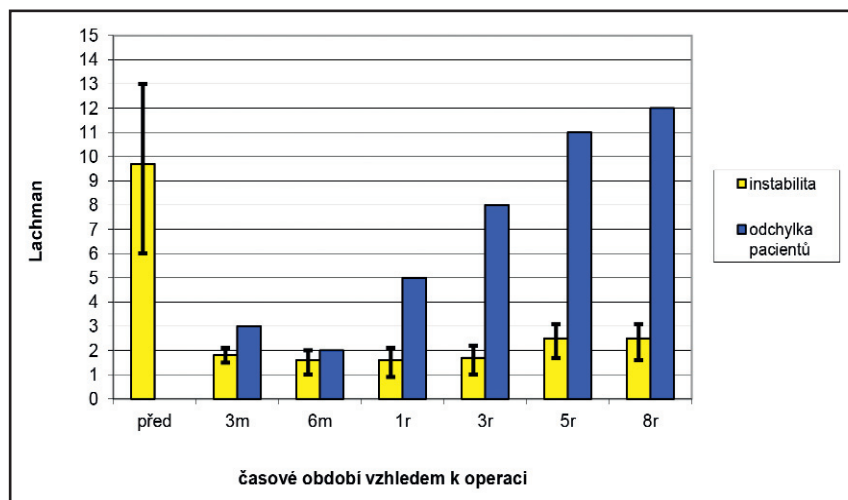
Výsledky implantace štetpu byly hodnoceny na rtg. Postavení štetpu bylo hodnoceno jako správné ve všech případech s malými odchylkami od ideálního stavu. V průběhu kontrol nedošlo k uvolňování fixačních šroubů (obr. 1a, b).

V průběhu počáteční ověřovací klinické studie byly odhaleny a napraveny minoritní nedostatky instrumentária. Celkově lze konstatovat, že zkoušky proběhly bez významnějších komplikací, potvrdily spolehlivost implantátu a účelnost a jednoduchost nástrojů, což se projevilo především v krátkém operačním čase. Sehraný lékařský tým zvládne výkon provést během cca 30 minut – od první incize až po sešití rány.

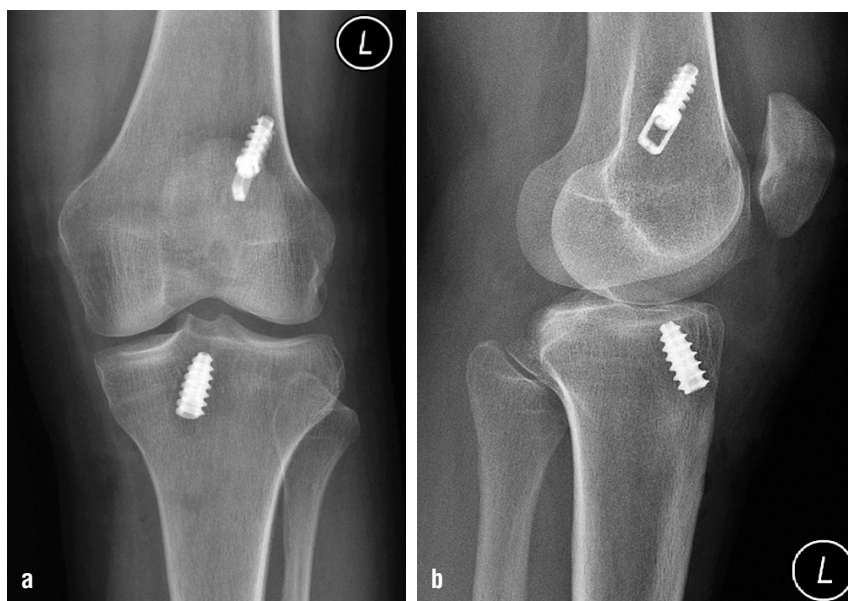
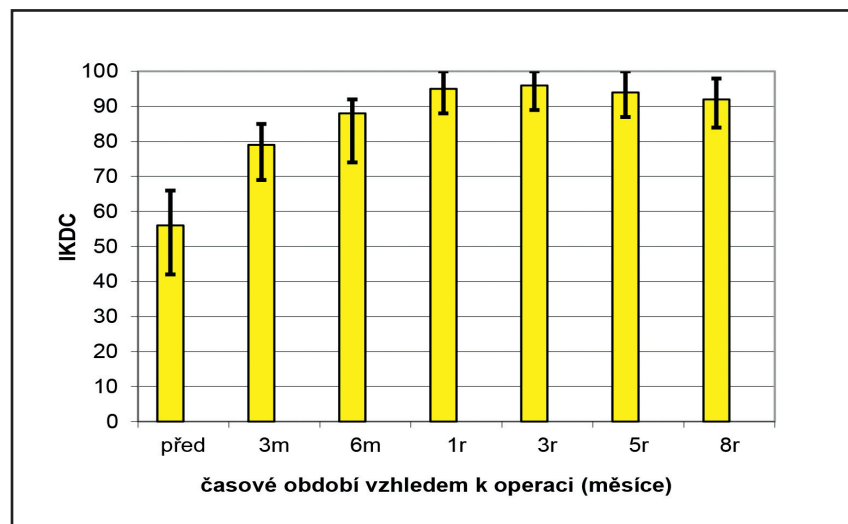
DISKUSE

Intraartikulární náhrada předního zkříženého vazů představuje spíše komplexní operační výkon, kde je přítomno mnoho faktorů, které již jsou prostudovány, ale také mnoho faktorů, které bude zapotřebí ještě zšířovat a dlouze studovat. To se týká také precizní operační techniky, volby správné a spolehlivé fixace štetpu, a také přesného nastavení napětí štetpu.

Graf 3



Graf 4



Obr. 1a,b. Správné postavení femorálního a tibiálního šroubu po plastice LCA.

Rozhodnutí o výběru vhodného štěpu pro rekonstrukci LCA záleží na mnoha faktorech a osobním přístupu operátora. Tyto faktory zahrnují nejen zkušenost s operační technikou a vlastní filosofií operativy, ale také dostupnost biologických tkání a jejich vztah k možným patologico-anatomickým odchylkám.

Z hlediska autograftů existují možnosti použití štěpu ligamentum patellae (Bone-Tendon-Bone, BTB), šlach hamstringů (v podobě dvoj- až čtyřčetných pruhů) nebo šlachy *m. quadriceps femoris* (s kostním bločkem nebo bez něj). Z hlediska allograftů existuje ještě možnost použití Achillovy šlachy nebo šlach *m. tibialis anterior* a *posterior*. Existuje však mnoho pohledů, které je zapotřebí z hlediska jejich důležitosti ve vztahu k mechanickým vlastnostem materiálů používaných pro chirurgické operace vzít na vědomí. Biomechanické vlastnosti materiálů štěpů jsou kritickým faktorem pro úspěch těchto výkonů. Historicky selhaly xenografty, rovněž tak arteficiální náhrady. Je možno použít jak štěpy vlastní (autografty), tak ze tkáňové banky (allografty). Ze všech těchto nabídek se stala vlastní tkáň štěpu (autograft) nejčastěji ve světě používaným materiálem (7, 8, 19).

BTB štěp byl primárně považován za ideální materiál štěpu pro rekonstrukci LCA, tato technika bývá označována jako „zlatý standard“ (18, 24). Procentuální poměr mezi oběma metodami se dle literárních zdrojů liší; četnost HS se uvádí o něco málo nižší než 50 % (1, 8, 28).

Obliba a obecně přijímaná výhoda BTB štěpu spočívá v možnosti odběru štěpu s kostními bločky na obou koncích, které umožňují srůst kost ke kosti (bone-to-bone union). Tento srůst je nejvíce odpovídající biologickým podmínkám, a tím nejspolehlivější z hlediska pevnosti srůstu oproti hojení měkkých tkání ke kosti jako v případě HS. Navíc kostní srůst se uskuteční v období 6–8 týdnů, zatímco hojení vazivovou jizvou na hranici měkká tkáň-kost trvá až 12 týdnů. Na druhé straně nižší morbidita dárcovského místa a ochrana extenzorového mechanismu v případě použití hamstringů se staly alternativou ke "zlatému standardu" BTB.

Použitím šlach hamstringů (HS) došlo ke zvýšení popularity v závislosti na zprávách o snížené morbiditě dárcovského místa a zlepšení fixační techniky štěpů. Nejprve byly odebrané šlachy HS používány jako zdvojené pruhy. Vlivem požadavku na sílu štěpu se postupně v operační technice přešlo k používání kombinace obou šlach v podobě čtyřčetného pruhu *m. semitendinosus* (ST) a *m. gracilis* (G). Vytvoření tohoto pruhu přeložením šlach v polovině snížilo délku, ale zvýšilo pevnost a snížilo napětí štěpu (12, 21).

Průměrná šířka zdvojeného štěpu HS má cca 8 mm, což odpovídá průměrnému průřezu cca 50 mm² obdobně, jak tomu je u přirozeného LCA (6, 12, 21). Normální LCA má průměrnou tloušťku 5 mm, šířku 10 mm, průměrný průřez cca 50 mm² (22). Na základě výsledků testů pevnosti se pro obecnou praxi přijímá názor, že dvou-, tří-, nebo čtyřčetné pruhy šlach hamstringů jsou nezbytné pro rekonstrukci LCA (14, 15, 17, 19). Zjistilo se, že maximální zatížení pro selhání rovnoměrně napatých čtyřčetných šlach hamstringů je signifikantně vyšší nežli hodnoty štěpu BTB o šíři 10 mm (12). Tyto

štěpy byly zhodnoceny, že mají schopnost snést podstatně větší maximální zátěž nežli původní intaktní přední zkřížený vaz (1, 13, 15). Četné klinické studie zhodnotily biomechanické vlastnosti a také ukázaly úspěšné výsledky použití šlach hamstringů včetně jejich variací v délce a napětí (1, 12, 13).

Přesto lze počítat i u hamstringů s výskytem komplikací, a to především nízkou pevností štěpu a zeslabením jeho schopnosti odolat zatížení (1, 13). Rovněž srůst měkkých tkání šlachy s kostí je limitujícím faktorem pevnosti vazů (2, 4, 6).

Nejčastěji se používá štěp ipsilaterální pro primární rekonstrukci, lze ovšem použít i štěp kontralaterální. Toto kontralaterální použití se stává častějším zdrojem pooperačních stížností ve srovnání s dobrým výsledkem rekonstrukce LCA na primárně poraněném kolenu (22).

Stále přetrvává mnoho nejasností a kontroverzních názorů, který z možných druhů biologických materiálů je vhodný pro rekonstrukci LCA. Tyto názory se ještě více zvýrazní, pokud se týkají reoperací po primárních plastikách (1, 11, 15, 23, 25, 26, 28).

Biomechanické testování různých variant náhrad LCA bylo již dobře zdokumentováno. Existuje celá řada prací pojednávajících o biomechanických vlastnostech LCA náhrad a o uniaxiálním testování. Tyto práce potvrzují, že čtyřčetný pruh *m. gracilis* a *m. semitendinosus* má zhruba o 250 % větší pevnost než originální vaz (12, 13, 19).

Kim (15) upozorňuje ve své studii, že při rekonstrukci LCA dochází iniciálně ke snížení počáteční pevnosti štěpu, což bylo potvrzeno ve studiích na zvířatech (4, 5). Zabývá se proto studií štěpů, kdy byly pruhy spleteny kolem podélné osy do tvaru copánku, eventuálně prošity hypoteticky za účelem zlepšení vlastností jejich počáteční pevnosti (14, 17). Obecná praxe splétání a prošívání pruhů hamstringů je značně rozšířená, aniž by byla podložena předchozími experimentálními studiemi. Argumentem podporujícím tuto teorii zpravidla bylo, že se mnohočetný pruh bude chovat obdobně jako spletené lano (9).

Gobbi (11) uvádí, že ženy mají větší laxitu kolene při použití HS ve srovnání s BTB štěpem. Obvykle se to považuje za projev vyšší svalové síly u mužů při rehabilitaci. U žen je nahrazována aktivace HS pomocí cvičení a posilování *m. quadriceps* (10, 16). Větší poměr síly quadricepsu ovšem může znamenat větší zátěž pro organismus při rotačních pohybech.

Ve studii jsme hodnotili rozsah pohybů, nikoli však svalovou sílu. Ta hraje pochopitelně také roli v dlouhodobém hodnocení. Srovnatelně s Gobbi jsme nenašli rozdíly v hodnocení stability po operaci v dlouhodobém pohledu.

V současné době neexistuje spolehlivý konsenzus o optimální operační technice pro tyto indikace. V klinické praxi pak přistupují i další faktory, které více či méně ovlivňují úspěch operativy, jsou to např. výběr pacientů, operační technika, operační přístup a konečně postoperační rehabilitační program a předpokládané cíle a možnost finálního zatížení. Podíl všech těchto aspektů a míru jejich odlišení na výsledku operace lze s těžší určit.

ZÁVĚR

Metodou operativy získávající stále více na oblibě je použití šlach HS, jejichž snížená morbidita spolu se zlepšenou implantační a fixační technikou má za následek odpovídající srovnatelný klinický efekt a spokojenost pacienta. Je ovšem zapotřebí mít na zřeteli, že úspěch biologické remodelace tkání se nachází již mimo faktické možnosti, než je operatér schopen vlastním zvládnutím operační techniky zabezpečit. Autoři podporují použití HS zejména u žen, klečících pacientů (při modlení) a při reoperacích. Důvodem je kromě obnovení stability kolene snížená bolestivost výkonu a snazší rehabilitace.

Rozsah biologických, biomechanických, patologicko-anatomických a patofyziologických vztahů a zákonitostí, které se na reparačním ději podílejí nebo které se mohou jako nové objevit, je v tuto chvíli neznámý. Proto je zapotřebí posuzovat všechna pro a proti, a rovněž tak soudit výsledek operační léčby. Navíc platí známá zkušenost operatérů, že věrohodnost hodnocení výsledku operační léčby přímo úměrně stoupá s časovým odstupem od provedení výkonu. Další srovnávací studie budou stále vhodné.

Literatura

1. Aglietti P, Giron F, Buzzi R, Biddau F, Sasso F. Anterior cruciate ligament reconstruction: bone-patellar tendon-bone compared with double semitendinosus and gracilis tendon grafts. A prospective, randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86:2143–2155.
2. Benedetto P, Madonna V, Causero A, Zorzi C, Campailla E. New system for femoral fixation (TTS) in the anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendons – 5 year follow-up. *J Bone Joint Surg Br.* 2009;91:86.
3. Brown CH Jr, Spalding T, Robb C. Medial portal technique for single-bundle anatomical anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. *Int Orthop.* 2013;37:253–269.
4. Butler D, Grood E, Noyes F, Olmstead ML, Hohn RB, Arnoczky SP, Siegel MG. Mechanical properties of primate vascularized vs. nonvascularized patellar tendon grafts: changes over time. *J Orthop. Res.* 1989;7:68–79.
5. Clancy W Jr, Narechania R, Rosenberg T, Gmeiner JG, Wisniewski DD, Lange TA. Anterior and posterior cruciate ligament reconstruction in rhesus monkeys: A histological, microangiographic, and biomechanical analysis. *J. Bone Joint Surg.* 1981;63:1270–1284.
6. Conte E., Hyatt A., Gatt C., Dhawan A. Hamstring autograft size can be predicted and is a potential risk factor for anterior cruciate ligament reconstruction failure. *Arthroscopy.* 2014;30:882–890.
7. Čech O, Sosna A, Bartoniček J. Poranění vazivového aparátu kolenního kloubu. Avicenum, Praha, 1986.
8. Fu F, Cohen S. Current Concepts in ACL Reconstruction. SLACK Incorporated, New York, 2008.
9. Fitzpatrick M, New twist in knee repair. *JAMA.* 2000;283:1278.
10. Ford K, Myer G, Schmitt L, Uhl T, Hewett T. Preferential quadriceps activation in female athletes with incremental increases in landing intensity. *J Appl. Biomech.* 2011;27:215–222.
11. Gobbi A, Domzalski M, Pascual J. Comparison of anterior cruciate ligament reconstruction in male and female athletes using the patellar tendon and hamstring autografts. 2004; *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 12:534–539.
12. Hamner D, Brown C, Steiner M. Hamstring tendon grafts for reconstruction of the anterior cruciate ligament: biomechanical evaluation of the use of multiple strands and tensioning techniques. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81:549–557.
13. Handl M, Držík M, Cerulli G, Povýšil C, Chlupík J, Varga F, Amler E, Trč T. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: dynamic strain evaluation of the graft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15:233–241.
14. Joyce C, Randall K, Mariscalco M, Magnussen R, Flanigan D. Bone-patellar tendon-bone versus soft-tissue allograft for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Arthroscopy.* 2016;32:394–402.
15. Kim D, Wilson D, Hecker A, Jung T, Brown C. Twisting and braiding reduces the tensile strength and stiffness of human hamstring tendon grafts used for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2003; 31:861–867.
16. Kruse L., Gray B, Wright RW. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94:1737–1748.
17. Maeda A, Shino K, Horibe S, Nakata K, Buccafusca G. Anterior cruciate ligament reconstruction with multistranded autogenous semitendinosus tendon. *Am J Sports Med.* 1996;24:504–509.
18. Mašát P, Trč T, Dylevský I, Havlas V. Zhodnocení dlouhodobých výsledků operací náhrad LCA kolenního kloubu klinicky a pomocí rolimetru. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2005;72:32–37.
19. Miller S, Gladstone J. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop Clin North Am.* 2002;33:675–683.
20. Millet P, Miller B, Close M, Sterett W, Walsh W, Hawkins RJ. Effects of braiding on tensile properties of four-strand human hamstring tendon grafts. *Am J Sports Med.* 2003;31:714–717.
21. Odensten M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* 1985;67:257–262.
22. Paessler H, Mastrokalos D, Mosis E. Donor side morbidity after anterior cruciate ligament reconstruction with ipsilateral versus contralateral harvesting of bone-patellar-tendon graft. *ACL Study Group.* Big Sky, MT. 2002.
23. Piedade S, Dal Fabbro I, Mischan M, Piedade C, Maffulli N. Static tensioning promotes hamstring tendons force relaxation more reliably than cycling tensioning. *Knee.* 2017;24:775–781.
24. Podškubka A, Kasal T, Vaculík J, Krastálík Z. Artroskopická rekonstrukce předního zkříženého vazů volným štěpem z lig. patellae – výsledky po 5–6 letech. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2002;69:169–174.
25. Siebold R, Branch P, Freedberg H, Jacobs C. A matched pairs comparison of single- versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstructions, clinical results and manual laxity testing. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;19:S4–11.
26. Vališ P, Sklenský J, Repko M, Rouchal M, Novák J, Otaševič T. Nejčastější příčiny selhání autologních náhrad předního zkříženého vazů kolenního kloubu. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2014;81:371–379.
27. Van Dyck P, De Smet E, Vervyser J, Lambrecht V, Gielen J, Vanhoacker F, Dossche L, Parizel P. Partial tear of the anterior cruciate ligament of the knee: injury patterns on MR imaging. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20:256–261.
28. Xie X, Liu X, Chen Z, Yu Y, Peng S, Li Q., A meta-analysis of bone-patellar tendon-bone autograft versus four-strand hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee.* 2015;22:100–110.
29. Zeman P, Nepřaš P, Matějka J, Koudela K Jr. Anatomická rekonstrukce předního zkříženého vazů double bundle technikou – možnosti cílení femorálních kanálů. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2012;79:41–47.
30. Zeman P, Cibulková J, Nepřaš P, Koudela K Jr, Matějka J. Zhodnocení klinických nálezů u pacientů s artroskopicky prokázanou symptomatickou parciální rupturou předního zkříženého vazů. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2013;80:53–59.

Korespondující autor:

as. MUDr. Martin Hanus
Klinika dětské a dospělé ortopedie a traumatologie
2. LF UK a FN v Motole
V Úvalu 84, 150 06 Praha 5
E-mail: mar.doc21@gmail.com