

Nová metoda rekonstrukce předního zkříženého vazů kolenního kloubu pomocí hamstringů – operační instrumentárium

New Technique of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Hamstrings – the Surgical Instrumentation Set

M. HANDL^{1,2,3}, M. HANUS¹, A. STANČÁK¹, T. TRČ¹

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

² Fakulta Biomedicínského inženýrství, České vysoké učení technické, Kladno

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

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The success rate of the anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction depends on the fixation of the graft, the surgical technique and, of course, on the experience of the operating surgeon. The authors present the development of the construction of the new instrumentation set designed to manage the ACL lesions using the hamstring (HS) tendons. The study is divided into two parts, of which part one focuses on construction, methods and work with new instruments, while part two presents the outcomes of the surgery.

MATERIAL AND METHODS

Fixation of hamstring grafts depends, contrary to the union of bone blocks in the Bone-Tendon-Bone (BTB) graft and the bone tunnel, on the method of tendon graft fixation and compression inside the bone tunnel. The instrumentation set for ACL reconstruction is designed to be used for hamstring tendons (semitendon and gracilis) forming four strands of the prepared graft. The system was designed as the fixation of the graft using the femoral screw with eyelet and a press-fit fixation using a metal interference screw in tibia. The easiest and fastest option has proven to be the pulling of the screw with eyelet through the tibial tunnel and intra-articular space to the femoral canal, where fixation by screwing in is done. The exact position of the inserted screw is verified by the measuring gauge. The screw is pulled in by the long version of the femoral screwdriver and Kirschner wire passing through the middle of the screw with eyelet. The advantage of this system consists in the subsequent insertion of the interference screw by the same wire, which guarantees its exact positioning in the centre between the individual strands of the graft (thanks to the specific way of ligament preparation). The possibility of later tensioning of the graft by tightening the femoral screw is another advantage.

DISCUSSION

Compared to other methods using the HS tendons, the advantages of the described operative technique consist in the simplicity of the used instrumentation procedure. The technique of graft fixation inside the femoral canal is not suitable for bioabsorbable materials. It is offset by the fixation stability and the possibility of final graft tensioning.

CONCLUSIONS

The newly developed instrumentation set for ACL reconstruction is fit for purpose, easy as to the surgical technique, and it guarantees the logical sequence of surgical steps reducing surgical errors to minimum. The instrumentation set is user-friendly, easy to handle and, once the operating surgeon masters the surgical procedure, it allows to reduce the duration of the surgery to approximately 30 minutes. There were no major complications or technical errors reported during the surgical procedures using these instrumentation set.

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

ÚVOD

V letech 2006–2008 probíhala spolupráce ortopedické kliniky 2. LF UK a FN v Motole Praha a firmou Beznoska, s. r. o., zaměřená na vývoj implantátu a instrumentária pro rekonstrukci předního zkříženého vazů kolenního kloubu. Studie je rozdělena na dvě části, v první části prezentujeme konstrukci vlastního instrumentária s implantáty, zkušenosti z klinických zkoušek a s jejich klinickým použitím. V druhé části práce jsou uvedeny výsledky léčby souboru našich pacientů s použitím této techniky.

Funkce předního zkříženého vazů kolenního kloubu (LCA) je velmi důležitá, což je obecně známo (6). Primární funkcí LCA je bránit subluxaci tibie vůči femuru, hraje tak významnou roli v normální kinematice kolenního kloubu (13, 15, 18). Jeho poškození patří k nejtěžším poraněním kolenního kloubu člověka. Následkem poškození tohoto vazů se vyvíjí instabilita kolenního kloubu a dochází k časnému vývoji osteoartrózy (13, 14, 20, 34).

Nejobvyklejší možností v léčbě instability kolenního kloubu je chirurgická rekonstrukce LCA. V současné době se považuje operační rekonstrukce přetrženého LCA za metodu volby zejména u mladé populace. Není výjimkou operovat pacienty až do věku kolem 60 let, pokud jsou fyzicky aktivní. Tato léčba umožňuje návrat k výkonnosti stejné úrovně, jaká byla před úrazem (18, 20). Otázky související s hledáním náhradního materiálu, který by biomechanicky odpovídal normálnímu LCA, se staly námětem zkoumání (8, 36).

Technika operačního výkonu prochází stálým vývojem. Cílem optimálního výkonu je použití materiálu štěpu o maximální pevnosti a schopnosti snést zatížení, minimální morbidita dárcovského místa, použití nejvhodnější operační techniky spočívající ve správném umístění kostních tunelů, silné a spolehlivé fixaci štěpu (7, 10). Tyto aspekty se pak spolu se správně indikovanou a prováděnou pooperační rehabilitací podílejí na celkovém klinickém výsledku léčby (19, 22, 24, 25, 29, 37).

Jak bylo popsáno v mnoha studiích, dva typy výkonů patří k nejvíce oblíbeným v rekonstrukci LCA – použití střední třetiny *ligamentum patellae* (bone-tendon-bone, BTB) nebo šlachy hamstringů (1, 4, 9, 23, 26, 28, 33).

Z důvodu nižší morbidita dárcovského místa a snížení pooperačních komplikací než tomu je u BTB štěpů, si získaly v posledních letech autogenní šlachy HS popularitu jako náhrada přetrženého LCA a byly obhájeny jako alternativní materiál pro jeho rekonstrukci (1, 5, 11, 17, 31, 32, 36).

Většina rekonstrukčních technik popisuje použití různých typů štěpů a metod fixací; jiné studie se zabývají srovnáním biomechanických vlastností různých štěpů. Přes pozitivní zprávy o technikách rekonstrukcí LCA uvádějí některé zdroje důvody selhání těchto operací, jako např. nevhodné umístění štěpu, nevhodné velikosti a síly štěpu nebo napětí, adekvátní fixaci štěpu při použití fixačního zařízení nebo deficientního kostěného bločku, impingementu štěpu při nesprávné notch plastice a jiné důvody; včetně opakovaného úrazu (29, 30, 36).

Údaje o počátečních vlastnostech napětí jednoduchých pruhů HS uvádějí, že tyto jsou signifikantně nižší než u původního LCA nebo u BTB štěpu (12, 21, 27, 30). Ovšem vlastnosti rovnoměrně napnutého čtyřčetného pruhu štěpu HS jsou signifikantně vyšší nežli je tomu u normálního LCA a střední třetiny *ligamentum patellae* (12, 21, 30).

MATERIÁL, METODIKA A VÝSLEDKY

Cílem autorů při vývoji bylo vytvoření speciálního operačního instrumentária pro rekonstrukci zkřížených vazů artroskopickou technikou, které by zahrnovalo klady dosavadních postupů a rozšířilo by se o technická zdokonalení. Koncepti tohoto instrumentária ve smyslu technického a materiálového zpracování autoři do detailů propracovali tak, aby bylo možno vytvořit kompletní instrumentační sadu.

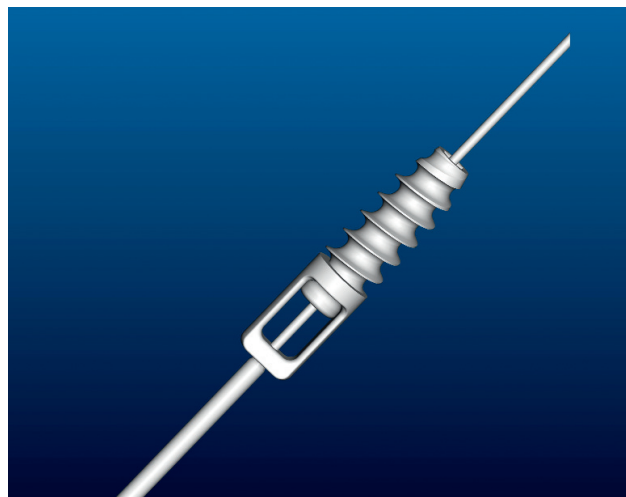
V principu je operační výkon založen na použití miniinvasivní artroskopické operativy. Zvolenou metodou pro rekonstrukci LCA je použití šlach HS tvořících

čtyři prameny připraveného štěpu. Odběrem vlastních šlach svalů HS a jejich přenosem do kolene na místo původního poškozeného předního zkříženého vazy se obnovuje stabilita kloubu, čímž se působí proti jeho nadměrnému a předčasnému opotřebování.

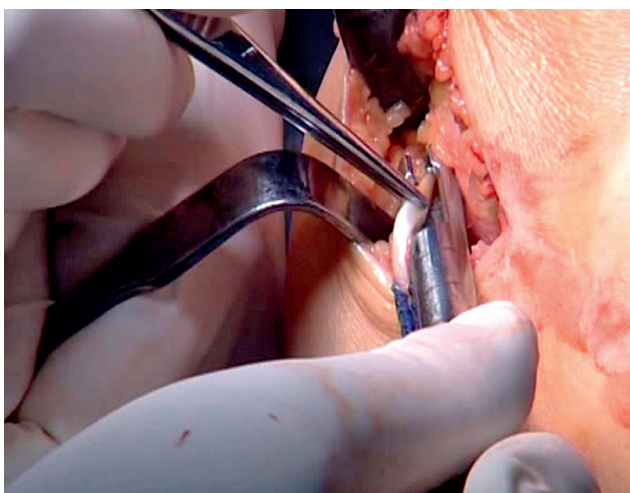
Od počátku vývoje bylo požadováno ukotvení upravených šlach HS pomocí dvou šroubů, přičemž jeden ze šroubů (ukotvený ve femuru) by byl závěsný. Po několika prvotních návrzích se podoba systému ustálila na závěsném kotvení ve femuru pomocí šroubu s očkem a press-fit kotvení v tibií pomocí kovového interferenčního šroubu. Z řady možných způsobů zavedení šroubu se jako nejsnazší a nejrychlejší ukázalo vtažení šroubu s očkem přes připravený tibiální tunel a nitrokloubní prostor do femorálního kanálu. Zde je provedena fixace zašroubováním a přesná poloha zavedeného šroubu je ověřena kontrolní měrkou. Šroub je vtahován pomocí prodlouženého femorálního šroubováku a osazeného Kirschnerova drátu, který prochází středem šroubu s očkem. Výhodou tohoto systému je následné zavedení interferenčního šroubu po tomtéž drátu, což zaručuje jeho přesné navedení středem mezi jednotlivými prameny štěpu (díky specifickému způsobu přípravy vazy). Výhodou je možnost dodatečné tonizace štěpu dotažením femorálního šroubu.

Implantát

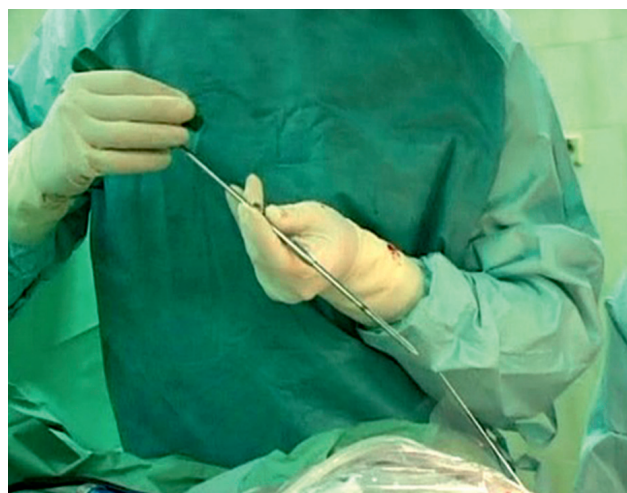
Šroub s očkem (femorální) je sestaven ze závitové části s čepem, oka, které je na čep nasazeno, a pojistného kolíčku. Toto uspořádání umožňuje volné otáčení oka a zabraňuje překrucování vazy během implantace. Šroub je opatřen šestihranem pro šroubovák a je po celé své délce kanalizovaný. Vyrábí se ve dvou průměrech 7,5 mm a 8,5 mm. Interferenční šroub (tibiální) je rovněž kanalizovaný a je k dispozici v průměrech 8 mm a 9 mm a každý průměr v délce 20 mm nebo 25 mm. Závitů obou šroubů jsou spongiózní, přičemž hrany závitů na tibiálním šroubu jsou patřičně zaobleny, aby nedošlo k poškození implantovaného vazy. Použitým materiálem obou šroubů je slitina titanu Ti6Al4V dle ISO 5832-3 (obr. 1).



Obr. 1. Femorální šroub.



Obr. 2. Odběr štěpu šlach hamstringů speciální odběrovou kyretou (harvesterem).



Obr. 5. Femorální šroubovák s měrkou je po vodicím drátu zaveden do připravených tunelů.

Operační postup

Rekonstrukce předního zkříženého vazů se provádí artroskopicky ze standardních přístupů k rekonstrukci LCA. Před každou operací je nezbytné provést předoperační plánování, které umožní určit předpokládanou velikost implantátu. Finální určení velikosti implantátu je provedeno peroperačně a je dáno rozměrem odebraných šlach, které se provlečou očkem femorálního šroubu a protáhnou kalibrem pro velikost štěpu, ten je součástí instrumentária.

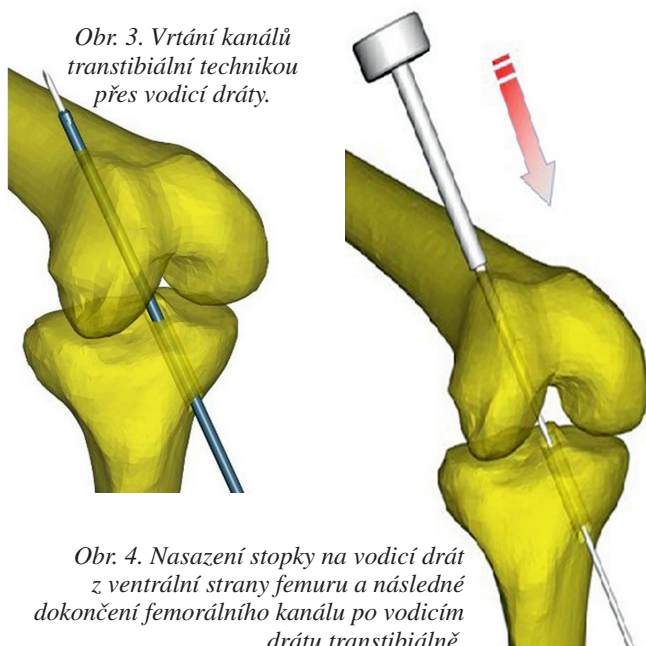
Odběr štěpu šlach hamstringů se provádí standardním způsobem, pomocí speciální odběrové kyrety (harvesteru) (obr. 2).

Na přípravném stolku jsou odebrané šlachy očištěny od zbytků měkkých tkání a připraveny a zkompletovány s femorálním šroubem a zaváděcím drátem, prošity standardním způsobem a připraveny k implantaci.

Paralelně během přípravy štěpu výkon pokračuje artroskopií s přípravou interkondylického prostoru k implantaci štěpu. Po dokonalé přípravě je zahájeno cílení. Výkon je prováděn transtibiální technikou za použití zvlášť tibiálního (úhlově stavitelný) a femorálního cíliče (offset 6 a 7 mm). Vrtání kanálů se provádí standardně přes vodicí dráty. Tibiální kanál vrtákem Ø 8 nebo Ø 9 mm, v závislosti na průměru použitého implantátu. Skrz vyvrtaný tibiální kanál po zacílení je celý femur provrtán po zavedeném drátu vrtákem Ø 5 mm (obr. 3, 4).

Na vodicí drát je z ventrální strany femuru nasazena „stopka“ a následně po vodicím drátu je transtibiálně dokončen femorální kanál, kanalizovaný vrtákem Ø 8 nebo Ø 9 mm (v závislosti na průměru použitého implantátu), až po kontakt se stopkou. Na zaváděč šroubu s očkem (femorální šroubovák) je poté nasunuta měrka a šroubovák i s měrkou zavedeny po přemostujícím drátu skrz připravený femorální i tibiální tunel (obr. 5).

Šroub je nasunut na šestihran šroubováku a drát pevně zajištěn šroubem u rukojeti šroubováku (obr. 6). Šroub



Obr. 3. Vrtání kanálů transtibiální technikou přes vodicí dráty.

Obr. 4. Nasazení stopky na vodicí drát z ventrální strany femuru a následně dokončení femorálního kanálu po vodicím drátu transtibiálně.



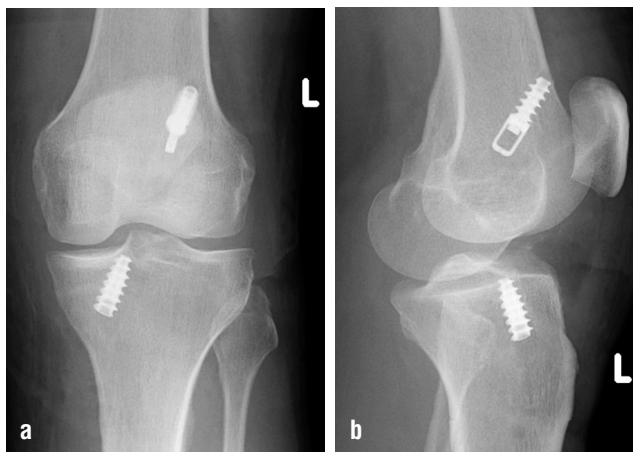
Obr. 6. Nasazení šroubu na šestihran šroubováku.



Obr. 7. Vtažování šroubu se štěpem přes tibiální kanál do femorálního tunelu až do pozice první rysky STOP na měrce.



Obr. 8. Protažení štěpu nitrokloubně.



Obr. 9a. Rtg snímky po operaci: a – AP projekce, b – boční projekce.

se štěpem je poté vtažen přes tibiální kanál do femorálního tunelu až na doraz. Ryska na distálním konci šroubováku by měla být zarovnaná s ryskou START na měrce, indikující počátek šroubování. Šroubuje se proti směru pohybu hodinových ručiček, za současného mírného vtažování šroubu do kanálu až do pozice první rysky STOP na měrce (obr. 7).

Štěp na distálním konci je tonizován a po vodícím drátu je zaveden interferenční šroub příslušné velikosti. Šroub je zaváděn středem štěpu, mezi jednotlivými prameny. Šroubuje se ve směru pohybu hodinových ručiček. Artroskopicky je následně provedena kontrola tonizace štěpu uvnitř kolenního kloubu a v případě potřeby je možné zvýšit napětí vazů šroubováním až po druhou rysku STOP na femorální měrce. Poté je možno uvolnit jisticí šroub na femorálním šroubováku a vyjmout jej (obr. 8). Operace je zakončena standardně zavedením Redonova drénu nitrokloubně a suturou rány.

Výsledná poloha je poté dokumentována pomocí rtg (obr. 9a, b).

Z instrumentária stojí za zmínku především odběrová kyreta (tzv. harvester), určená k odběru šlach hamstringů,

jejíž předností je vyvážená tuhost a přiměřený rozměr její pracovní části. Jako výhody použité techniky lze vyzvednout především spolehlivý odběr štěpu pomocí harvesteru, přesné cílení obou šroubů jedním drátem a možnost dodatečné tonizace štěpu.

DISKUSE

Autoři představují vlastní nové instrumentarium pro artroskopickou operační techniku v terapii poškození předního zkříženého vazů kolene. V současné době se používá několik odlišných operačních postupů, které umožňují z pohledu operátora různou přesnost výkonu a liší se jak složitostí instrumentace, tak i klinickými výsledky. Vlastní výsledky operační rekonstrukce předního zkříženého vazů jsou ovlivněny mnoha faktory, mezi něž se řadí volba pacienta, stav menisků a kloubních ploch, načasování operačního zákroku a volba vhodné operační techniky. Nelze opominout ani vhodné vedenou pooperační rehabilitaci. Vlastní operační techniky se liší volbou štěpu, způsobem cílení a vrtání tibiálního i femorálního kanálu, způsobem fixace štěpu a samozřejmě i rozdílnou invazivitou operačního zákroku. I přes celkově dobrou propracovanost operační techniky rekonstrukce předního zkříženého vazů se stále vyskytují určité nedostatky především technického rázu. Ve srovnání s jinými metodami použití šlach HS má popisovaná technika operace své přednosti v jednoduchosti používaného instrumentačního postupu. Dále se uvedeným postupem a volbou implantátu snaží minimalizovat „bungee cord“ efekt štěpu.

V projektu autorů byly posuzovány technické parametry a aplikační techniky, včetně instrumentária, implantátu pro rekonstrukci předních zkřížených vazů kolenního kloubu a pooperační výsledky sledováním operovaných uvedenou technikou. Důraz byl kladen zejména na sledování dokonalosti instrumentace, sledování funkčních parametrů, posouzení vlivu navrhovaného implantátu na dlouhodobou funkci kolenního kloubu a vazivového aparátu především z hlediska rozsahu pohybu, stability, bolestivosti a životnosti.

Z prvních výsledků se ukázala srovnatelnost s obdobnými typy instrumentáří a implantáty, co se operační techniky týká, a v dalším pooperačním sledování dle výsledků hodnocených pomocí formulářů IKDC i srovnatelná spolehlivost implantátů.

Kritickým faktorem pro úspěšnou rekonstrukci LCA je výběr štepů. Biomechanické vlastnosti dle názoru chirurgů silně ovlivňují výběr štepů (3, 9, 21, 28, 33). Přitom existuje mnoho individuálních faktorů, které ovlivňují výsledky LCA rekonstrukce. Ty mohou být zaměřeny na předpětí štepů, napětí a techniku fixace (2, 16, 35) atd. Rovněž lze soudit, že ani závěry většího počtu studií, zabývajících se různými aspekty a typy rekonstrukcí LCA a variability materiálů štepů, zatím nepřinášejí jasný závěr pro jednoznačnou podporu použití té které operační techniky a metodiky. Technika kotvení štepů ve femorálním kanálu není určena pro vstřebatelné materiály. To je však v našem případě vykompenzováno stabilitou fixace a možností finální tonizace štepů.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo ověřit technické parametry nového typu instrumentária a implantátu a potvrdit, že operační rekonstrukci LCA je možno provést technicky dokonale tak, aby bylo možno správně upevnit biologickou náhradu poškozeného vazy do kosti a umožnit její dobré vhojení. Nově vyvinuté instrumentárium pro plastiku LCA je plně vyhovující, z hlediska operační techniky jednoduché, zaručuje logickou návaznost operačních kroků, která minimalizuje operační chyby, navíc je uživatelsky příjemné. Přestože s mnoha otázkami zodpovězenými se objevují další, které na své studium ještě čekají, domníváme se, že studie poskytla nové údaje pro podporu použití šlach hamstringů, zejména ve složitých případech rekonstrukcí předního zkříženého vazy.

Klinické využití

Cílem studie je poskytnout informaci chirurgům zabývajícím se problematikou operativy kolenního kloubu, která jim může pomoci při volbě vhodného štepů pro plánovaný operační výkon, tj. pro rekonstrukci LCA, případně pro její revizi a reoperaci. Tato problematika samozřejmě úzce souvisí a je závislá na zkušenosti operátora, jeho technických možnostech a odvíjí se rovněž dle nároků a potřeb pacienta.

Použití šlach HS v podobě vícečetných pruhů má své opodstatnění jak v případech primoimplantací, tak zejména v revizních operacích. To odpovídá nejen snížené morbiditě dárcovského místa oproti použití štepů BTB, ale především výborným biomechanickým vlastnostem, pokud se týká síly štepů i maximálního napětí v zátěži. Výsledky studie demonstrují, že čtyřčetný pruh HS vystavený rovnoměrnému napětí má vyšší počáteční pevnosti nežli ostatní testované vzorky. To je důležité při rozhodování o volbě štepů. Z biomechanického hlediska se jeví tento materiál jako odpovídající a věrohodná alternativa pro rekonstrukci LCA. Zejména pak lze šlachy HS doporučit pro revizní operativu LCA, kde je omezený výběr štepů, protože některé možnosti byly

již vyčerpány při primoimplantací. Navíc biomechanické parametry poskytují dostatečnou záruku pro prevenci nového úrazu, kdy se materiál HS jeví jako nejvíce biomechanicky odolný proti novému úrazovému ději. Nově představované instrumentárium splňuje všechny nároky kladené na operativu rekonstrukce LCA.

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. Amis A, Jakob R. Anterior cruciate ligament graft positioning tensioning and twisting. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1998;6(Suppl 1):S2–12.
3. Andersen H, Jorgensen U. The immediate postoperative kinematic state after anterior cruciate ligament reconstruction with increasing postoperative tension. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1998;6(Suppl 1):S62–69.
4. Bach BR Jr., Jones GT, Sweet FA, Hager CA. Arthroscopy assisted anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon substitution. Two- to four-year follow-up results. *Am J Sports Med.* 1994;22:758–767.
5. Bach BR Jr., Tradonsky S, Bochjuk J, Levy ME, Bush-Joseph CA, Khan NH. Arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft. Five- to nine-year follow-up evaluation. *Am J Sports Med.* 1998;26:20–29.
6. Bartoníček J, Doskočil M, Heřt J, Sosna A. Chirurgická anatomie velkých končetinových kloubů. Avicenum, Praha, 1998.
7. 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(Suppl 1):86.
8. Bonamo J, Fay C, Firestone T. The conservative treatment of the anterior cruciate deficient knee: a review. *Clin Sports Med.* 1993;12:625–636.
9. Brown C Jr., Spalding T, Robb C. Medial portal technique for single-bundle anatomical anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. *Int Orthop.* 2013;37:253–269.
10. Causero A, Beltrame A, Campailla. New system for femoral fixation (TTS) in anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendons. *J Bone Joint Surg Br.* 2005; 87(Suppl II):176.
11. Clark R, Olsen R, Larsson B, Goble EM, Farrer RP. Cross-pin femoral fixation: a new technique for hamstring anterior cruciate ligament reconstruction of the knee. *Arthroscopy.* 1998;14:258–267.
12. Conte E, Hyatt A, Gatt C Jr, 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.
13. Čech O, Sosna A, Bartoníček J. Poranění vazivového aparátu kolenního kloubu. Avicenum, Praha, 1996.
14. Dunl P a kol. Ortopedie. Grada, Praha, 2005.
15. Frank C, Jackson D. The science of reconstruction of anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am.* 1997;79:1556–1576.
16. Friederich N, O'Brien W. Anterior cruciate ligament graft tensioning versus knee stability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1998;6(Suppl 1):S38–42.
17. Friedman M. Arthroscopic semitendinosus (gracilis) reconstruction for anterior cruciate ligament deficiency. *Tech Orthop.* 1998;2:74–80.
18. Fu FH, Cohen SB (eds). Current concepts in ACL reconstruction. SLACK Incorporated, New York, 2008.
19. Goble E, Downey D, Wilcocks T. Positioning of the tibial tunnel for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 1995;11:688–695.
20. Graham S, Parker R. Anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon grafts. *Clin Orthop Relat Res.* 2002;402:64–75.

21. Hamner DL, Brown CH Jr, Steiner ME, Hecker AT, Hayes WC. 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.
22. 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.
23. Kozák M, Gallo J, Langová K, Holinka M. Hodnocení výsledků náhrady předního zkříženého vazů pomocí alogenního štěpu ze šlachy m. tibialis anterior. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2013;80:47–52.
24. Kruse L, Gray B, Wright R. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94:1737–1748.
25. 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.
26. Miller S, Gladstone J. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop Clin North Am.* 2002;33:675–683.
27. Muellner T, Reihnsner R, Mrkonjic L, Kaltenbrunner W, Kwasny O, Schabus R, Mittlboeck M, Vécsei V. Twisting of patellar tendon grafts does not reduce their mechanical properties. *J Biomech.* 1998;31:311–315.
28. Musil D, Sadovský P, Filip L, Vodička Z, Stehlík J. Rekonstrukce předního zkříženého vazů: srovnání metod BTB a šlachami hamstringů. Část 2: rekonstrukce předního zkříženého vazů – hamstringy – Rigidfix. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2005;72:239–245.
29. Noyes FR, Butler DL, Paulos LE, Grood ES. Intra-articular cruciate reconstruction: Perspectives on graft strength, vascularization, and immediate motion after replacement. *Clin Orthop Relat Res.* 1983;172:71–77.
30. Noyes FR, Butler DL, Grood ES, Zernicke RF, Hefzy MS. Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions. *J Bone Joint Surg Am.* 1984;66:344–352.
31. Piedade SR, Dal Fabbro IM, Mischon MM, Piedade C Jr, Maffulli N. Static tensioning promotes hamstring tendons force relaxation more reliably than cycling tensioning. *Knee.* 2017;24:775–781.
32. Rosenberg T, Deffner K. ACL reconstruction: semitendinosus tendon is the graft of choice. *Orthopedics.* 1997;20:396–398.
33. 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 Traumatol Cech.* 2005;72:235–238.
34. Straka M. Poranění předního zkříženého vazů u dětí a adolescentů v našem souboru pacientů. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2013;80:155–158.
35. Vališ P, Sklenský J, Repko M, Rouchal M, Novák J, Otaševic T. Nejčastější příčiny selhání autologních náhrad předního zkříženého vazů kolenního kloubu. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2014;81:371–379.
36. 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.
37. 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:

MUDr. Martin Hanus

Klinika dětské a dospělé ortopedie a traumatologie

2. lékařské fakulty UK a FN v Motole

V Úvalu 84

150 06 Praha 5

E-mail: mar.doc21@gmail.com