

Vliv plazmy bohaté na trombocyty (PRP) na hojení štěpu při rekonstrukci LCA kolenního kloubu – prospektivní studie

The Effect of Platelet-Rich Plasma on Graft Healing in Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament of the Knee Joint: Prospective Study

M. KOMZÁK^{1,2}, R. HART^{1,2}, P. ŠMÍD^{1,2}, M. PUSKEILER³, P. JAJTNER⁴

¹ Ortopedicko-traumatologické oddělení, Nemocnice Znojmo

² Klinika traumatologie, Masarykova Univerzita Brno, Lékařská fakulta

³ Radiologické oddělení, Nemocnice Znojmo

⁴ Hematologické oddělení, Nemocnice Znojmo

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

Growth factors produced by platelets enhance tissue healing. The aim of this study was to confirm or disprove the hypothesis that, in anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction, the application of platelet-rich plasma (PRP) into the tibial and femoral tunnels and in the graft enhances graft maturation and graft-bone interface healing and thus improves knee function at 3 and 12 months post-operatively in comparison with the control group.

MATERIAL AND METHODS

A total of 40 patients had the surgery; 20 underwent single-bundle hamstring reconstruction with PRP application (PRP group) and 20 had the same surgery without PRP addition (control group). A 5 ml amount of PRP was obtained from the patient's peripheral blood. A graft inserted in the bone tunnels was fixed with interference screws and, after intra-articular fluid aspiration, 1 ml of PRP was injected into each tunnel and 3 ml were evenly applied to the intra-articular portion of the graft. The patients were examined by MRI at 3 and 12 months after surgery. The subsidence of swelling in the tunnel-surrounding tissues was taken as a sign of graft-bone interface healing, and increased signal intensity of the graft was considered as a result of its ligamentisation. The knee functional status was evaluated at 3 and 12 post-operative months, using the scoring systems (Cincinnati score, IKDC score).

RESULTS

Bone swelling was found at 3 post-operative months in 18 of 20 patients in both the PRP and the control group. Graft signal intensity was increased in most patients (19 of the PRP group; 18 control patients; $p = 0.949$). The Cincinnati score at 3 months had an average value of 72.7 (34–100; SO, 18.7) in the PRP group and 73.4 (42–99; SO, 16.3) in the control group ($p = 0.793$).

The functional score after 12 months improved to 97.5 (75–100; SO, 12.8) in the PRP group and to 95.1 (66–100; SO, 13.1) in the control group; there was no significant difference between the groups ($p = 0.885$) at either 3 or 12 months. The IKDC score showed similar results.

At 12 months bone swelling was recorded in seven out of 20 patients in the PRP group and in nine patients in the control group ($p = 0.751$). Graft signal intensity was increased in three and four patients of the PRP and control groups, respectively ($p = 0.681$). There was a statistical difference between the findings at 3 and 12 months within each group, but no difference between the groups.

DISCUSSION

In ACL reconstruction, the process of tendon graft-to-bone healing has several stages involving inflammation, cell proliferation and graft ligamentisation. At each stage, an important role is played by growth factors produced by thrombocytes, and therefore their potential use in the treatment of injuries to ligaments and tendons has recently come into focus. A number of experimental studies dealing with the effect of platelet-rich plasma on soft tissue healing has been published. Therefore, the method of using PRP to enhance graft healing in ACL reconstruction in humans is still being studied.

CONCLUSIONS

The use of PRP in ACL reconstruction does not accelerate graft remodelling and bone ingrowth into the tendon. The function scoring results showed a statistically significant improvement in knee function between 3 and 12 months of follow-up within each group studied but revealed no difference between the groups. The hypothesis postulated above was disproved.

Key words: anterior cruciate ligament, platelet-rich plasma, anatomic single-bundle reconstruction.

ÚVOD

Přední zkřížený vaz (PZV, ligamentum cruciatum anterius, LCA) spojuje distální část stehenní kosti s proximální částí holenní, a tím kontroluje stabilitu kolenního kloubu během běžných denních činností i při náročných profesionálních výkonech sportovců. Incidence jeho poškození strmě stoupá s rostoucí agresivitou při sportovních výkonech, se zvyšující se aktivitou pacientů v pokročilém věku i z důvodu narůstajícího počtu dopravních nehod (2, 14). S tímto poznatkem úměrně roste požadavek pacientů na co nejrychlejší návrat do běžného života. Tím také sílí tlak na lékaře, který provádí náhradu tohoto statického stabilizátoru kolenního kloubu. Hlavní myšlenkou rekonstrukce PZV je v dnešní době obnova fyziologické kinematiky kolenního kloubu nejen ve směru předozadním, ale také při pohybu rotačním. Pro zdokonalení stability kloubu je využíváno několik metod náhrad PZV (23, 24). Problémem však zůstává doba, po kterou se štěp vazů přestavuje, a to především při využití štěpu bez kostní tkáně (5). Proto je snaha najít způsob jak akcelarovat tento proces.

Jednou z možností, jak urychlit přestavbu rekonstruovaného vazů, by mohlo být využití plazmy bohaté na krevní destičky (PRP; platelet rich plasma). PRP je nyní široce využívaná metoda k léčbě mnoha měkkotkáňových lézí pohybového aparátu. Krevní destičky obsahují mnoho druhů růstových faktorů, které pozitivně ovlivňují hojivou reakci hostitele v místě poranění nebo degenerace a usnadňují tak reparaci a přestavbu tkáně (4).

Cílem této studie bylo potvrdit či vyvrátit hypotézu, zda aplikace plazmy bohaté na trombocyty do kostního tunelu tibie a femuru a do štěpu předního zkříženého vazů při jeho rekonstrukci urychluje hojení a přestavbu štěpu a zlepšuje funkci kolenního kloubu 3. a 12. měsíc po operaci v porovnání s kontrolní skupinou a zda kvalita funkce kolenního kloubu je vnímána pacientem lépe po aplikaci tohoto produktu.

MATERIÁL A METODIKA

Design studie

Celkem 40 pacientů podstoupilo operační náhradu PZV (22 mužů/18 žen; 19 pravých/21 levých kolen) v období leden 2011 až leden 2013. Průměrný věk pacientů byl 31,3 roku s rozpětím 17 až 51 let a všichni podepsali informovaný souhlas se zařazením do této studie. Dvacet z nich prodělalo rekonstrukci jednosvazkovou technikou z hamstringu s aplikací PRP, dvacet pacientů podstoupilo tutéž rekonstrukci bez přidání PRP. Výběr pacientů do jednotlivých skupin byl proveden za pomoci permutační blokové randomizace počítačového softwaru Random Number Generator Software 7.0 a pacienti o přítomnosti či absenci PRP v rekonstruovaném štěpu PZV informováni nebyli. Vstupní kritéria pro zařazení pacientů do studie byla izolované poranění PZV, event. nevýznamné poranění menisků bez nutnosti jejich sutury. Pacienti s poraněním ostatních struktur kolenního

kloubu byli ze studie vyloučeni. V časném pooperačním období byla zjištěna pouze jedna komplikace, a to sekrece serózní tekutiny z oblasti rány na ventromediální straně proximální tibie po odběru štěpu u obézní pacientky ve skupině bez PRP (řešeno následnou revizí). Všichni pacienti byli propuštěni do domácího léčení v průměru 7,5 dne po operaci (rozpětí; 4–14 dní) a následně prodělali standardní rehabilitační režim po náhradě PZV.

Operační technika

Po uvedení pacienta do celkové anestezie byla provedena ze standardního AL portu artroskopie. Při přítomnosti poranění PZV byl odebrán šlachový štěp z m. semitendinosus. Kožní incize byla vedena v délce v průměru 5 cm na anteromediální části proximální tibie těsně nad horním okrajem pes anserinus. Šlachy m. gracilis a m. semitendinosus byly identifikovány, separovány od ostatních měkkých tkání retraktory a šlachy m. semitendinosus byla odetnuta od jejího úponu na tibií. Štěp byl zbaven svaloviny, třikrát přeložen a upraven na délku 90 mm a šířku 7–9 mm v průměru. Konce štěpu byly obšity v délce v 25–30 mm na femorálním konci a 20–25 mm na tibiálním konci za pomoci časově dlouho vstřebatelného šicího materiálu Polysorb 2 (Covidien, Mansfield, USA).

Dále pak byly cíleny kostní kanály pro budoucí PZV. Během jednosvazkové plastiky byl cílen femorální kostní kanál na mediální plochu laterálního kondylu femuru do pozice 1 hodina 30 minut pro levé koleno a 10 hodin 30 minut pro pravé koleno z AM portu. Tibiální tunel byl cílen do místa původního footprintu PZV. Štěp PZV byl protažen do kostních kanálů a zde fixován interferenčními šrouby.

Ve skupině pacientů s aplikací PRP bylo získáno 30 ml krve pacienta z periferní žíly na předloktí do třech zkumavek po 10 ml a ta byla promíchána s 1 ml antikoagulačního 0,9% roztoku citrátu dextrózy (Sarstedt, Nümbrecht, Německo). Další 3 ml krve s 0,3 ml antikoagulačního roztoku EDTA (Sarstedt, Nümbrecht, Německo) byly použity pro kontrolu krevního obrazu. Krev byla poté okamžitě zpracována na operačním sále centrifugou (Jouan B4i, Jouan, Saint-Herblain, Francie) 10 minut při 1200 otáčkách/min při 20 °C. Krev ve zkumavce se tímto procesem rozdělila na plazmu a buněčné části (erytrocyty a leukocyty). Tento režim odstředivky poskytuje PRP přímo.

Izolovaná PRP byla získána ze zkumavek lékařem-hematologem sterilní pipetou v objemu 2–3 ml z každé zkumavky (obr. 1). Čtyři až šest ml PRP ze dvou zkumavek bylo převedeno do sterilní stříkačky a aplikováno následovně do kolenního kloubu pacienta po fixaci štěpu interferenčními šrouby v kanálech po evakuaci nitrokloubní tekutiny (obr. 2). Jeden mililitr plazmy byl aplikován do obou kostěných kanálů a 3 ml rovnoměrně do intraartikulární části štěpu. Koncentrace krevních destiček byla počítána v hematologickém analyzátoru (AcT DIFF, Beckman Coulter, Londýn, Velká Británie). Přibližně 2,0–2,5násobné koncentrace krevních destiček (průměrný počet lidských krevních destiček je 200 000/ μ l) bylo dosaženo u všech případů. Průměrná



1 | 2

Obr. 1. Odběr PRP hematologem ze zkumavky centrifugy.

Obr. 2. Aplikace PRP do střední třetiny PZV jehlou.

koncentrace krevních destiček v PRP byla 459 000/ μ l (rozsah 407 000–513 000/ μ l).

Po aplikaci PRP do kolenního kloubu byl zaveden R-drén do kloubu a byla provedena sutura portů a rány po odběru hamstringu. V kontrolní skupině byla operace provedena zcela obdobně, s výjimkou aplikace PRP.

Radiodiagnostické a klinické hodnocení

Po zařazení pacienta do studie bylo provedeno vyšetření magnetickou rezonancí (1,5 Tesla skener) 3. měsíc po operaci se zaměřením na otok v okolí kostního tunelu, jako na známku vhojování štěpu do kosti, a na intenzitu signálu štěpu, jako známku jeho ligamentizace. Byla použita standardní kolenní cívka a zorné pole 10–16 cm. Tloušťka řezu byla 3 mm s 0,5 mm mezerami. Byly hodnoceny sagitální T1 a T2 vážené obrazy, axiální trojrozměrné T1 vážené snímky s „potlačením“ tuku a koronální snímky s protonovou hustotou s „potlačením“ tuku. Zkušební muskuloskeletální radiolog zaslepeně hodnotil všechny snímky. Snímky MR byly zaznamenány s popisem hyper- či hyposignální struktury vazů a přítomností či absencí otoku v okolí kostního kanálu.

Druhá magnetická rezonance se stejným protokolem hodnocení intenzity signálu vazů a přítomnosti otoku kostní tkáně byla provedena 12. měsíc po operačním výkonu u všech pacientů včetně kontrolní skupiny.

Hodnotící dotazníky byly vyplněny také v době kontrolních magnetických rezonancí, tj. třetí a dvanáctý měsíc po operaci. Pro pečlivé zhodnocení subjektivních a objektivních klinických výsledků byly použity dotazníky IKDC (6) a Cincinnati (12).

Statistická analýza

Všechna data byla statisticky zpracována softwarem STATISTICA 9.0. Popis subjektivních a objektivních klinických parametrů obsahoval průměr, rozsah a směrodatnou odchylku. Pro statistické hodnocení průměrných hodnot byl použit párový Studentův t-test. Pro velký rozsah hodnot byl výsledek získaný pomocí Studentova t-testu kontrolován neparametrickým testem

Mannovým-Whitneyovým. Hodnota $p < 0,05$ byla považována za statisticky významnou.

Pro hodnocení přítomnosti či absence edému v okolí kostního kanálu bylo zvoleno hodnocení 0 pro nepřítomnost a 1 pro přítomnost edému. Statistické zhodnocení bylo provedeno za pomoci chí-kvadrát testu. Stejný test byl využit i pro intenzitu signálu štěpu, kdy hypersignální struktura vazů byla hodnocena 1 bodem a hyposignální struktura pak 0 body.

VÝSLEDKY

Ve skupině s PRP byl nalezen ve 3. měsíci kostní edém u 18 z 20 pacientů, v kontrolní skupině také u 18 z 20 pacientů. Intenzita signálu štěpu byla ve většině případů zvýšená (19 pacientů ve skupině PRP, 18 pacientů ve skupině kontrolní; $p = 0,949$). Cincinnati skóre vykazovalo průměrnou hodnotu ve 3 měsících po operaci v PRP skupině 72,7 (34–100; SO 18,7), v kontrolní skupině 73,4 (42–99; SO 16,3), $p = 0,793$. Po 12 měsících došlo ke zlepšení funkčního skóre v PRP skupině na 97,5 (75–100; SO 12,8), v kontrolní skupině na 95,1 (66–100; SO 13,1). Rozdíl mezi oběma skupinami nebyl statisticky významný ani ve 12. měsíci po operaci ($p = 0,885$). IKDC skóre vykazovalo obdobné výsledky. V PRP skupině byla hodnota ve 3 měsících 58,3 (31,0–87,0; SO 13,1), ve 12. měsíci 79,6 (56,3–87,0; SO 14,5), ($p = 0,002$). Kontrolní skupina vykazovala ve 3. měsíci hodnotu 52,7 (18,0–78,1; SO 18,4), ve 12. měsíci 75,2 (56,3–87,0; SO 11,5; $p = 0,03$). Mezi oběma skupinami statisticky významný rozdíl nebyl nalezen ve 12. měsíci po operaci ($p = 0,063$).

Ve 12. měsíci byl nalezen kostní edém u 7 z 20 pacientů ve skupině PRP a u 9 pacientů v kontrolní skupině, $p = 0,751$. Intenzita signálu štěpu byla u 3 pacientů ve skupině PRP zvýšená, v kontrolní skupině pak u 4 pacientů, $p = 0,681$. Tyto výsledky poukazují na statistickou diferenci v porovnání PRP u kontrolní skupiny mezi 3. a 12. měsícem po operaci, nikoliv však mezi skupinami navzájem.

DISKUSE

Přestavba a hojení štěpu PZV prochází stadiem zánětu, proliferace a remodelace (9, 21). Na každé z těchto částí hojení se podílí i řada růstových faktorů (20). Tyto působky stimulují receptory na buněčných membránách, které následně startují jejich diferenciaci a následné množení v buňky specializované pro danou tkáň. Nejdůležitější z těchto faktorů jsou: PDGF – platelet-derived growth factor, transforming growth factor beta (TGF-beta), insulin growth factor (IGF), basic fibroblast growth factor (BFGF) a vascular endothelial growth factor (VEGF). Všechny tyto látky jsou produkovány krevními destičkami, a proto je jejich využití v léčbě poranění vazů a šlach důvodem stále častějšího výzkumu. Existuje celá řada experimentálních studií (17, 18) a studií na zvířatech, kde je popisován vliv plazmy bohaté na destičky a faktory z nich na hojení tkání (3). Anderson a kol. (1) prokázali vliv růstových faktorů PDGF, BMP

a TGF-beta na zlepšení strukturální a mechanické kvality štěpu PZV po jeho rekonstrukci u ovcí. Tito autoři využili kontrolní histologické a biomechanické vyšetření. Podobně tak Murray a kol. (10) prokázali za využití psího modelu zrychlení regenerace parciální ruptury PZV.

Etické důvody však nedovolují obdobný výzkum na lidech. Proto byla snaha ověřit neinvazivní způsob hodnocení hojení štěpu PZV. Weiler a kol. (22) popsali na zvířecím modelu korelaci změny intenzity signálu na MRI s hojením štěpu PZV. Podobné studie s magnetickou rezonancí přinesly možnost sledování změny přestavby štěpu po jeho rekonstrukci u lidí (7, 8, 11, 16).

Návrat do aktivního života pacientů po rekonstrukci PZV je stále častěji zmiňovanou otázkou a PRP jako zdroj cytokinů pro zrychlení vhojení štěpu do kostních kanálů by mohla být jednou z možností. Neexistuje však příliš mnoho studií, ve kterých by byl popsán vliv PRP na rekonstrukci PZV. Radice a kol. sledovali v r. 2010 efekt gelu saturovaného PRP na homogenizaci štěpu na kontrolních MRI (15). Sledovali pouze intraartikulární část štěpu. Jako výsledek popsali urychlení homogenizace štěpu, jakožto jeho přestavbu v konečnou formu vazů, o 48 % rychleji než bez aplikace PRP (doba homogenizace v PRP skupině činila 179 dní, v kontrolní skupině bez PRP 369 dní). Zda přistupovali tito autoři i k rychlejší a agresivnější rehabilitaci, není psáno.

Intenzitu signálu štěpu PZV na MRI hodnotil i Orrego ve svém výzkumu v r. 2008 (13). Kromě této změny ve struktuře štěpu samotného bylo hodnoceno i vrůstání vazů do kostního kanálu a to konkrétně změna intenzity signálu v osteoligamentózním prostoru. Na MRI v šesti měsících po operaci tito autoři také popsali statisticky významný rozdíl mezi skupinami hodnotící ligamentizaci štěpu PZV. Prostor mezi vazem a kostním tunelem však nevykazoval rozdílnost mezi oběma skupinami.

Vogrin poté studoval revaskularizaci štěpu PZV po jeho rekonstrukci na 18 T magnetické rezonanci 1. a 3. měsíc po operaci (19). K urychlení vaskularizace došlo v prvních 4–6 týdnech po operaci ve skupině PRP v porovnání s kontrolní skupinou v oblasti kontaktu šlachy PZV a kostního kanálu. Při kontrole ve 12. týdně po operaci však již rozdíl mezi oběma skupinami nebyl významný.

Ideální doba hodnocení hojení rekonstruovaného vazů není zatím přesně dána. Radice využil dobu pro hodnocení hojení štěpu PZV 3. až 9. měsíc po operaci ve skupině PRP, ve 3. až 12. měsících u kontrolní skupiny pacientů (15). Orrego prováděl kontrolní MRI ve 3. a 6. měsíci po operaci (13), Vogrin pak v 1. a 3. měsíci (19). Objektivně je nutno říci, že doba hodnocení přestavby štěpu závisí na typu pozorované vlastnosti štěpu a kvalitě rozlišení MRI.

Zajímavým podmětem k zamyšlení je volba typu aplikace buněčného koncentrátu do kostního kanálu či do štěpu samotného. Radice a kol. využili gelového nosiče, do kterého aplikovali PRP, ten přiložili ke štěpu vazů a uzavřeli do vstřebatelného obalu (15). Nosič i se štěpem byl vtažen do kostního kanálu a umožnil tak fixaci buněk kon-

centrátu PRP na povrchu vazů. Orrego i Vogrin však nevyužili žádný z nosičů a aplikovali PRP jehlou přímo do kostního tunelu a do vazů samotného (13, 19).

V naší studii jsme z ekonomických důvodů nemohli využít gelový skafold k aplikaci PRP. Vazká tekutina plazmy byla zavedena do vazů a do oblasti kostního kanálu za pomoci injekční jehly po evakuaci artroskopického roztoku z kloubu po dokončení operace. Tato metoda však může být limitací tohoto výzkumu vzhledem k možnosti odtoku PRP. Za další negativum může být brán fakt, že využití magnetické rezonance s 1,5 Tesla skenerem je pro detekci vaskularizace štěpu a rozlišení rozhraní šlachy-kost nedostačující. Proto bylo zvoleno v naší studii hodnocení signálu štěpu a edému v okolí štěpu jako možné pro dané rozlišení přístroje MRI.

ZÁVĚR

Využití aplikace PRP při náhradě PZV za využití aplikace injekční jehlou do kostního kanálu a do vazů samotného neurychluje přestavbu štěpu a vhojení do kostních tunelů. Skórovací systémy pak vykazují statistické zlepšení funkce kloubu v obou skupinách při porovnání 3. a 12. měsíce po operaci, nikoliv však při porovnání mezi oběma skupinami. Námi postulovaná hypotéza byla vyvrácena.

Literatura

1. ANDERSON, K., SENEVIRATNE, A., IZAWA, K., ATKINSON, B., POTTER, H., RODEO, S.: Augmentation of tendon healing in intraarticular bone tunnel with use of a bone growth factor. *Am. J. Sports Med.*, 29: 689–698, 2001.
2. BOLLEN, S.: Epidemiology of knee injuries: diagnosis and triage. *Br. J. Sports Med.*, 34: 227–228, 2000.
3. DE MOS, M., VAN DER WINDT, A., JAHR, H.: Can platelet-rich plasma enhance tendon repair? A cell culture study. *Am. J. Sports Med.*, 36: 1171–1178, 2008.
4. FREI, R., BIOSCA, F. E., HANDL, M., TRČ, T.: The role of growth factors in the human organism and their use in medicine, especially in orthopedics and traumatology. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 75: 247–252, 2008.
5. HART, R., ŠTIPČÁK, V.: Přední zkřížený vaz kolenního kloubu. Praha, Maxdorf Jessenius 2010.
6. HEFTI, F., DROBNY, T., HACKENBUSH, W.: Evaluation of knee ligament injuries: the OAK and IKDC forms. The knee and the cruciate ligament. Berlin, Heidelberg, Newark Springer 1990.
7. HOWELL, S. M., CLARK, J. A., BLASIER, R. D.: Serial magnetic resonance imaging of hamstring anterior cruciate ligament autografts during the first year of implantation. A preliminary study. *Am. J. Sports Med.*, 19: 42–47, 1991.
8. LAITAI, G., NOSZIAN, I., HUMER, K., UNGER, F., AITZEMUELLER, G., ORTHNER, E.: Serial magnetic resonance imaging evaluation of operative site after fixation of patellar tendon graft with bioabsorbable interference screws in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 15: 709–718, 1999.
9. MARUMO, K., SAITO, M., YAMAGISHI, T., FUJII, K.: The „ligamentization“ process in human anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar and hamstring tendons: A biomechanic study. *Am. J. Sports Med.*, 33: 1166–1173, 2005.
10. MURRAY, M. M., SPINDLER, K. P., DEVIN, C.: Use of a collagen-platelet rich plasma scaffold to stimulate healing of a central defect in the canine ACL. *J. Orthop. Res.*, 24: 820–830, 2006.

11. NAKAYAMA, Y., SHIRAI, Y., NARITA, T., MORI, A., KOBAYASHI, K.: The accuracy of MRI in assessing graft integrity after anterior cruciate ligament reconstruction. *J. Nippon. Med. Sch.*, 68: 45–49, 2001.
12. NOYES, F. R., BARBER, S. D., MOOAR, L. A.: A rationale for assessing sports activity levels and limitations in knee disorders. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 246: 238–249, 1989.
13. OREGO, M., LARRAIN, C., ROSALES, J., VALENZUELA, L.: Effects of platelet concentrate and a bone plug on the healing of hamstring tendons in a bone tunnel. *Arthroscopy*, 24: 1373–1380, 2008.
14. PRODROMOS, C. C., HAN, Y., ROGOWSKI, J., JOYCE, B., SHI, K.: A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Arthroscopy*, 23: 1320–1325, 2007.
15. RADICE, F., YÁNEZ, R., GUTIÉRREZ, V., ROSALES, J., PINE-DO, M., CODA, S.: Comparison of magnetic resonance imaging findings in anterior cruciate ligament grafts with and without autologous platelet-derived growth factors. *Arthroscopy*, 26: 50–57, 2010.
16. RAK, K. M., GILLOGLY, S. D., SCHAEFER, R. A., YAKES, W. F., LILJEDAHN, R. R.: Anterior cruciate ligament reconstruction: evaluation with MR imaging. *Radiology*, 178: 553–556, 1991.
17. SANCHEZ, M., ANITUA, E., AZOFRA, J., ANDÍA, I., PADILLA, S., MUJICA, I.: Comparison of surgically repaired Achilles tendon tears using platelet-rich fibrin matrices. *Am. J. Sports Med.*, 35: 245–251, 2007.
18. VENTURA, A., TERZAGHI, C., BORGO, E., VEDOIA, C., GALLAZI, M., FAILONI, S.: Use of growth factors in ACL surgery: Preliminary study. *J. Orthop. Traumatol.*, 6: 76–79, 2005.
19. VOGRIN, M., RUPREHT, M., DINEVSKI, D., HAŠPL, M., KUHTA, M.: Effects of a platelet gel on early graft revascularization after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, double-blind, clinical trial. *Eur. Surf. Res.*, 45: 77–85, 2010.
20. WEILER, A., HOFFMANN, R. F., BAIL, H. J., REHM, O., SUDKAMP, N. P.: Tendon healing in a bone tunnel. Part II: Histologic analysis after biodegradable interference fit fixation in a model of the anterior cruciate ligament reconstruction in sheep. *Arthroscopy*, 18: 124–135, 2002.
21. WEILER, A., PEINE, R., PASHMINEH-AZAR, A., ABEL, C., SUDKAMP, N. P., HOFFMANN, R. F.: Tendon healing in a bone tunnel. Part I: Biomechanical results after biodegradable interference fit fixation in a model of the anterior cruciate ligament reconstruction in sheep. *Arthroscopy*, 18: 113–123, 2002.
22. WEILER, A., PETERS, G., MAURER, J., UNTERHAUSER, F. N., SUDKAMP, N. P.: Biomechanical properties and vascularity of an anterior cruciate ligament graft can be predicted by contrast-enhanced magnetic resonance imaging. A two-year study in sheep. *Am. J. Sports Med.*, 29: 751–761, 2001.
23. ZEMAN, P., KOUDELA, K. ml., KASL, J., NEPRAŠ, P., ZEMAN, J., MATĚJKA, J.: Anatomická rekonstrukce LCA double- versus single-bundle technikou – zhodnocení krátkodobých klinických výsledků prospektivní randomizované studie. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 81: 40–50, 2014.
24. ZEMAN, P., NEPRAŠ, P., MATĚJKA, J., KOUDELA, K. ml.: Anatomická rekonstrukce předního zkříženého vazů double-bundle technikou – možnosti cílení femorálních kanálů. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 79: 41–47, 2012.

Korespondující autor:

MUDr. Martin Komzák, Ph.D.
Ortopedicko-traumatologické oddělení
Nemocnice Znojmo, p. o.
MUDr. Jana Janského 11
669 02 Znojmo
E-mail: m.komzak@seznam.cz