

Zhodnocení souboru pacientů po náhradě předního zkříženého vazů v dětském a adolescentním věku

Evaluation of Outcomes after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Children and Adolescents

T. PHILIPPOU, J. KAUTZNER, V. HLADKÝ, E. ŠŤASTNÝ, V. HAVLAS

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

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

Treatment for tears of the anterior cruciate ligament (ACL) in paediatric patients has been a long-discussed issue because of complications associated with ligament reconstruction in the presence of growth plates. Various fixation materials and their efficiency as well as ACL techniques are still under investigation. The aim of our study was to find an optimal strategy of treating acute intra-articular ACL injury in childhood.

MATERIAL AND METHODS

The paediatric patients treated for primary traumatic ACL injury between 2003 and 2013 were retrospectively evaluated. Only patients with a healthy contralateral knee (with no signs of instability or previous injury) and no record of previous ACL repair were included. A total of 78 patients were assessed; there were 39 girls and 39 boys with an average age of 15.4 years (11 - 16). The physical development of the patients was assessed on the Tanner scale, their satisfaction was recorded on the basis of the IKDC subjective knee evaluation form and the Tegner-Lysholm scoring system. The instrumented Lachman test using a rollimeter was performed to assess knee stability at 12 and 24 months of follow-up. In addition, the range of knee motion in comparison with the other side, complications and the re-rupture rate of reconstructed ACLs were recorded. Four patients with open growth plates were operated on using the transepiphyseal technique, the remaining 74 underwent reconstruction by the standard transphyseal method.

RESULTS

The average Tegner-Lysholm scores were 54 (41–62) pre-operatively and 86.1 (74–96) at 24 months post-operatively. The average IKDC score increased from 48 (42–56) points to 91 (73–97) points. The Lachman test was positive in all patients before ACL reconstruction and negative in 96% of them at 12 and 24 months after surgery. The full range of joint motion was restored after ACL surgery, with minimal motion restriction in flexion and extension, in 70 (89.7%) patients. Motion restriction by 15° or less in flexion and 5° or less in extension was recorded in seven (9%) patients and a significant restriction in extension exceeding 10° was found in one (1.3%) patient. No differences in results were found between the two scoring systems. Five patients (6.4 %) sustained a re-tear in the reconstructed ACL due to a trauma. Non-traumatic subjective instability after the primary repair was not recorded. Revision ACL surgery was carried out due to fixation materials protruding from the bone surface in two patients and because of a Cyclops lesion with extension deficit in one patient. No development of deformity or instability was observed at 24 months in the patients in whom the transepiphyseal technique was used.

DISCUSSION

In the current literature ACL reconstruction by the transphyseal technique has been described in patients older than 15 years of age but no optimal age has been suggested. Animal experiments have shown that tunnels taking up more than 7–9% of the growth plate surface can result in growth restriction or angular deformity. ACL reconstruction in patients with distinct bone immaturity carries a high risk. The effect of growth on the biomechanical properties of a graft and a long-term consequence of surgical intervention in the growth plate is not yet understood.

CONSLUSIONS

Although indications for surgical ACL repair and its timing are bound to be different in each patient, we consider the age of over 15 years to be ideal for ACL reconstruction. In patients younger than 15 years, the necessity of surgical treatment is questionable and conservative therapy can give good outcomes. No adverse effect of an applied graft on the post-operative results was demonstrated. The features of an immature skeleton are specific and complicated therefore, in our view, the relevant health care for paediatric patients should be concentrated into specialised institutions.

Key words: anterior cruciate ligament, reconstruction, knee instability, child, growth plate.

ÚVOD

Četnost poranění předního zkříženého vazů (PZV) u pacientů v adolescentním věku má ve společnosti rostoucí trend (15, 25, 29). Riziko poranění PZV je u pacientů s otevřenými růstovými ploténkami nízké, nicméně sportovní aktivity toto riziko výrazně zvyšují (27). K poranění PZV dochází zejména při kontaktních a adrenalinových sportech. PZV je primárním stabilizátorem ventrálního posunu tibie vůči femuru, vnitřní rotace bérce a hyperextenze kolena. Proto je nejčastějším mechanismem úrazu nepřímé násilí působící na kolenní kloub, zejména násilná abdukce a zevní rotace bérce. Sdruženým poraněním s rupturou PZV mohou být také poranění kolaterálních kolenních vazů, menisků, případně poranění kloubní chrupavky. U pacientů od 8 do 15 let věku může dojít při popsaném úrazovém ději též k izolované abrupci interkondylické eminence bez porušení vazů jako takového (8, 18).

Poranění PZV má negativní vliv na stabilitu kolenního kloubu, v řadě případů je třeba přistoupit k operačnímu řešení a rekonstrukci poškozeného vazů pro klinicky výraznou a subjektivně vnímanou nestabilitu kolena, obdobně jako u dospělých pacientů. Terapie ruptury PZV u dětských pacientů je dlouhodobě diskutovanou problematikou, především ve vztahu k existenci růstových plotének (2, 6, 15, 20, 29). V současné době stále panuje kontradike v názorech na vhodnost použití různých fixačních materiálů, resp. techniky náhrady PZV (6). V ČR stále není jasný konsenzus stran načasování a způsobu ošetření nitrokloubních poranění u dětí, neboť daná problematika je v rámci traumatologie úzce specializovanou činností.

Cílem práce je stanovení možností optimální strategie ošetření akutních nitrokloubních poranění PZV na základě retrospektivního zhodnocení dětských pacientů ošetřených na pracovišti autorů v letech 2003–2013 pro poranění PZV. V daném souboru byly sledovány způsob a operační technika rekonstrukce PZV, četnost komplikací a pooperační klinický výsledek. Na základě výsledků byl sestaven léčebný algoritmus terapie ruptury PZV na pracovišti autorů.

MATERIÁL A METODIKA

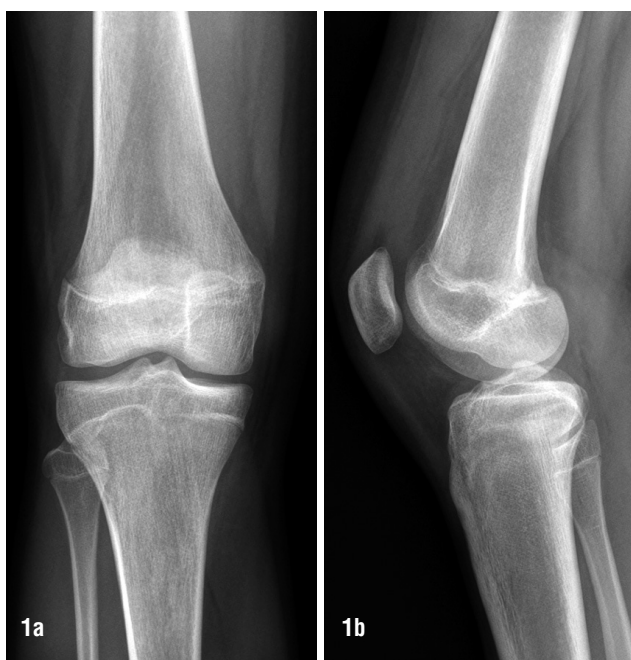
Do studie bylo zařazeno 78 pacientů (39 dívek a 39 chlapců) s průměrným věkem 15,4 let (11–16 let), kteří byli v letech 2003–2013 ošetřeni pro primární traumatické poranění PZV. Podmínkou zařazení do studie bylo zdravé kontralaterální koleno (bez známek nestability či anamnézy traumatu). Do studie nebyli zařazeni pacienti, kteří již v minulosti prodělali náhradu PZV. Pro hodnocení fyzické vyspělosti pacientů bylo použito pěti-stupňové škály dle Tannera (tab. 1), (22), obdobně jako v jiných pracích zabývajících se touto tematikou (1, 14, 16, 32). U sledované skupiny pacientů bylo zhodnoceno funkční skóre a stabilita kolenního kloubu instrumentovaným Lachmanovým testem za použití rollimentru (23) ve 12 a 24 měsících od operace.

V rámci předoperační diagnostiky byl u všech pacientů nález poranění PZV verifikován za pomoci magnetické rezonance (MRI) kolenního kloubu, klinických testů, rentgenologického (rtg) vyšetření, případně artroskopie u pacientů se současnou bloádou kolenního kloubu. Zobrazovací techniky sloužily zejména k odhalení přidružených poranění menisků, chrupavek a kolaterálních vazů a zjištění fáze uzávěru růstové ploténky distálního femuru a proximální tibie.

Klinicky byla nestabilita kolena zjištěna Lachmanovým a předním zásuvkovým testem. Stupeň nestability byl určen jako stranová difference předozadní translace tibie v porovnání s kontralaterálním zdravým kolenním kloubem za použití rollimetru: posun do 2 mm byl hodnocen jako normální, 3–5 mm téměř normální, 6–10 mm abnormální a posun více než 10 mm jako silně abnormální. Primárně diagnostické artroskopické ošetření bylo indikováno pouze u 9 pacientů s jasnou klinickou bloádou kolenního kloubu k odstranění příčiny bloády. Operační rekonstrukce PZV byla indikována na základě nálezu totální ruptury PZV (dle MRI vyšetření resp. artroskopie), při současné výrazné subjektivní a klinické nestabilitě kolena v porovnání se zdravým kolenním kloubem. U všech pacientů indikovaných k rekonstrukci LCA byla na počátku výkonu provedena artroskopická verifikace ruptury předního zkříženého vazů, kdy byl zhodnocen rozsah poškození PZV. Následně byla provedena jeho náhrada.

U čtyř pacientů byla na rtg dokumentována plně nezralá růstová ploténka distálního femuru a proximální tibie (1 pacient Tanner I, 3 pacienti Tanner II). Ve 4 případech u pacientů s otevřenými růstovými ploténkami byla provedena transepifyzární operační technika za použití autoštepů šlach m. semitendinosus a m. gracilis, jako fixační materiál byla zvolena extraartikulární nepřímá fixace implantátem Endobutton (Smith & Nephew, Memphis, TN, USA). Zbylých 74 pacientů bylo ošetřeno standardní transfyzární technikou náhrady, tak jak je prováděna u dospělých pacientů.

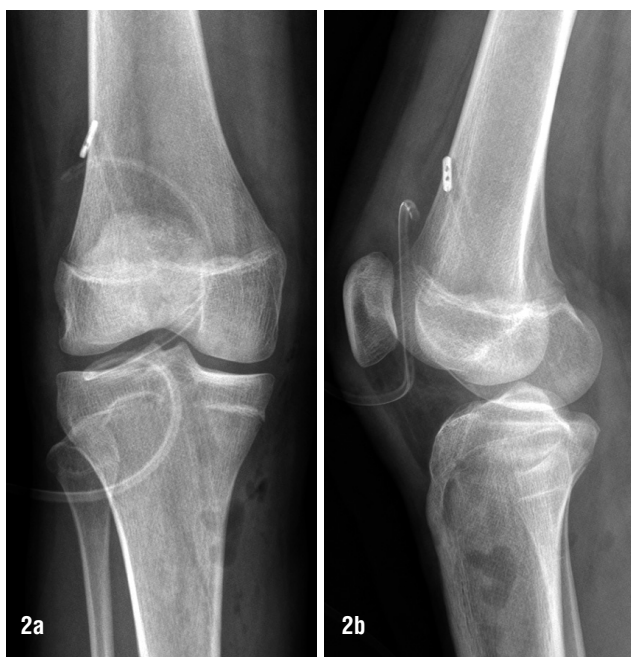
Cílení tibiálního kanálu bylo prováděno za použití standardního tibiálního cíliče na rekonstrukci PZV, femorální kanál byl cílen transtibiálně za použití cíliče s ponecháním 2mm zadní stěny kanálu. K rekonstrukci byl u 42 pacientů použit štep ze střední části ligamentum patellae (BTB), k fixaci štepu byl použit implantát Rigidfix a vstřebatelný interferenční šroub (Mitek, USA). Autogenní štep z m. semitendinosus a m. gracilis byl použit u 36 pacientů s využitím femorální fixace Endobutton (Smith & Nephew, Memphis, TN, USA) do roku 2007, Transfix (Arthrex, Naples, Fla, USA) od roku 2007 a v jednom případě ACL Tightrope na femorální straně a vstřebatelné interferenční šrouby pro tibiální fixaci (Arthrex, Naples, Fla, USA), (obr. 1, 2, 3). Po provedení náhrady PZV byla vždy zavedena Redonova drenáž a naložena rigidní fixace kolena v ortéze s limitací pohybu na 0–60°. Drén byl ponechán dle odvodu do 48 h pooperačně, ortéza byla odložena dle subjektivního vnímání bolesti v horizontu 1–4 týdnů od operace. Peroperační antibiotická prevence byla aplikována u všech



Obr. 1. Rtg pravého kolenního kloubu před operací, dívka 14 let, Tanner III, předozadní (1a) a boční (1b) projekce.

pacientů dle zavedeného standardu dvěma dávkami širokospektrého antibiotika.

Pooperační rehabilitace byla prováděna od 1. pooperačního dne cvičením na lůžku, od 2. pooperačního dne byli pacienti dle celkového klinického stavu vertikalizováni s oporou berlí s odlehčením Tanner III. předozadní operované končetiny. Minimální rozsah pohybu 0–90° byl povolen od 4 týdnů pooperačně. Běžná zátěž bez



Obr. 2. Rtg pravého kolenního kloubu 1. pooperační den, dívka 14 let, Tanner III, náhrada PZV štěpem z hamstringu, femorální fixace závěsnou technikou TightRope, tibiální fixace vstřebatelným interferenčním šroubem. Předozadní (2a) a boční (2b) projekce.



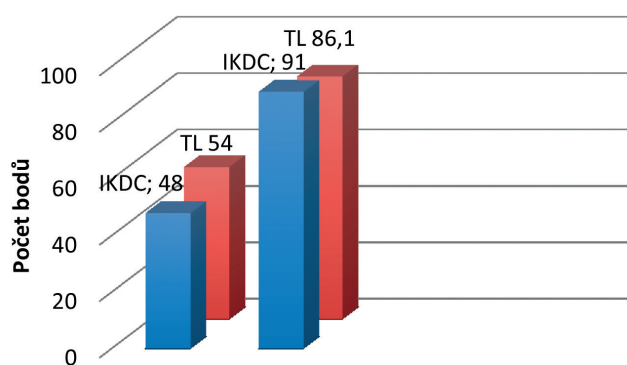
Obr. 3. Rtg pravého kolenního kloubu 4 roky od operace (pacient identický s obr. 1 a 2. Předozadní (3a) a boční (3b) projekce.

opory byla zahájena 6 týdnů po operaci, ve 3 měsících byla povolena plná zátěž s omezením sportovní zátěže, umožněna byla pouze jízda na kole, klus a plavání. Sportovní zátěž byla povolena od 6–9 měsíců pooperačně. Stabilita kolena byla posuzována před operací, 6 týdnů pooperačně a dále ve 12 a 24 měsících po operaci na základě Lachmanova testu objektivizovaného za pomoci rollimetru (23). Pro účely této publikace byl zvolen odstup 12 a 24 měsíců od operace.

Subjektivní spokojenost byla zhodnocena dle IKDC (International Knee Documentation Committee), (9) a Tegnerova-Lysholmova skórovacího dotazníku (30, 31) ve 24 měsících po operaci. Pro hodnocení výsledků po rekonstrukci PZV jsme zvolili Tegnerovo-Lysholmovo skóre pro jeho jednoduchost a snadnou reprodukovatelnost u pediatrických pacientů. Naproti tomu IKDC skóre lépe hodnotí stupeň aktivity pacienta po náhradě PZV (9). Zároveň byl monitorován rozsah pohybu kolenního kloubu oproti kontralaterální straně, výskyt komplikací (infekční, žilní trombóza apod.) a incidence reruptury PZV. Výsledky vyšetření před operací a při pooperačních kontrolách byly porovnány a zhodnoceny za použití t-testu. Za statistickou hladinu významnosti bylo zvoleno $p = 0,05$.

Tab. 1. Soubor pacientů podle kritéria Tannerovy stupnice

	Věk						Celkem
	11 let	12 let	13 let	14 let	15 let	16 let	
Stadium I	1	0	0	0	0	0	1
Stadium II	0	3	0	0	0	0	3
Stadium III	0	0	2	2	24	0	28
Stadium IV	0	0	0	0	0	46	46
Stadium V	0	0	0	0	0	0	0
Sumace	1	3	2	2	24	46	78



Graf 1. Srovnání průměrného IKDC (modré sloupce) a Tegnerova-Lysholmova skóre (červené sloupce) před zákrokem a 24 měsíců od operace.

VÝSLEDKY

Po zhodnocení výsledků bylo zjištěno výrazné zlepšení stability kolenního kloubu ve 12 a 24 měsících oproti stavu před operací u všech sledovaných pacientů ($p = 0,001$). Průměrná hodnota Tegnerova-Lysholmova skóre předoperačně byla 54 (41–62) a ve 24 měsících po výkonu byla 86,1 (74–96). Průměrná hodnota IKDC skóre vzrostla ze 48 (42–56) na 91 (73–97) bodů (tab. 2, graf 1). Ve sledované skupině pacientů nebyl nalezen statisticky významný rozdíl ve skórovacích dotaznících mezi jednotlivými typy štěpů ($p = 0,1$).

Lachmanův příznak byl u všech pacientů před plastikou PZV pozitivní, s odstupem 12 i 24 měsíců po operaci byl u 96 % negativní (tab. 3). Ve skupině BTB byla průměrná hodnota předozadní translace tibie ve 24 měsících 1,6 mm oproti 1,9 mm u STD, tento rozdíl však nebyl

Tab. 2. Subjektivní spokojenost pacientů dle IKDC

IKDC	A	B	C	D
N = 78	Normální	Téměř normální	Abnormální	Silně abnormální
Počet pacientů	57	14	7	0
% pacientů	73	18	9	0

Tab. 3. Objektivní hodnocení stability kolenního kloubu pomocí Lachmanova testu

N = 78	Normální	Téměř normální	Abnormální	Silně abnormální
Lachmanův test	0–2 mm	3–5 mm	6–10 mm	>10 mm
Počet pacientů	53	22	3	0
% pacientů	68	28	4	0

Tab. 4. Rozsah pohybu operovaného kolena

N = 78	A	B	C	D
deficit extenze	<3°	3–5°	6–10°	>10°
deficit flexe	0–5°	6–15°	16–25°	>25°
Počet pacientů	70	7	0	1 (Cyclops sy.)
% pacientů	89,7	9	0	1,3

statisticky významný ($p = 0,3$), (tab. 3.). Ve sledované skupině byl rozsah pohybu plný s minimálním omezením do flexe a extenze u 70 pacientů (89,7 %), malé omezení do 15° flexe a 5° extenze u 7 pacientů (9 %) a výrazné omezení nad 10° extenze pouze u 1 pacienta (1,3 %) s nutností operační intervence a nálezem Cyclops léze (tab. 4.).

Všichni pacienti z podskupiny transepifyzární techniky dosáhli velmi dobrých funkčních výsledků. V této podskupině nedošlo k reruptuře PZV či rozvoji funkčně významné deformity kloubu v odstupu 24 měsíců od operace. Reruptura štěpu PZV byla zjištěna celkově u 5 pacientů (6,4 %) a došlo k ní v průměru 13,5 měsíců od primární operace (9–18 měsíců). Ve všech případech se jednalo o traumatickou rerupturu. Ve sledovaném souboru nebyl nalezen případ netraumatické subjektivní nestability kolenního kloubu po primární operaci. Ve sledované skupině pacientů nedošlo k infekčním komplikacím ani k rozvoji klinicky detekované hluboké žilní trombózy. Ve 2 případech (2,5 %) došlo k prominenci fixačního materiálu nad povrch kosti. Jednalo se o tibiální šroub po BTB technice v jednom případě a hlavičku fixačního pinu u hamstringového štěpu v případě druhém. Obě komplikace byly řešeny revizní operací a úpravou prominujícího materiálu bez dalších klinických následků.

DISKUSE

Poranění PZV u dětí a dospívajících je stále kontroverzním tématem, přičemž doposud není určen standardní postup ošetření poranění kolenního kloubu v tomto věku. Největší kontroverze je v určení optimálního věku pacienta vhodného pro rekonstrukci PZV a operační techniky. O'Conner (26) dělí fyziologický zánik ploténky v oblasti kolenního kloubu do pěti etap dle rtg nálezu (fáze 0 – neuzavřená růstová ploténka, fáze 1 – počínající uzávěr, fáze 2 – probíhající uzávěr, fáze 3 – čerstvě proběhlý uzávěr, fáze 4 – kompletní uzávěr). Za zcela bezpečnou pro transfyzární fixaci štěpu považujeme v rámci této klasifikace fázi 3 a 4. Pro účely naší studie jsme však zvolili ve shodě s ostatními autory, s cílem možnosti komparace výsledků s literárními zdroji Tannerovu věkovou klasifikaci (1, 14, 16, 32).

V současné literatuře je v dnešní době běžně popisována rekonstrukce transfyzární technikou u pacientů starších 14 let (12, 13, 14, 15, 16). Studie prováděné na zvířecích modelech prokázaly, že kanály zabírající více než 7–9 % růstové ploténky mohou způsobit zastavení růstu či rozvoj úhlové deformity (4, 10, 20). Za bezpečnou velikost kanálů procházejících přes růstovou ploténku je považován průměr do 6 mm (12). Na základě výše uvedených výstupů byly pro pacienty věkové kategorie Tanner I–II popsány techniky transepifyzárních rekonstrukcí zkříženého vazů, které neprocházejí přes růstovou ploténku (3). Danou metodu náhrady PZV jsme v rámci našeho souboru použili u 4 pacientů s nízkou kostní zralostí a plně otevřenými růstovými spárami ve skupině Tanner I–II. V této skupině pacientů nebyl pozorován rozvoj růstové deformity ani nestability v období 24 měsíců od operace.

Navzdory dobrým výsledkům na tomto limitovaném počtu pacientů však považujeme rekonstrukci PZV u dětí bez rtg známek uzavírání růstové ploténky za relativně rizikovou vzhledem k potenciální možnosti rozvoje růstové deformity či selhání štěpu (2, 13, 14). Stále není dostatečně znám také případný vliv růstu na biomechanické vlastnosti štěpu a dlouhodobý vliv operačního zásahu do růstové ploténky. Na základě zhodnocení vlastních výsledků však považujeme za ideální dobu pro rekonstrukci PZV věk nad 15 let. V tomto věku si již pacient plně uvědomuje rozsah výkonu a je schopen lépe spolupracovat při následné pooperační péči. U pacientů mladších 15 let je sice rekonstrukce PZV již technicky možná, dle naší zkušenosti je však nezbytnost operačního řešení v tomto věku vzhledem k výše uvedeným skutečnostem relativní. Také dle jiných autorů lze konzervativní terapií u pacientů v této věkové skupině dosáhnout dobrých výsledků (1, 4, 24).

Jedním z hlavních cílů práce bylo zhodnocení dlouhodobých výsledků předozadní stability kolenního kloubu. Vzhledem k věku pacientů bylo jako hlavní kritérium určeno objektivní zhodnocení za využití instrumentovaného Lachmanova testu za použití rollimetru (23). V současné literatuře je sice patrný ústup od hodnocení výsledků náhrady PZV pouze na základě objektivního hodnocení předozadní stability, a to vzhledem k faktu, že toto kritérium bývá ovlivněno různými faktory (7, 32). Větší důraz je v současné době kladen na vyhodnocení subjektivního hodnocení pacientem. U pacientů dětského věku je však limitovaná spolupráce při hodnocení subjektivních skórovacích dotazníků, zatímco hodnocení stability kolenního kloubu rollimetrem je objektivní a snadno reprodukovatelné (23).

Ve sledovaném souboru bylo dosaženo dobrých klinických výsledků. Tyto výsledky jsou srovnatelné s obdobnými studiemi v literatuře (1, 5, 19, 21). Subjektivní hodnocení funkce kolenního kloubu na základě upravených skórovacích dotazníků rovněž vykazuje dobré klinické výsledky, které jsou v souladu s výsledky u dospělých pacientů (17, 30, 31). Při hodnocení nebyl prokázán rozdíl mezi jednotlivými technikami, typy štěpů a fixačními implantáty. Rovněž jsme nepozorovali výraznější omezení hybnosti či nestabilitu kolenního kloubu při užití transtibiálního způsobu cílení femorálního kanálu (16, 23, 28, 33). V rámci naší studie byly hodnoceny výsledky operační terapie, nebyly však přímo porovnány s výsledky konzervativní léčby, což je jednou z limitací studie.

Často diskutovaným tématem je volba štěpu pro rekonstrukci PZV (11). V našem souboru byl typ štěpu volen dle preference operátora. U pacientů mladších 16 let jsme volili náhradu za použití m. semitendinosus a m. gracilis s cílem šetřit apofýzu tibiální tuberozity, u starších pacientů byl dle volby operátora použit také štěp z lig. patellae. Při hodnocení výsledků jsme nenalezli statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými štěpy ($p = 0,3$), hodnocení však bylo retrospektivní a nebylo možno pacienty randomizovat, tak aby byl omezen vliv preference operátora na volbu štěpu, což hodnotíme jako dílčí limitaci této studie.

ZÁVĚR

Z našich výsledků vyplývá, že operační řešení poranění PZV je dostatečně bezpečnou a spolehlivou metodou léčby, obdobně jako u dospělých pacientů. Současně v naší studii nebyl prokázán vliv použitého štěpu na pooperační výsledky. Indikace k operačnímu řešení a časování výkonu s ohledem na věk pacienta však zůstává vysoce individuální. Za zcela bezpečnou pro transfyziární fixaci štěpu považujeme hranici 15 let ve fázi čerstvého nebo kompletního uzavření růstové ploténky. U mladších pacientů ve fázi neuzavřené růstové ploténky lze využít s ohledem na spolupráci pacienta v pooperačním období transepifyziární techniku fixace štěpu, kterou však považujeme za technicky náročnější a rizikovější. Vzhledem ke specifickým poměrům v anatomii dětského kolena by měla být péče o dětské pacienty s poškozením PZV soustředěna do specializovaných center.

Literatura

1. AICHROTH, P. M., PATEL, D. V., ZORRILLA, P.: The natural history and treatment of rupture of the anterior cruciate ligament in children and adolescents. A prospective review. *J. Bone Jt Surg.*, 84-B: 38–41, 2002.
2. BONNARD, C., FOURNIER, J., BABUSIAUX, D., PLANCHE-NAULT, M., BERGERAULT, F., DE COURTIVRON, B.: Physal-sparing reconstruction of anterior cruciate ligament tears in children: results of 57 cases using patellar tendon. *J. Bone Jt Surg.*, 93-B: 542–547, 2011.
3. CALVO, R., FIGUEROA, D., GILI, F., VAISMAN, A., MOCOÇAIN, P., ESPINOSA, M., LEÓN, A., ARELLANO, S.: Transphysal anterior cruciate ligament reconstruction in patients with open physes: 10-year follow-up study. *Am. J. Sports Med.*, 43: 289–294, 2015.
4. EDWARDS, T. B., GREENE, C. C., BARATTA, R. V., ZIESKE, A., WILLIS, R. B.: The effect of placing a tensioned graft across open growth plates: A gross and histologic analysis. *J. Bone Jt Surg.*, 83-A: 725–734, 2001.
5. FROBELL, R. B., ROOS, H. P., ROOS, E. M., ROEMER, F. W., RANSTAM, J., LOHMANDER, L. S.: Treatment for acute anterior cruciate ligament tear: five year outcome of randomised trial. *BMJ*, 346: f232, 2013.
6. GAUSDEN, E. B., CALCEI, J. G., FABRICANT, P. D., GREEN, D. W.: Surgical options for anterior cruciate ligament reconstruction in the young child. *Curr. Opin. Pediatr.*, 27: 82–91, 2015.
7. GÜRTLER, R. A., STINE, R., TORG, J. S.: Lachman test evaluated. Quantification of a clinical observation. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 216: 141–150, 1987.
8. HAVLAS, V., KAUTZNER, J., TRČ, T., KAPLAN, A.: Artroskopická léčba avulze interkondylické eminence u dětí za použití zkřížených Ki-drátů. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 78: 343–347, 2011.
9. HEFTI, F., MÜLLER, W., JAKOB, R. P., STÄUBLI, H. U.: Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 1: 226–234, 1993.
10. JANARV, P. M., WIKSTROM, B., HIRSCH, G.: The influence of transphysal drilling and tendon grafting on bone growth: An experimental study in the rabbit. *J. Pediatr. Orthop.*, 18: 149–154, 1998.
11. KATANABI, M., DIJAN, P., CHRISTEL, P.: Anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon autograft versus four-strand hamstring tendon autografts. A comparative study one year follow-up. *Rev. Chir. Orthop. Reparatrice Appar. Mot.*, 88: 139–148, 2002.

12. KERCHER, J., XEROGEANES, J., TANNENBAUM, A., ALHAKIM, R., BLACK, J. C., ZHAO, J.: Anterior cruciate ligament reconstruction in the skeletally immature: an anatomical study utilizing 3-dimensional magnetic resonance imaging reconstructions. *J. Pediatr. Orthop.*, 29: 124–129, 2009.
13. KOCH, P. P., FUCENTESE, S. F., BLATTER, S. C.: Complications after epiphyseal reconstruction of the anterior cruciate ligament in prepubescent children. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, [Epub ahead of print], 2014.
14. KOCHER, M. S., GARG, S., MICHELI, L. J.: Physeal sparing reconstruction of the anterior cruciate ligament in skeletally immature prepubescent children and adolescents. *Surgical technique. J. Bone Jt Surg.*, 88-A (Suppl. 1, Pt 2): 283–293, 2006.
15. KOCHER, M. S., SAXON, H. S., HOVIS, W. D., HAWKINS, R. J.: Management and complications of anterior cruciate ligament injuries in skeletally immature patients: survey of the Herodicus Society and The ACL Study Group. *J. Pediatr. Orthop.*, 22: 452–457, 2002.
16. KOCHER, M. S., SMITH, J. T., ZORIC, B. J., LEE, B., MICHELI, L. J.: Transphyseal anterior cruciate ligament reconstruction in skeletally immature pubescent adolescents. *J. Bone Jt Surg.*, 89-A: 2632–2639, 2007.
17. LEE, D. Y., KARIM, S. A., CHANG, H. C.: Return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction – a review of patients with minimum 5-year follow-up. *Ann. Acad. Med. Singapore*, 37: 273–278, 2008.
18. LEEBERG, V., LEKDORF, J., WONG, C., SONNE-HOLM, S.: Tibial eminence avulsion fracture in children – a systematic review of the current literature. *Dan. Med. J.*, 61: A4792, 2014.
19. LO, I. K., KIRKLEY, A., FOWLER, P. J., MINIACI, A.: The outcome of operatively treated anterior cruciate ligament disruptions in the skeletally immature child. *Arthroscopy*, 5: 627–634, 1997.
20. MÄKELÄ, E. A., VAINIONPÄÄ, S., VIHTONEN, K., MERO, M., ROKKANEN, P. J.: The effect of trauma to the lower femoral epiphyseal plate. An experimental study in rabbits. *Bone Jt Surg.*, 70-B: 187–191, 1988.
21. MAKHMALBAF, H., MORADI, A., GANJI, S., OMIDI-KASHANI, F.: Accuracy of Lachman and Anterior Drawer Tests for Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Arch. Bone Jt Surg.*, 1: 94–97, 2013.
22. MARSHALL, W. A., TANNER, J. M.: Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Arch. Dis. Child.*, 44(235): 291–303, 1969.
23. MAŠÁT, P., TRČ, T., DYLEVSKÝ, L., HAVLAS, V.: Zhodnocení dlouhodobých výsledků operací náhrad LCA kolenního kloubu klinicky a pomocí rollimetru. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 72: 32–37, 2005.
24. MIZUTA, H., KUBOTA, K., SHIRAISHI, M., OTSUKA, Y., NAGAMOTO, N., TAKAGI, K.: The conservative treatment of complete tears of the anterior cruciate ligament in skeletally immature patients. *J. Bone Jt Surg.*, 77-B: 890–894, 1995.
25. MOHTADI, N., GRANT, J.: Managing anterior cruciate ligament deficiency in the skeletally immature individual: a systematic review of the literature. *Clin. J. Sport Med.*, 16: 457–464, 2006.
26. O'CONNOR, J. E., BOGUE, C., SPENCE, L. D., LAST, J.: A method to establish the relationship between chronological age and stage of union from radiographic assessment of epiphyseal fusion at the knee: an Irish population study. *J. Anat.*, 212: 198–209, 2008.
27. PARKKARI, J., PASANEN, K., MATTILA, V. M., KANNUS, P., RIMPELA, A.: The risk for a cruciate ligament injury of the knee in adolescents and young adults: a population-based cohort study of 46,500 people with a 9-year follow-up. *Br. J. Sports. Med.*, 42: 422–426, 2008.
28. PIASECKI, D. P., BACH, B. R. JR., ESPINOZA, ORIAS A. A., VERMA, N. N.: Anterior cruciate ligament reconstruction: can anatomic femoral placement be achieved with a transtibial technique? *Am. J. Sports. Med.*, 39: 1306–1315, 2011.
29. SHEA, K. G., APEL, P. J., PFEIFFER, R. P.: Anterior cruciate ligament injury in paediatric and adolescent patients: a review of basic science and clinical research. *Sports Med.*, 33: 455–471, 2003.
30. TEGNER, Y., LYSHOLM, J.: Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 198: 43–49, 1985.
31. TEGNER, Y., LYSHOLM, J., ODENSTEN, M., GILLQUIST, J.: Evaluation of cruciate ligament injuries. A review. *Acta Orthop. Scand.*, 59: 336–341, 1988.
32. VAN ECK, C. F., VAN DEN BEKEROM, M. P., FU F. H., POOLMAN, R. W., KERKHOFFS, G. M.: Methods to diagnose acute anterior cruciate ligament rupture: a meta-analysis of physical examinations with and without anaesthesia. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 21: 1895–1903, 2013.
33. VOLPI, P., CERVELLIN, M., BAIT, C., PROSPERO, E., MOUSA, H., REDAELLI, A., QUAGLIA, A., DENTI, M.: Transphyseal anterior cruciate ligament reconstruction in adolescents. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, [Epub ahead of print], 2015.

Korespondující autor:

MUDr. Theodoros Philippou

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

V Úvalu 84

150 06 Praha 5

E-mail: Theodoros.Philippou@fnmotol.cz