

Zadní sklon tibie jako rizikový morfologický faktor kolena u náhrady PZV: hodnocení souboru pacientů

Posterior Tibial Slope as a Morphological Risk Factor for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: a Retrospective Cohort Study

R. KALINA¹, D. MELECKÝ¹, P. NEORAL¹, J. GALLO¹, M. SIGMUND²

¹ Ortopedická klinika Lékařské fakulty Univerzity Palackého v Olomouci a Fakultní nemocnice Olomouc

² Aplikační centrum BALUO, Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

Increased tibial slope facilitates anterior translation of tibia relative to the femur, thereby increasing the load on both the native and replaced anterior cruciate ligament. This study aims to retrospectively review the posterior tibial slope in a cohort of our patients after the ACL reconstruction and revision ACL reconstruction. Based on the results obtained by measurements, we aimed to confirm or disprove the claim that the increased posterior tibial slope is one of the risk factors of the ACL reconstruction failure. Another aim of the study was to assess whether there are any correlations between the posterior tibial slope and basic somatic parameters (height, weight, BMI) or the patient's age.

MATERIAL AND METHODS

The posterior tibial slope was measured retrospectively on lateral X-rays of 375 patients. There were 83 revision reconstructions and 292 primary reconstructions performed. The patient's age at the time of injury, height and weight were recorded and the BMI was calculated. The findings were then statistically analysed.

RESULTS

The mean posterior tibial slope in 292 primary reconstructions was 8.6 degrees, whereas the mean posterior tibial slope in 83 revision reconstructions was 12.3 degrees. The difference between the studied groups was statistically ($p < 0.0001$) and substantively significant ($d = 1.35$).

In the breakdown into men and women, the mean tibial slope was 8.6 degrees in the group of men with primary reconstruction and 12.4 degrees in the group of men with revision reconstruction ($p < 0.0001$, $d = 1.38$). A similar result was achieved in women where in the group with primary reconstruction the mean tibial slope was 8.4 degrees, while in the group with revision reconstruction it was 12.3 degrees ($p < 0.0001$, $d = 1.41$).

Furthermore, a higher age in men at the time of revision surgery ($p = 0.009$; $d = 0.46$) and a lower BMI in women at the time of revision surgery ($p = 0.0342$; $d = 0.12$) were observed. Conversely, neither height nor weight were different, both when comparing the whole groups and the groups in a breakdown by sex.

DISCUSSION

As regards the main aim, our results are in line with the results reported by majority of other authors, and they are substantively significant. The posterior tibial slope is a significant risk factor in anterior cruciate ligament replacements, with tibial slope above 12 degrees increasing the risk of ligament failure, namely both in men and women. On the other hand, this is obviously not the sole cause of the ACL reconstruction failure since there are also other risk parameters. It is not yet clear whether it makes sense to indicate correction osteotomy before the ACL replacement in all patients with an increased posterior tibial slope.

CONCLUSIONS

Our study confirmed a greater posterior tibial slope in the revision reconstruction group compared to the primary reconstruction group. Thus, we confirmed that greater posterior tibial slope may be a factor leading to the ACL reconstruction failure. Since the posterior tibial slope is easily measured on the baseline X-rays, we recommend to perform this measurement routinely before each ACL reconstruction. In the case of a high posterior tibial slope, slope correction should be considered to prevent potential ACL reconstruction failure.

Key words: anterior cruciate ligament reconstruction, ACL graft failure, morphological risk factors, posterior tibial slope.

ÚVOD

Poranění předního zkříženého vazy (PZV) patří mezi nejčastější úrazy kolenního kloubu především u sportovců. Incidence se udává až 60 případů na 100 000 obyvatel ročně. Artroskopická náhrada předního zkříženého

vazu se stala zlatým standardem při řešení ruptury PZV. Selhání nahrazeného vazy patří mezi obávané komplikace této metody (22).

Morfologické faktory jako předozadní sklon tibie (PTS – posterior tibial slope), velikost interkondylické fossy, tvar interkondylické fossy, velikost interkondylické

ké eminence anebo laterální femorální kondylický index se považují za významné rizikové faktory jak poranění PZV, tak jsou důležité pro úspěch rekonstrukce PZV a jeho pozdější přežívání (21). Této problematice je v posledních letech věnována velká pozornost (2, 11, 15, 16). Právě zvýšený zadní sklon tibie se ukazuje jako jeden z nejpodstatnějších faktorů (11, 15, 16). Klinické studie potvrdily souvislost mezi zvýšeným zadním sklonem tibie a insuficiencí štěpu po rekonstrukci předního zkříženého vazů (4,12). Zvýšený zadní sklon tibie usnadňuje přední translaci tibie vůči femuru, a tím zvyšuje sílu působící jak na nativní, tak na nahrazený přední zkřížený vaz (8, 9, 10).

Cílem práce bylo zhodnocení zadního sklonu tibie u souboru pacientů po plastice a replastice předního zkříženého vazů operovaných na našem pracovišti a porovnat tyto skupiny pacientů. Na podkladě naměřených výsledků jsme chtěli potvrdit či vyvrátit, že morfologický faktor „zvýšený zadní sklon tibie“ je jedním z rizikových faktorů pro selhání plastiky PZV. Dalším cílem práce bylo posouzení, zda existují korelační vztahy mezi zadním sklonem tibie a základními somatickými parametry (výška, váha, BMI) a věkem pacientů.

MATERIÁL A METODIKA

Soubor pacientů

Do studie bylo vybráno 503 pacientů z naší databáze náhrad PZV operovaných v letech 2014–2018. Z toho bylo 400 pacientů s primární náhradou PZV a 103 pacientů s replastikou vazů. Ze studie byli vyloučeni pacienti, u kterých nebylo možno dostatečně kvalitně zhodnotit boční rtg snímek (absence bočního snímku, nekvalitní boční rtg snímek, nedostatečné zobrazení distální části tibie nutné k určení osy). Dále byli vyloučeni pacienti s neúplnými vstupními daty (absence výšky, váhy nebo věku v době operace). Z celkového počtu 503 pacientů tak bylo vyselektováno 375 pacientů. Z toho 83 replastik a 292 primoplastik PZV. Z celkového počtu 83 replastik bylo 56 mužů průměrného věku 35 let a 27 žen průměrného věku 31 let. U 292 primoplastik bylo zastoupeno 204 mužů, průměrného věku 31 let a 88 žen, průměrného věku 35 let (tab. 1).

Protokol studie

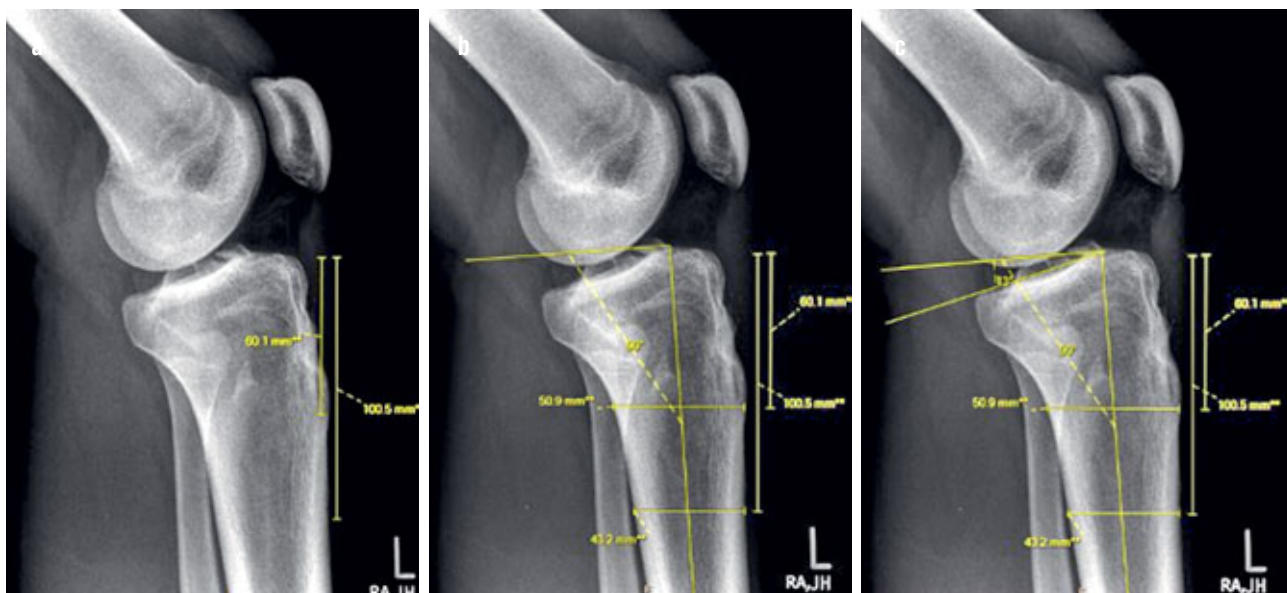
Jde o retrospektivní studii, ve které byl měřen zadní sklon tibie na bočních rentgenových projekcích u dvou

Tab. 1. Hodnocení a porovnání výsledků skupin s primární plastikou a s replastikou

Table 1. Evaluation and comparison of the outcomes of primary reconstruction and revision reconstruction groups

Sledované parametry (Total; n = 375)	Replastiky (n = 83)		Primoplastiky (n = 292)		Komparace	
	M	SD	M	SD	Δ	p
Tibiální úhel (zadní sklon tibie)	12,3	3,11	8,6	2,64	3,7	<0,0001
Věk v době operace (v letech)	33,5	9,82	31,7	10,36	1,8	0,1058
Tělesná výška (cm)	177,2	8,13	177,4	8,72	0,2	0,6217
Tělesná hmotnost (kg)	78,6	13,47	80,8	14,36	2,2	0,2813
BMI (kg/m ²)	24,9	3,11	25,6	3,54	0,7	0,3107
Sledované parametry (Muži; n = 260)	Replastiky (n = 56)		Primoplastiky (n = 204)		Komparace	
	M	SD	M	SD	Δ	p
Tibiální úhel (zadní sklon tibie)	12,4	3,24	8,6	2,61	3,8	<0,0001
Věk v době operace (v letech)	34,8	8,94	30,5	9,45	4,3	0,0009
Tělesná výška (cm)	180,3	6,55	181,3	6,30	1,0	0,3764
Tělesná hmotnost (kg)	84,2	11,67	85,4	12,53	1,2	0,8315
BMI (kg/m ²)	25,8	2,66	26,0	3,33	0,2	0,6684
Sledované parametry (Ženy; n = 115)	Replastiky (n = 27)		Primoplastiky (n = 88)		Komparace	
	M	SD	M	SD	Δ	p
Tibiální úhel (zadní sklon tibie)	12,3	2,88	8,4	2,72	3,9	<0,0001
Věk v době operace (v letech)	30,9	11,16	34,7	11,75	3,8	0,1589
Tělesná výška (cm)	170,9	7,49	168,3	6,53	2,6	0,2042
Tělesná hmotnost (kg)	67,1	8,87	70,1	12,54	3,0	0,4262
BMI (kg/m ²)	23,0	3,13	24,7	3,87	1,7	0,0342

Legenda: M – aritmetický průměr; SD – směrodatná odchylka; Δ – hodnota rozdílu; p – statistická významnost
Legend: M – arithmetic mean; SD – standard deviation; Δ – value of the difference; p – statistical significance



Obr. 1. Postup měření zadního sklonu tibie na bočním rtg snímku:

a – měření vzdáleností 6 a 10 cm od horní hrany tibie; b – určení osy tibie: spojení středů šířky tibie ve vzdálenosti 6 a 10 cm od horního okraje; c – vlastní měření zadního sklonu tibie: úhel mezi zadním sklonem tibiálního plata a linie kolmé k ose tibie.

Fig. 1. Measuring posterior tibial slope on a lateral X-ray:

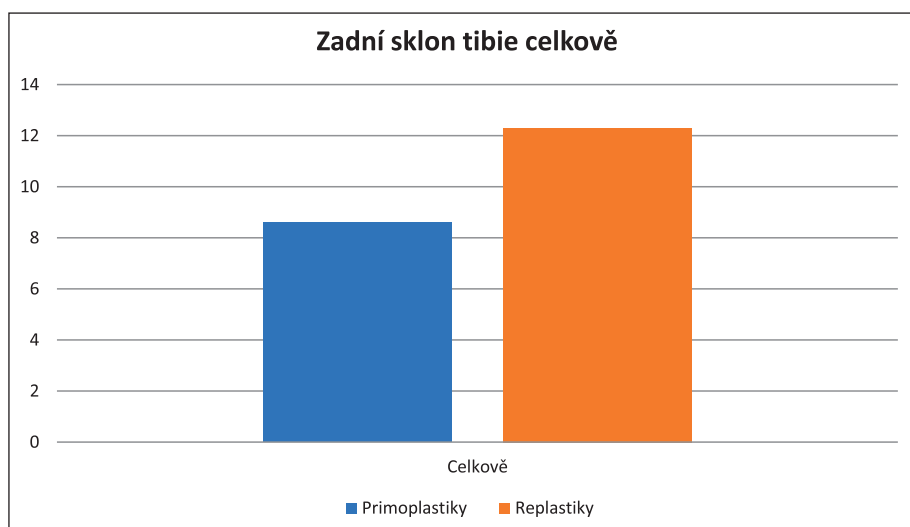
a – measuring distances at 6 and 10 cm from the upper edge of the tibia; b – defining the tibial axis: connecting the centres of tibia width at 6 and 10 cm from the upper edge; c – actual measurement of the posterior tibial slope: angle between the posterior slope of the tibial plateau and the line perpendicular to the tibial axis.

skupin pacientů. V první skupině byli pacienti, kteří podstoupili primární rekonstrukci předního zkříženého vazy, a ve druhé pacienti s replastikou PZV. Dále byl zaznamenán věk pacientů v době operace, pohlaví, výška, váha a BMI. Tyto hodnoty byly statisticky porovnávány ve vztahu k zadnímu sklonu tibie v jednotlivých skupinách.

Zadní sklon tibie byl hodnocen na předoperačním rtg snímku jako úhel mezi zadním sklonem tibiálního plata a linie kolmé k ose tibie. Pro určení osy tibie byly měřeny dvě vzdálenosti a to první 6 cm pod přední hranou tibie, tedy pod úrovní tuberozity a druhá 10 cm pod přední hranou tibie (obr. 1a). V těchto dvou úrovních byla změřena šířka tibie a jejím středem byla vedena přímka, která určovala osu tibie. Na tuto osu byla vedena kolmá linie (obr. 1b). Úhel mezi zadním sklonem tibiálního plata a linie kolmé k ose tibie nám určuje zadní sklon tibie (obr. 1c) (18).

Statistické zhodnocení

Statistické zpracování výsledků bylo provedeno pomocí programu Statgraphics vers. 20.0. Pro každou



Graf 1. Porovnání průměrného zadního sklonu tibie u pacientů ve skupině primárních plastik LCA a replastik.

Chart 1. Comparison of the mean posterior tibial slope in patients of the primary ACL reconstruction and revision reconstruction groups.

proměnnou byly vypočteny základní statistické veličiny a posouzena normalita rozložení metodou Shapiro-Wilkovův test. Pro statistické hodnocení signifikance diferencí průměrných hodnot byl aplikován Mannův-Whitneyův U test. Pro posouzení míry statistické závislosti mezi sledovanými veličinami byl aplikován Spearmanův koeficient pořadové korelace. Hladina statistické významnosti byla testována na úrovni $p \leq ,05$; $p \leq ,01$. Formálně-logická významnost, věcná významnost (Effect of Size) byla hodnocena pomocí Cohenova d ,

příměř hodnota d 0,2 znamená nevýznamnou, malou změnu; d mezi 0,2 a 0,5 znamená středně významnou změnu a d 0,8 označuje velkou změnu stavu (14).

VÝSLEDKY

Hodnocení zadního sklonu tibie

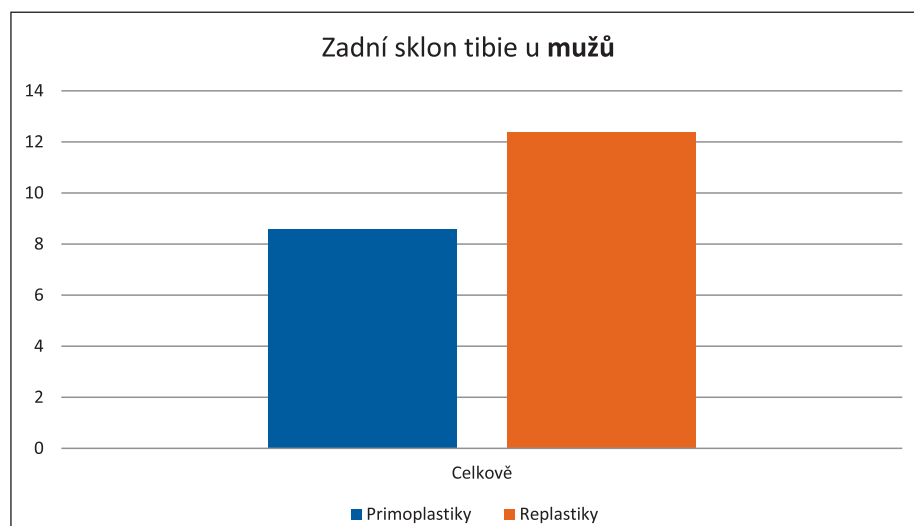
Průměrný tibiální úhel (zadní sklon tibie) ve skupině 292 pacientů s primární náhradou PZV byl $8,6^\circ$, naproti tomu u 83 reoperovaných pacientů byl průměrný úhel $12,3^\circ$ (graf 1). Hodnota rozdílu sledovaných skupin byla statisticky ($p < 0,0001$) i věcně významná ($d = 1,35$). Při rozdělení skupin na muže a ženy byl naměřen průměrný tibiální úhel u mužů s primární plastikou $8,6^\circ$ a u replastik $12,4^\circ$ ($p < 0,0001$, $d = 1,38$) (graf 2). Podobný výsledek byl zaznamenán i u žen, kde ve skupině primoplastik byla průměrná hodnota tibiálního úhlu $8,4^\circ$ a u replastik $12,3^\circ$, opět se statistickou a věcnou významností ($p < 0,0001$, $d = 1,41$) (graf 3).

Hodnocení vztahu základních somatických údajů

U mužů byl zaznamenán v době reoperace vyšší věk ($p = 0,009$; $d = 0,46$), u žen bylo v době reoperace zjištěno významně nižší BMI ($p = 0,0342$), ale bez věcné významnosti ($d = 0,12$). Naopak výška ani váha se nelišily při porovnání celých souborů, ani po rozdělení podle pohlaví. Kompletní hodnoty a naměřené výsledky skupin s primární plastikou a s replastikou PZV jsou uvedeny v tabulkách 1 a 2.

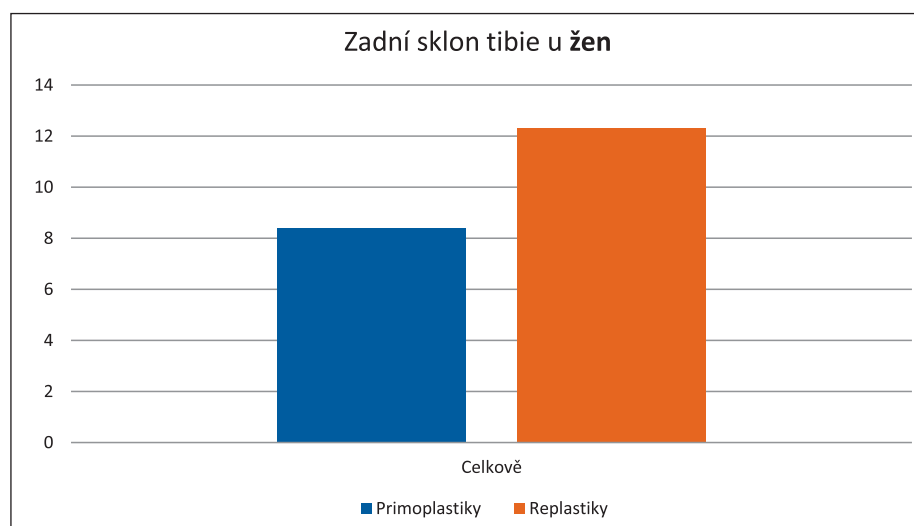
DISKUSE

Výsledky práce prokázaly statisticky významný rozdíl zadního sklonu tibie mezi skupinou primárních náhrad PZV ($8,6^\circ$) a skupinou replastik ($12,3^\circ$). I přestože nebyla v naší studii provedena selekce replastik dle příčiny selhání, tak jsme prokázali, že průměrný zadní sklon tibie je v této skupině významně vyšší než ve skupině primárních náhrad.



Graf 2. Porovnání průměrného zadního sklonu tibie u mužů ve skupině primárních plastik LCA a replastik.

Chart 2. Comparison of the mean posterior tibial slope in men of the ACL primary reconstruction and revision reconstruction groups.



Graf 3. Porovnání průměrného zadního sklonu tibie u žen ve skupině primárních plastik LCA a replastik.

Chart 3. Comparison of the mean posterior tibial slope in women of the ACL primary reconstruction and revision reconstruction groups.

Ve studii provedené Webem a kol. byla jako rozdělovací pro zvýšené riziko selhání PZV navržena hodnota 12° (64 % výskyt reruprury PZV). Stejní autoři uvádějí, že radiografický sklon 12° způsobil pětinasobné zvýšení pravděpodobnosti selhání rekonstrukce PZV (29). V naší studii jsme zjistili průměrnou hodnotu zadního sklonu tibie u mužů se selháním plastiky PZV $12,3^\circ$ a u žen $12,4^\circ$. Rozdělovací hodnotu 12° potvrdili i další studie (19) a zdá se tedy téměř jisté, že pacienti s tímto zadním sklonem mají zvýšené riziko předčasného selhání plastiky PZV.

Náhrada PZV patří mezi nejčastější rekonstrukční výkony na koleně, analýza důvodů selhání operace je

proto zcela zásadní a probíhá několik desetiletí. Stejně tak dlouho se ovšem vyvíjí i operační technika, včetně umístění štěpu, jeho tloušťky, napětí či fixačních prostředků. Roli hraje i úroveň pooperační zátěže, věk a pohlaví pacienta a další faktory. Předěšlé studie ukázaly, že zvýšený sklon tibie je spojen s větší přední translací tibie vůči femuru a to tak, že na každých 10° zvýšeného sklonu, se tibia posune o 6 mm dopředu, a to jak u nativního, tak i u nahrazeného předního zkříženého vazy, a tím významně zvyšuje sílu působící na přední zkřížený vaz (13). Podle některých autorů je také rozdíl, jestli je zvýšený sklon laterálně anebo mediálně (20). My jsme měřili posteriorní sklon podle dříve publikovaného postupu, stejně jako další autoři a domníváme se, že není možné na bočním snímku spolehlivě odlišit mediální a laterální PTS.

Přestože jsme pro zvýšený zadní sklon tibie zjistili silnou věcnou významnost („velký efekt“), nepůjde nejspíše o silný nezávislý rizikový faktor, a tedy ani o jednoduchou kauzalitu, spíše o kontextuální a multifaktoriální riziko. Teoretických důvodů je několik. Možná i proto existují studie, které nenašly vztah mezi zvýšeným zadním sklonem tibie (měřeným na rentgenových snímcích) a rizikem selhání plastiky PZV (5, 7, 26). Ve studii Coopera a kol., která zahrnovala pouze mladé pacienty (<22 let v době rekonstrukce), nebyla nalezena žádná souvislost mezi zvýšeným mediálním nebo laterálním PTS a potřebou revizní operace. Stejní autoři zjistili, že více pacientů v revizní skupině mělo laterální PTS $\geq 12^\circ$ (5). Nesoulad mezi jejich studií a našimi zjištěními je možné vysvětlit mimo jiné i tím, že Cooper a kol. vytvořili svou kohortu z velké databáze, ve které nebyl znám ani počet zúčastněných chirurgů, ani jejich specializace. Zatímco v naší databázi jsou pouze pacienti operovaní specialisty, resp. pod dohledem specialistů na rekonstrukce PZV.

Zajímavou otázkou je, co vede k vyššímu zadnímu sklonu tibie, proč se u některých lidí vůbec rozvine, když je pro PZV a koleno mechanicky nevýhodný? Rozvine se pouze na postiženém anebo i druhostranném koleně? Podle některých autorů se zdá, že by mohlo jít také o intra-individuální variaci, protože druhostranné nepostižené koleno mívá nižší PTS. Dæhlin ve své studii u 728 pacientů s roztržením PZV nenalezl žádnou významnou souvislost mezi strmým PTS a pozdější revizní operací, ale byl pozorován strmější PTS u poraněných kolen ve srovnání se skupinou nezraněných kolen (7). Není

ovšem zatím jasné, proč k vyššímu PST na jedné straně dochází, zatímco na druhé nikoliv.

Zadní sklon tibie, na rozdíl od ostatních prokázaných rizikových morfologických faktorů (velikost interkondylické fossy, tvar interkondylické fossy, velikost interkondylické eminence anebo laterální femorální kondylický) lze operačně upravit a tím se nám nabízejí nové možnosti preventivních osteotomií při plastice PZV, které snižují přední translaci tibie a významně tak snižují osovou zátěž působící na nahrazený PZV (2, 17). Existují studie, které naznačují, že užití vysoké osteotomie tibie (HTO) ke snížení zadního sklonu tibie (PTS) snižuje anteriorní laxitu u pacientů s nestabilitou kolena (6, 27) a také může chránit plastiku PZV před rupturou (1, 28). Nicméně publikované soubory pacientů jsou zatím malé a délka sledování je krátká. Na druhou stranu operační snížení sklonu tibie může být sice prospěšné u kolena s deficitem PZV, avšak v úvahu je třeba vzít i to, že zvýšený sklon může chránit zadní zkřížený vaz (3). Zřejmě i z tohoto důvodu není zatím korekční osteotomie před plánovanou rekonstrukcí PZV běžně doporučována a nadále bude nutné hledat vyvážené rozhodnutí, které nepoškodí ani PZV, ani zadní zkřížený vaz. Podklady pro nuancované rozhodování by mohla přinést dostatečně rozsáhlá randomizovaná klinická studie s patřičnou délkou sledování.

V literatuře byl opakovaně studován vliv demografických parametrů na přežití plastiky PZV. Vyšší riziko bývá zejména u žen a kontaktních sportů (24). Podle některých studií patří mezi rizikové parametry předčasného selhání štěpu také nižší věk pacientů v době provedení náhrady PZV (23, 25, 30). V naší studii jsme sice zjistili, že byl u mužů vyšší věk v době reoperace nežli u primárních plastik ($p = 0,009$), nicméně věcná významnost byla malá ($d = 0,46$). Překvapivě jsme nezjistili vliv výšky ani váhy, resp. BMI na četnost reoperací plastiky PZV, a to ani u žen, u nichž bylo sice v době reoperace nižší BMI ($p = 0,0342$), avšak věcná významnost nálezu byla rovněž velmi nízká ($d = 0,12$).

Limity studie

Jde o retrospektivní studii. Na druhou stranu do skupiny s replastikou vazy byli zařazeni všichni pacienti odoperovaní v letech 2014–2018 bez selekce příčin selhání PZV. Sledovali jsme pouze základní předoperační data. V úvahu jsme nebrali ani úroveň pohybové aktivity, na kterou se pacient pooperačně dostal, ani ostatní morfologické parametry, které by mohly riziko selhání PZV ovlivňovat, včetně typu a tloušťky použitého štěpu.

ZÁVĚR

Naše studie prokázala větší zadní sklon tibie ve skupině replastik oproti skupině s primární plastikou. Tím jsme potvrdili, že vyšší zadní sklon tibie může být faktorem ovlivňujícím selhání plastiky PZV. Vzhledem k tomu, že zadní sklon tibie je snadno měřitelný na základních rtg snímcích, doporučujeme toto měření provádět rutinně před každou plastikou PZV. V případě vysokého zadního sklonu tibie je možné zvážit korekci

Tab. 2. Věcná významnost podle Cohena (formálně-logická, klinická), srovnání souboru primoplastiky a replastiky
Table 2. Substantive significance according to Cohen (formal logic, clinical), comparison of the primary reconstruction and revision reconstruction groups

Zadní sklon tibie celého souboru	$d = 1,35$
Zadní sklon tibie u mužů	$d = 1,38$
Zadní sklon tibie u žen	$d = 1,41$
Věk v době operace u mužů	$d = 0,46$
BMI u žen	$d = 0,12$

sklonu jako prevenci potenciálního budoucího selhání plastiky PZV.

Literatura

1. Arun GR, Kumaraswamy V, Rajan D, Vinodh K, Singh AK, Kumar P, Chandrasekaran K, Santosh S, Kishore C. Long-term follow up of single-stage anterior cruciate ligament reconstruction and high tibial osteotomy and its relation with posterior tibial slope. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2016;136:505–511.
2. Bayer S, Meredith SJ, Wilson K, de Sa D, Pauyo T, Byrne K, McDonough CM, Musahl V. Knee morphological risk factors for anterior cruciate ligament injury: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am.* 2020;102:703–718.
3. Bernhardtson AS, DePhillipo NN, Daney BT, Kennedy MI, Aman ZS, LaPrade RF. Posterior tibial slope and risk of posterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med.* 2019;47:312–317.
4. Christensen JJ, Krych AJ, Engasser WM, Vanhees MK, Collins MS, Dahm DL. Lateral tibial posterior slope is increased in patients with early graft failure after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2015;43:2510–2514.
5. Cooper JD, Wang W, Prentice HA, Funahashi TT, Maletis GB. The association between tibial slope and revision anterior cruciate ligament reconstruction in patients 21 years old: a matched case-control study including 317 revisions. *Am J Sports Med.* 2019;47:3330–3338.
6. Dean CS, Liechti DJ, Chahla J, Moatshe G, LaPrade RF. Clinical outcomes of high tibial osteotomy for knee instability: a systematic review. *Orthop J Sports Med.* 2016;4:2325967116633419.
7. Dæhlin L, Inderhaug E, Strand T, Parkar AP, Solheim E. The effect of posterior tibial slope on the risk of revision surgery after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* Epub 2021 Nov 18. 2022;50:103–110.
8. Dejour D, Saffarini M, Demey G, Baverel L. Tibial slope correction combined with second revision ACL produces good knee stability and prevents graft rupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* Epub 2015 Aug 23. 2015;23:2846–2852.
9. Dejour D, Pungitore M, Valluy J, Nover L, Saffarini M, Demey G. Preoperative laxity in ACL-deficient knees increases with posterior tibial slope and medial meniscal tears. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* Epub 2018 Sep 29. 2019;27:564–572.
10. Dejour H, Bonnin M. Tibial translation after anterior cruciate ligament rupture. Two radiological tests compared. *J Bone Joint Surg Br.* 1994;76:745–749.
11. DePhillipo NN, Zeigler CG, Dekker TJ, Grantham WJ, Aman ZS, Kennedy MI, LaPrade RF. Lateral posterior tibial slope in male and female athletes sustaining contact versus noncontact anterior cruciate ligament tears: a prospective study. *Am J Sports Med.* Epub 2019 May 24. 2019;47:1825–1830.
12. Grassi A, Signorelli C, Urrizola F, Macchiarola L, Raggi F, Mosca M, Samuelsson K, Zaffagnini S. Patients with failed anterior cruciate ligament reconstruction have an increased posterior lateral tibial plateau slope: a case-controlled study. *Arthroscopy.* 2019;35:1172–1182.
13. Gwinner C, Janosec M, Wierer G, Wagner M, Weiler A. Graft survivorship after anterior cruciate ligament reconstruction based on tibial slope. *Am J Sports Med.* 2021;49:3802–3808.
14. Hendl J, & Remr, J. Metody výzkumu a evaluace. Portál, Praha, 2017.
15. Hendrix ST, Barrett AM, Chrea B, Replogle WH, Hydrick JM, Barrett GR. Relationship between posterior-inferior tibial slope and bilateral noncontact ACL injury. *Orthopedics.* Epub 2016 Oct 18. 2017;40:e136–140.
16. Hodel S, Kabelitz M, Tondelli T, Vlachopoulos L, Sutter R, Fucentese SF. Introducing the lateral femoral condyle index as a risk factor for anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med.* Epub 2019 Jul 11. 2019;47:2420–2426.
17. Imhoff FB, Mehl J, Comer BJ, Obopilwe E, Cote MP, Feucht MJ, Wylie JD, Imhoff AB, Arciero RA, Beitzel K. Slope-reducing tibial osteotomy decreases ACL-graft forces and anterior tibial translation under axial load. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27:3381–3389.
18. Kizilgöz V, Sivrioğlu AK, Ulusoy GR, Yildiz K, Aydin H, Çetin AT. Posterior tibial slope measurement on lateral knee radiographs as a risk factor of anterior cruciate ligament injury: a cross-sectional study. *Radiography.* 2019;25:33–38.
19. Lee CC, Youm YS, Cho SD, Jung SH, Bae MH, Park SJ, Kim HW. Does posterior tibial slope affect graft rupture following anterior cruciate ligament reconstruction? *Arthroscopy.* 2018;34:2152–2155.
20. Li Y, Hong L, Feng H, Wang Q, Zhang H, Song G. Are failures of anterior cruciate ligament reconstruction associated with steep posterior tibial slopes? A case control study. *Chin Med J (Engl).* 2014;127:2649–2653.
21. Lin LJ, Akpinar B, Meslin RJ. Tibial slope and anterior cruciate ligament reconstruction outcomes. *JBJS Reviews.* 2020;8:e0184–e0184.
22. Mahapatra P, Horriat S, Anand BS. Anterior cruciate ligament repair – past, present and future. *J Exp Orthop.* 2018;5:20. doi: 10.1186/s40634-018-0136-6.
23. Maletis GB, Chen J, Inacio MC, Funahashi TT. Age-related risk factors for revision anterior cruciate ligament reconstruction: a cohort study of 21,304 patients from the Kaiser Permanente Anterior Cruciate Ligament Registry. *Am J Sports Med.* 2016;44:331–336.
24. Montalvo AM, Schneider DK, Webster KE, Yut L, Galloway MT, Heidt RS Jr, Kaeding CC, Kremcheck TE, Magnussen RA, Parikh SN, Stanfield DT, Wall EJ, Myer GD. Anterior cruciate ligament injury risk in sport: a systematic review and meta-analysis of injury incidence by sex and sport classification. *J Athl Train.* Epub 2019 Apr 22. 2019;54:472–482. doi:10.4085/1062-6050-407-16.
25. Snaebjornsson T, Svantesson E, Sundemo D, Westin O, Sansone M, Engebretsen L, Hamrin-Senorski E. Young age and high BMI are predictors of early revision surgery after primary anterior cruciate ligament reconstruction: a cohort study from the Swedish and Norwegian knee ligament registries based on 30,747 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27:3583–3591.
26. Su AW, Bogunovic L, Smith MV, Gortz S, Brophy RH, Wright RW, Matava MJ. Medial tibial slope determined by plain radiography is not associated with primary or recurrent anterior cruciate ligament tears. *J Knee Surg.* 2020;33:22–28.
27. Tischer T, Paul J, Pape D, Hirschmann MT, Imhoff AB, Hinterwimmer S, Feucht MJ. The impact of osseous malalignment and realignment procedures in knee ligament surgery: a systematic review of the clinical evidence. *Orthop J Sports Med.* 2017;5:2325967117697287.
28. Walker J, Hartigan D, Stuart M, Krych A. Anterior closing wedge tibial osteotomy for failed anterior cruciate ligament reconstruction. *J Knee Surg Rep.* 2015;1:51–56.
29. Webb JM, Salmon LJ, Leclerc E, Pinczewski LA, Roe JP. Posterior tibial slope and further anterior cruciate ligament injuries in the anterior cruciate ligament-reconstructed patient. *Am J Sports Med.* 2013;41:2800–2804.
30. Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD. Risk of secondary injury in younger athletes after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2016;44:1861–1876.

Korespondující autor:

MUDr. Radim Kalina, Ph.D.
Ortopedická klinika LF a FN Olomouc
I. P. Pavlova 6
779 00 Olomouc
E-mail: radim.kalina@fnol.cz