

Vliv uvolnění mediálních stabilizátorů kolena na velikost korekce u vysoké valgizační opening-wedge osteotomie tibie; anatomická studie na kadaverech

The Effect of Releasing the Medial Stabilisers of the Knee on the Magnitude of Correction in Opening-Wedge High-Tibial Valgus Osteotomy. Anatomy Study on Cadavers

F. OKÁL¹, R. HART^{1,2}, M. KOMZÁK¹

¹ Ortopedicko-traumatologické oddělení Nemocnice Znojmo

² Klinika traumatologie v Úrazové nemocnici v Brně, Lékařská fakulta Masarykovy univerzity

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

When a larger opening of high-tibial osteotomy is necessary to achieve good correction of the lower extremity axis, partial release of the attachments of the medial stabilisers of the knee may be required. The aim of the study was to ascertain, in cadaver specimens, the effect of loosening the medial knee stabilisers on the magnitude of correction in medial opening-wedge high-tibial valgus osteotomy.

MATERIAL AND METHODS

Thirty-eight knees obtained from cadavers of Caucasian race were dissected. Medial opening-wedge high-tibial valgus osteotomy was performed using a dynamic distractor, constructed by us, with a dynamometer to ensure constant force action. Using a kinematic navigation system, the lower leg axis was studied at opening-wedge osteotomy under constant forces of 100 N and 150 N. The change in its angulation was recorded after each step in releasing the medial stabilisers whose structures were gradually made loose, under constant action of the given force, in the following order: superficial portion of the medial collateral ligament, tendons of the gracilis, semitendinosus and sartorius muscles.

RESULTS

The results were statistically analysed using descriptive statistical methods and the two-sample paired t-test with the level of statistical significance set at $p < 0.05$. Loosening of the medial stabilisers one by one under a constant load led to a statistically significant change in alignment. The most significant change in angulation, both in clinical and statistical terms, was that of 3.4° occurring after the superficial portion of the medial collateral ligament was made loose under a constant force of 100 N applied to osteotomy. Thus, this loosening contributed by 62% to an overall change of 5.5° in the lower extremity mechanical axis, as compared with the condition not allowing for loosening of the stabilisers. Under a load of 150 N applied to osteotomy, loosening of the medial collateral ligament resulted in a change by 4.1° , which accounted for 56% of an overall change of 7.3° that occurred after all stabilisers were released. On distraction of the osteotomy using a higher force, an increase in a stabilising effect of the pes anserinus was apparent.

DISCUSSION

The evolution of angle-stable implants has advanced options for reliable fixation of high-tibial corrective osteotomy which involves cutting out a wedge and forcing it open on the medial side. These implants provide stable fixation even when a large correction of the limb mechanical axis is required, and allow for rehabilitation with early weight-bearing. As with a large correction the force needed to make the wedge open is increasing, it is necessary to consider loosening of the medial stabilisers of the knee. According to our knowledge, no study on the effect of individual medial stabilising structures of the knee on the force required to open high-tibial osteotomy with the wedge opened medially has been published.

CONCLUSIONS

The process of correcting lower extremity alignment by high-tibial opening-wedge valgus osteotomy brings about an increase in tension of the stabilisers on the concave side of the deformity. Our results show an important role of releasing the superficial portion of the medial collateral ligament in the reduction of forces necessary to correct a deformity.

Key words: high-tibial osteotomy, opening-wedge, medial collateral ligament, pes anserinus, soft tissue release, computer navigation, cadaver study.

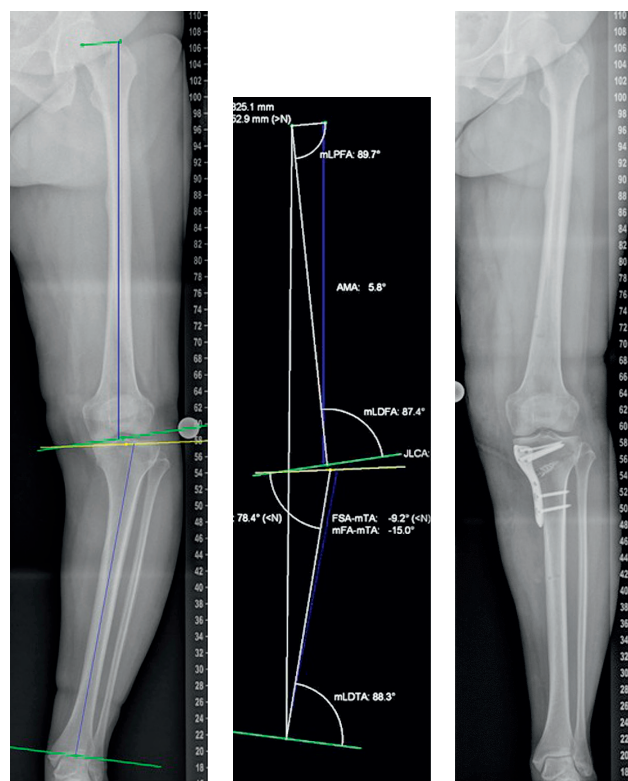
ÚVOD

Vysoká tibiální osteotomie je vžitou operací ke korekci varózní deformity u pacientů s mediální gonartrózou (1, 3). Mechanismy účinku osteotomie jsou: odlehčení přetížené části kloubu přenesením zatížení na nepoškozenou nebo méně poškozenou část, snížení napětí vazivového aparátu na konvexní straně deformity a napnutí na konkávní straně a biologický účinek osteotomie – zvýšení prokrvení v okolí osteotomie, ovlivnění venostázy a lokální denervace. Na oblíbenosti získala osteotomie tibie s rozevřením klínu z vnitřní strany, protože minimalizuje možnost poranění n. peroneus, je jednoduchá, zkracuje operační čas, tonizuje mediální stabilizátory a umožňuje precizní korekci osy (12, 13). Korekce dosažená valgizační osteotomií tibie s rozevřením klínu mediálně je přesnější než osteotomie s vytětím klínu ze zevní strany, obzvláště v kombinaci s počítačovou navigací (8). Předpokladem k dlouhodobému dobrému výsledku je přesná korekce (22) nebo mírné překorigování do valgozity tak, aby Mikuřizova linie procházela 30 až 40 % laterálně od středu kolenního kloubu (5). Plánování osteotomie předpokládá zhotovení skiagrafického zobrazení dolní končetiny ve stoje a v zátěži při neutrální rotaci. Metoda umožňuje přesné a relativně rychlé měření s možností uchování dat a poskytuje informace o osových úchylkách, tvarových změnách femuru, tibie a přilehlých kloubů. Peroperačně může být mechanická osa zjišťována proložením kabelu elektrokauteru středem hlavičky kyčelního kloubu a středem hlezna pod skiaskopickou kontrolou. Průsečík kabelu se štěrbinou kolenního kloubu ukáže vzdálenost od středu kolenního kloubu (14, 23). Počítačem asistovaná navigace našla u osteotomií široké uplatnění. Dovoluje peroperačně v reálním čase určit mechanickou osu končetiny a její změnu během provádění osteotomie. Navigace je excelentní metodou s vysokým stupněm reproducibility a přesností, čímž pomáhá zamezit nedostatečné nebo nadměrné korekci (7, 11, 18). Navigace pro osteotomie horní tibie je dostupná i v třídimenzionálním provedení s možností simultánní monitorace jak ve frontální rovině, tak i sklonu tibiálního plató v sagitální rovině a torze (24). Kontrola předozadního sklonu tibiálního plató má význam při provádění osteotomie u varózních kolen s přítomností anteroposteriorní instability. U poškození předního zkříženého vazy je preferováno zmenšení posteriorního sklonu tibiálního plató a u poškození zadního zkříženého vazy je naopak žádoucí zvětšení jeho sklonu (10). Úhlově stabilní implantáty umožňují stabilní fixaci a s propracovanou operační technikou zajišťují dokonalou stabilitu osteotomie a umožňují rozevření osteotomie na vnitřní straně až o 2,5 cm (14, 17, 21). Při tak excesivním rozevření je však nutno brát v úvahu i potřebu uvolnění mediálních stabilizátorů kolenního kloubu, protože osteotomie je vedena nad jejich úpony (obr. 1). V předkládané studii posuzujeme velikost dosažené korekce v závislosti na uvolnění vnitřního postranního vazy kolena a jednotlivých struktur pes anserinus.

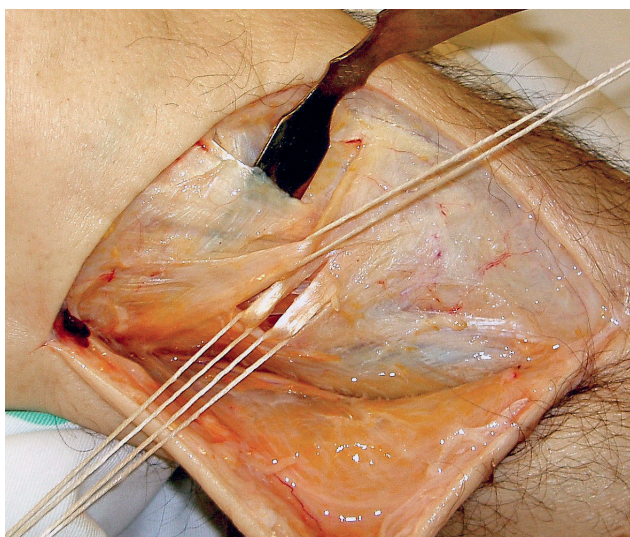
MATERIÁL A METODIKA

Preparovali jsme 38 kolen u kadaverů bílé rasy, při úmrtí ve věku 52–87 let (průměrně 73 let), bez předchozího operačního výkonu na koleně a bez zjevné anatomické deformity dolní končetiny. Preparáty nebyly chemicky upravovány, všechny kadavery byly do 24 hodin po smrti.

Široký „L“ řez jsme vedli v úrovni kloubní štěrby a kolem tuberositas tibiae distálně ve střední čáře. Pečlivě jsme vypreparovali anatomické struktury na mediální straně kolena, a to pes anserinus a jeho součásti: šlachy m. sartorius, m. gracilis a m. semitendinosus. Distální konce m. gracilis a m. semitendinosus byly izolovány technikou používanou při odběru šlach při náhradě předního zkříženého vazy (9). Podélná incize širokého úponu m. sartorius byla vedena paralelně a nad hmatnou šlachou m. gracilis. Zahnutým peánem byly šlachy lokalizovány a zavěšeny na gumové hadičky ve vzdálenosti 10 cm od přední hrany tibie (obr. 2). Povrchní porce vnitřního postranního vazy nebyla v této fázi mobilizována. Dále jsme umístili markery kinematické navigace (OrthoPilot; B. Braun Aesculap, Tuttlingen, Germany; software verze 1.3 – 3D Open-wedge; B. Braun Aesculap) do femuru a tibie. K determinaci mechanické osy končetiny jsme určili kinematicky centrum rotace kyčelního, hlezenního a kolenního kloubu. Zaregistrovali jsme ukazovátkem s markerem anatomické orientační body: mediální a laterální epikondyl femuru, mediální a laterální kotník, centrum hlezna a nejme-

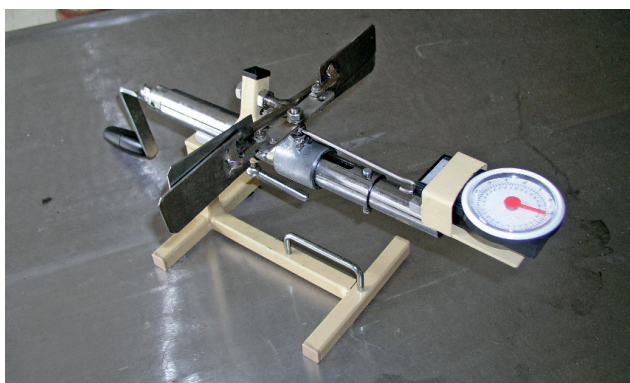


Obr. 1. Varózní deformita levého kolenního kloubu (a), předoperační plánování (b) a rtg celé dolní končetiny po provedení osteotomie proximální tibie s fixací úhlově stabilní dlahou (c).



Obr. 2. Vypreparované šlachy m. gracilis, m. semitendinosus, m. sartorius a mediální postranní vaz.

diálnější bod tibiálního plató. Pro účely 3D navigované osteotomie jsme upevnili do budoucího proximálního fragmentu tibie držák markeru pomocí 2 K-drátů (24). Zaregistrovali jsme výchozí hodnoty mechanické osy a provedli test stability při zatížení 15 Nm do varozity a 15 Nm do valgozity naložením siloměru 15 cm distálně od kloubní štěrby kolena a zatížením 100 N. Po uložení všech dat byla mechanická osa končetiny zaznamenávána již kontinuálně. Provedli jsme osteotomii vedenou z mediální strany proximální tibie těsně nad horním okrajem pes anserinus a stoupáním k vrcholu hlavice fibuly s ponecháním úponu ligamentum patellae na distálním fragmentu. Laterální tibiální kortex jsme ponechali intaktní. Do osteotomie jsme vložili dvě paralelní dláta šíře 3 cm připevněná k distrakčnímu zařízení vlastní konstrukce, umožňujícímu rozevření osteotomie nastavitelnou silou (obr. 3). K distrakci jsme použili sílu velikosti 100 a 150 N. Po rozevření osteotomie danou silou a bez uvolnění mediálních stabilizátorů jsme měřili změnu mechanické osy. Následně jsme přistoupili k uvolňování mediálních struktur. Uvolnili jsme tibiální úpon povrchní porce vnitřního postranního vazy



Obr. 3. Distrakční zařízení umožňující rozevření osteotomie nastavitelnou silou.

od periostu. Znovu jsme naložili distrakční zařízení a měřili jsme mechanickou osu končetiny. Dále jsme postupně uvolňovali tenotomiemi šlachy pes anserinus v pořadí: m. gracilis, m. semitendinosus a m. sartorius. Šlachy m. gracilis jsme protínali ve vzdálenosti 10 cm od hrany tibie, abychom eliminovali stabilizační vliv šlachových spojek, které se v této oblasti upínají velice nekonstantně (15). Šlachy m. semitendinosus jsme přerušili distálně od spojky k fascii m. gastrocnemius. Širokou úponovou část šlachy m. sartorius jsme uvolnili mediálně od tuberozity tibie v horních 2/3, zbylou 1/3 jsme ponechali intaktní. Po přerušení každé z porcí pes anserinus jsme zopakovali měření mechanické osy končetiny při distrakci silou 100 N a 150 N. Všechna měření byla provedena v plné extenzi a nulové rotaci bérce. Dodržení těchto podmínek bylo kontrolováno pomocí navigace. Hodnoty ve stupních byly značeny jako plusové pro mechanickou osu ve smyslu varozity a jako minusové pro hodnoty ve smyslu valgozity. Průměrná mechanická osa měřených dolních končetin před provedením osteotomie byla 1,7° (-4° až 10°). Průměrná změna mechanické osy při valgus stress testu při zátěži 15 Nm oproti mechanické ose byla 5,4° (2° až 9°) a při varus stress testu 5,0° (2° až 9°). Po provedení osteotomie a při zátěži 100 N a 150 N byla pro každé koleno zaznamenána mechanická osa dolní končetiny. Tyto hodnoty byly stanoveny pro každé koleno jako **base line value (BLV)**, tedy počáteční výchozí hodnota pro dané koleno. BLV1 při zatížení osteotomie silou 100 N a BLV2 při zatížení osteotomie silou 150 N. Po každém následném uvolnění jednotlivých mediálních stabilizátorů a po zatížení 100 N a 150 N se naměřila nová hodnota mechanické osy. Odpočtem těchto hodnot od BLV1 a BLV2 každého kolena se vypočetla změna mechanické osy ve stupních pro dané zatížení a uvolnění.

Tab. 1. Změna mechanické osy od BLV1 ve stupních po uvolnění jednotlivých stabilizátorů pro zatížení 100 N a procentuální příspěvek k celkovému odchýlení mechanické osy dolní končetiny od středu kolenního kloubu

Zatížení 100 N	Průměrná změna od BLV1 (°)	Příspěvek k celkové změně osy ve stupních	Příspěvek k celkové změně osy (%)
uvolněný stabilizátor			
LCM	3,4	3,4	62
m. gracilis	4,2	0,8	14
m. semitendinosus	5,1	0,9	17
m. sartorius	5,5	0,4	7

Tab. 2. Změna mechanické osy od BLV2 ve stupních po uvolnění jednotlivých stabilizátorů pro zatížení 150 N a procentuální příspěvek k celkovému odchýlení mechanické osy dolní končetiny od středu kolenního kloubu

Zatížení 150 N	Průměrná změna od BLV2 (°)	Příspěvek k celkové změně osy ve stupních	Příspěvek k celkové změně osy (%)
uvolněný stabilizátor			
LCM	4,1	4,1	56
m. gracilis	5,8	1,7	22
m. semitendinosus	6,1	0,3	6
m. sartorius	7,3	1,2	16

VÝSLEDKY

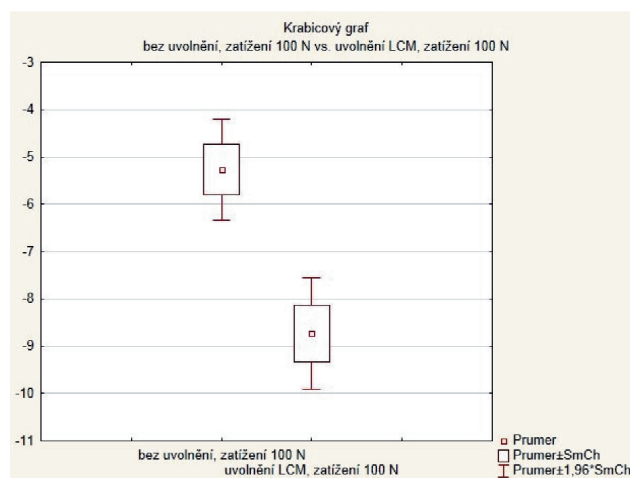
Po uvolnění tibiálního úponu povrchní porce vnitřního postranního vazy a při zátěži 100 N byla průměrná změna od BLV1 3,4° (2° - 4°) (graf 1) a při zátěži 150 N byla změna od BLV2 4,1° (2° - 6°) (graf 2). Po následném uvolnění šlachy m. gracilis a při rozevření silou 100 N byla průměrná změna od BLV1 o 4,2° (2°-7°) a při zátěži 150 N byla průměrná změna od BLV2 o 5,8° (3°-8°). Po dalším uvolnění šlachy m. semitendinosus a při rozevření silou 100 N byla průměrná změna od BLV1 o 5,1° (3°-8°) a při zátěži 150 N byla průměrná změna od BLV2 o 6,1° (3°-11°). Po konečném uvolnění šlachy m. sartorius a při rozevření silou 100 N byla průměrná změna od BLV1 o 5,5° (3°-11°) a při zátěži 150 N byla změna mechanické osy od BLV2 průměrně o 7,3° (5°-12°).

DISKUSE

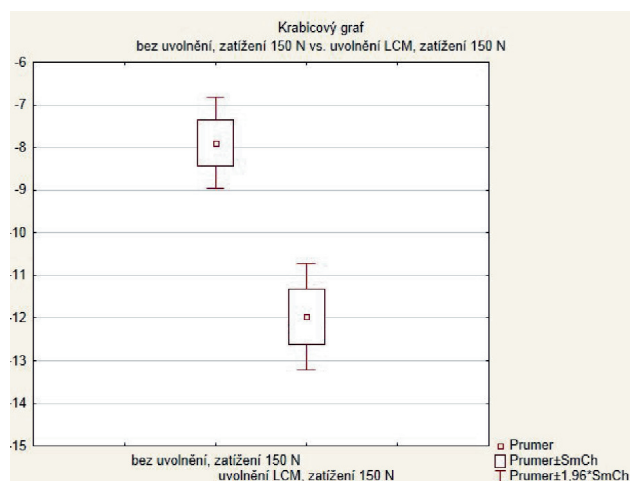
K vyhodnocení statistické významnosti změny mechanické osy po uvolnění jednotlivých struktur byl použit párový dvouvýběrový t-test. Nulová hypotéza zněla: skutečný rozdíl mechanické osy před a po uvolnění jednotlivých stabilizačních prvků je 0. Alternativní hypotéza zněla: tento rozdíl není nulový. Počet $N = 38$, stupně volnosti $sv = 37$ a hladina významnosti byla stanovená na $p < 0,05$. Po uvolnění každé ze součástí mediálních stabilizátorů došlo ke změně osy dolní končetiny s hodnotami $p < 0,001$ a tedy na hladině $p < 0,05$ můžeme nulovou hypotézu zamítnout. Je tedy možno říci, že nulová hypotéza neexistence rozdílu mezi stavem bez uvolnění a stavem po uvolnění stabilizátorů byla zamítnuta, což znamená, že povolení každého ze stabilizátorů má statisticky významný vliv na rozevření osteotomie. Statisticky nejvýznamnější změna byla dosažená po uvolnění povrchní porce vnitřního postranního vazy. Na závěr jsme vyhodnotili relativní procentuální příspěvek povolení jednotlivých stabilizačních prvků na velikost korekce osy dolní končetiny s osteotomií. Klinicky a statisticky nejvýznamnější změna 3,4° byla dosažená po uvolnění povrchní porce LCM při zatížení osteotomie 100 N. K celkovému posunu mechanické osy dolní končetiny 5,5° po uvolnění všech stabilizátorů, proti stavu bez uvolnění, přispělo uvolnění LCM 62 %. Také při zatížení osteotomie 150 N došlo po uvolnění LCM ke statisticky nejvýznamnější změně o 4,1° z celkové změny 7,3° po uvolnění všech stabilizátorů. Tato změna představuje 56% příspěvek k celkové změně mechanické osy dolní končetiny proti stavu po zatížení osteotomie bez uvolnění stabilizačních struktur (graf 3).

Průměrný rozdíl osy dolní končetiny a BLV1 pro všechna kolena byl 5,3°. Z výsledku je patrné, že při zatížení osteotomie silou 100 N dojde průměrně ke změně mechanické osy dolní končetiny o 5,3° do valgozity proti původní mechanické ose. Po povolení všech mediálních stabilizátorů a zatížení osteotomie silou 100 N dojde průměrně ke změně mechanické osy dolní končetiny o 10,8° proti původní mechanické ose.

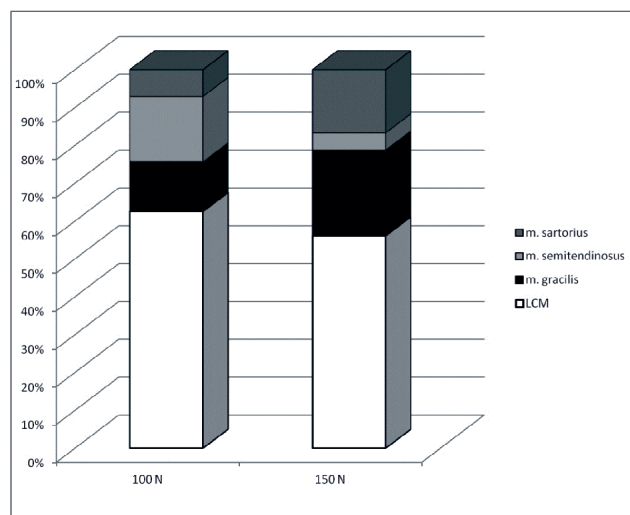
Graf 1. Graf znázorňující průměrnou změnu osy končetiny po zatížení osteotomie silou 100 N a změnu osy po uvolnění mediálního postranního vazy a opětovném zatížení silou 100 N



Graf 2. Graf znázorňující průměrnou změnu osy končetiny po zatížení osteotomie silou 150 N a změnu osy po uvolnění mediálního postranního vazy a opětovném zatížení silou 150 N



Graf 3. Procentuální příspěvek uvolnění jednotlivých struktur k celkové změně mechanické osy dolní končetiny



Bylo tedy průměrně dosaženo korekce mechanické osy o 5,5° po uvolnění všech mediálních stabilizátorů a při zatížení silou 100 N. Při zatížení osteotomie 150 N a bez uvolnění stabilizátorů je průměrná změna osy dolní končetiny 7,9°. Naproti tomu po uvolnění mediálních stabilizátorů a zatížení osteotomie 150 N je změna osy 15,2°. Je tedy možné dosáhnout průměrně větší korekce mechanické osy o 7,3° po uvolnění mediálních stabilizátorů a při zatížení 150 N.

Vnitřní postranní vaz je hlavní vazivový stabilizátor na vnitřní straně kolenního kloubu při abdukci a zevní rotaci bérce. Skládá se z dlouhých předních vertikálních vláken a ze zadních šikmých vláken srůstajících s kloubním pouzdem. Povrchní porce vnitřního postranního vazy je od hluboké porce oddělená řídkým tukovým vazivem nebo nekonstantní burzou (4). K přístupu na mediální plochu proximální tibie k provedení osteotomie je mnohými autory doporučováno částečné uvolnění povrchní porce vnitřního postranního vazy. Dlouhá vlákna postranního vazy se uvolňují až k dorzomediální hraně a je zavedeno tupé Hohmannovo elevatorium k ochraně nervové cévního svazku (14, 17, 20). Osteotomie s parciálním uvolněním předních vláken vnitřního postranního vazy není běžně komplikována klinickou pooperační mediální instabilitou. V mnohých studiích byl sledován vliv uvolnění povrchní porce vnitřního postranního vazy na stabilitu kolena při působení abdukčních sil pomocí měření rozevření mediální kloubní štěrbin. Biomechanicky jakékoliv uvolnění vnitřního postranního vazy vede k mediální laxitě kloubu, ale nemusí vést k instabilitě při zatížení kloubu s ohledem na celý stabilizační systém kolenního kloubu. Jak je všeobecně známo, izolovaná parciální ruptura postranního vazy se hojí konzervativně za 4–8 týdnů (20, 4).

Pes anserinus je tvořen šlachami m. sartorius, m. gracilis a m. semitendinosus a je to jediná stabilizační struktura na mediální straně, která nemá přímý vztah ke kloubnímu pouzdru. Všechny tři šlachy vysílají četné spojky a těsně před úponem vzájemně srůstají, a to 3,2–3,6 cm od předního okraje tibie. Ze šlachy m. semitendinosus vychází průměrně 3 spojky; největší a nejkonstantnější inseruje do fascie m. gastrocnemius. M. gracilis vyzařuje mezi 1 až 4 spojkami (nejčastěji 2), a to pro m. sartorius a m. gastrocnemius. Akcesorní spojky odstupují ze šlach dokonce až 10 cm proximálně od přední hrany tibie (2, 4, 6, 15). Klinické výsledky ukazují, že odběry šlach m. semitendinosus a m. gracilis nevedou u běžné populace k projevům významnějšího funkčního deficitu (16). Někteří autoři standardně odťínají úpony m. semitendinosus a m. gracilis během přístupu k mediální ploše tibie (21). Po uvolnění části mediálních stabilizátorů nemusí dojít k významné klinické instabilitě, a to díky m. semimembranosus a jeho aponeuróze, lig. popliteum obliquum, caput mediale m. gastrocnemii a oběma zkříženým vazům, které mohou jako sekundární stabilizátory kompenzovat uvolnění části postranního vazy. Vlákná vnitřního postranního vazy tonizuje osteotomie s rozevřením klínu mediálně, která zvýší jeho kapacitu k odolávání val-

gizačním silám (20). Tento napínací vliv je zejména významný u větších korekcí, zatímco může být malý nebo zcela chybět u pacientů s malým úhlem korekce. Používání úhlově stabilních dlah umožňuje rychlejší rehabilitaci a plnou zátěž, což však na druhé straně neumožňuje přihojení uvolněného postranního vazy (21). Při provádění osteotomií byl zatím kladen důraz zejména na korekci osové odchylky a malá pozornost byla věnována měkkým tkáním, které také přispívají k zachování dlouhodobého výsledku operace (19). Slabou stránkou předkládané studie je absence svalové síly, jako dynamického stabilizačního prvku kolenního kloubu.

ZÁVĚR

Vysoká korekční osteotomie tibie s rozevřením z vnitřní strany umožňuje korekci i těžké varozity. Zde je však nutno brát v úvahu i nutnost uvolnění mediálních stabilizátorů kolenního kloubu. Prezentované výsledky ukazují roli povrchní porce vnitřního postranního vazy na sílu potřebnou k rozevření osteotomie, zatímco uvolnění částí pes anserinus má již jen menší vliv. Vzhledem k malému přispění šlach pes anserinus ke snížení síly potřebné k dosažení korekce nedoporučujeme jejich uvolnění, a to i s přihlédnutím k jejich úloze v dynamické stabilizaci kolenního kloubu. Uvolnění povrchní porce postranního vazy by mělo být rezervováno až pro rozevření osteotomie ke korekci varózní deformity větší než 15° vzhledem k možnému vzniku pooperační mediální instability.

Literatura

1. BAUER, G. C., INSALL, J., KOSHINO, T.: Tibial osteotomy in gonarthrosis (osteo-arthritis of the knee). *J. Bone Jt Surg.*, 51-A: 1545–1563, 1969.
2. CANDAL-COUTO, J. J., DEEHAN, D. J.: The accessory bands of Gracilis and Semitendinosus: an anatomical study. *Knee*, 10: 325–328, 2003.
3. COVENTRY, M. B., ILSTRUP, D. M., WALLRCHRIS, S. L.: Proximal tibial osteotomy. A critical long-term study of eighty-seven cases. *J. Bone Jt Surg.*, 75-A: 196–201, 1993.
4. ČECH, O., SOSNA, A., BARTONÍČEK, J.: Poranění vazivového aparátu kolenního kloubu. 1. vyd. Praha: Avicenum 1986.
5. FUJISAWA, Y., MASUHARA, K., SHIOMI, S.: The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. *Orthop. Clin. N. Amer.*, 10: 585–608, 1979.
6. GRAY, H.: Anatomy of the human body. Philadelphia, Lea & Febiger 1918 (2000).
7. HANKEMEIER, S., HUFNER, T., WANG, G., KENDOFF, D., ZEICHEN, J., ZHENG, G., KRETTEK, C.: Navigated open-wedge high tibial osteotomy: advantages and disadvantages compared to the conventional technique in a cadaver study. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 14: 917–921, 2006.
8. HANKEMEIER, S., MOMMSEN, P., KRETTEK, C., JAGODZINSKI, M., et al.: Accuracy of high tibial osteotomy: comparison between open- and closed-wedge technique. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 18: 1328, 2010.
9. HART, R., KUČERA, B., SAFI, A.: Hamstringy versus quadriceps u dvousvazkových rekonstrukcí předního zkříženého vazy. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 77: 296–303, 2010.
10. HART, R., ŠTIPČÁK, V.: Přední zkřížený vaz kolenního kloubu. 1. vyd., Praha Maxdorf Jessenius 2010.

11. HART, R., ŠTIPČÁK, V., KUČERA, B., FILAN, P., DECORDEIRO, J.: Präzise computergestützte Beinachsenkorrektur mit öffnender valgusierender Tibiakopfoosteotomie. *Orthopäde*, 36: 577–581, 2007.
12. HERNIGOU, P., MA, W.: Open wedge tibial osteotomy with acrylic bone cement as bone substitute. *Knee*, 6., 8: 103–110, 2001.
13. HERNIGOU, P., MEDEVIELLE, D., DEBREYRE, J., GOUTALLIER D.: Proximal tibial osteotomy for osteoarthritis with varus deformity. A ten to thirteen-year follow-up study. *J. Bone Jt Surg.*, 69-A: 332–354, 1987.
14. HORÁČEK, D., ČECH, O., WEISSINGER, M.: Valgizační vysoká osteotomie tibie u genu varum arthroticum rozevřením klínu z vnitřní strany stabilizovaná úhlově stabilní dlahou TomoFix: Operační technika. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 73: 197, 2006.
15. IVEY, M., PRUD'HOMME, J.: Anatomic variations of the Pes Anserinus: a cadaveric study. *Orthopedics*, 16: 601–604, 1993.
16. LIPSCOMB, A., JOHNSON, K., SNIDER, R., WARBURTON, M., GILBERT, P.: Evaluation of hamstring strength following use of semitendinosus and gracilis tendons to reconstruct the anterior cruciate ligament. *Am. J Sports Med.*, 10: 340–342, 1982.
17. LOBENHOFFER, P., AGNESKIRCHNER, J. D.: Agneskirchner improvements in surgical technique of valgus high tibial osteotomy. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, 11: 132–138, 2003.
18. MAUER, F., WASSMER, G.: High tibial osteotomy: does navigation improve results? *Orthopedics*, 29: 130–132, 2006.
19. PALEY, D., MAAR, D. C., HERZENBERG, J. E.: New concepts in high tibial osteotomy for medial compartment osteoarthritis. *Orthop. Clin. North Am.*, 25: 483–498, 1994.
20. PAPE, D., DUCHOW, J., RUPP, S., SEIL, R., KOHN, D.: Partial release of the superficial medial collateral ligament for open-wedge high tibial osteotomy A human cadaver study evaluating medial joint opening by stress radiography *Knee Sports Traumatol. Arthrosc.*, 14: 141–148, 2006.
21. SAITO, I., KUMAGAI, K., AKAMATSU, Y., TOMOYUKI, S., et al.: Medial opening wedge high tibial osteotomy with early full weight bearing arthroscopy. *J. Arthrosc. Relat. Surg.*, 25: 46–53, 2009.
22. SPRENGER, T. R., DOERZBACHER, J. F.: Tibial osteotomy for the treatment of varus gonarthrosis. Survival and failure analysis to twenty-two years. *J. Bone Jt Surg.*, 85-A: 469–474, 2003.
23. WHITLOCK, P. W., HOLDEN, M., FRINO, J.: Computer assisted navigation of high tibial osteotomies for the treatment of adolescent/infantce genu varum. In: 24th Annual Meeting Arthroscopy Association of North America, Vancouver, 2005.
24. YAMAMOTO, Y., et al.: Validation of computer-assisted open-wedge high tibial osteotomy using three-dimensional navigation. *Orthopedics*, 31(10 Suppl.): 68–71, 2008.

Korespondující autor:

MUDr. František Okál
Ortopedicko-traumatologické oddělení
Nemocnice Znojmo
MUDr. Jana Janského 11
669 02 Znojmo
E-mail: frantisekokal@gmail.com