



Artroskopická transoseální sutura rotátorové manžety: první zkušenost

Arthroscopic Transosseous Rotator Cuff Repair: First Experience

F. HUDEČEK

1st Department of Orthopaedics, St. Anne's University Hospital Brno, Faculty of Medicine of the Masaryk University, Brno

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

To present the technique, learning curve, complications, postoperative pain levels and cost-effectiveness analysis of 24 patients with symptomatic rotator cuff tear operated with Drillbone Tunneler - a novel transosseous suture-passing device designed for arthroscopic use.

MATERIAL AND METHODS

Between February and May 2021, 24 patients underwent arthroscopic transosseous rotator cuff repair. During the study, the time spent preparing the tunnels was recorded along with the occurrence of complications during the operation. Price calculation of the delivered transosseous cuff repair and an alternative procedure with suture anchors was made. During the postoperative period, the patients rated their pain (on the VAS scale) twice a day, in the morning and in the evening, for 4 weeks, based on which the average values per each week were calculated.

RESULTS

The average time it took to prepare the tunnels and pull through the sutures was 6.2 minutes. In one case it was impossible to pull the shuttle loop through and that is why during the surgery arthroscopic transosseous-equivalent repair using suture anchors was performed instead. Apart from this, no other complications occurred. The patients reported rapid reduction of postoperative pain during the second and third week after surgery. The cost price analysis proved an average saving of CZK 9.463 per procedure.

DISCUSSION

There is a growing body of evidence that arthroscopic transosseous rotator cuff repairs achieve equivalent clinical outcomes as suture anchor repairs or even better clinical outcomes. These techniques are safe and effective; there is an earlier reduction of postoperative pain. Healing is more biological due to better vascularity, larger footprint coverage and clinically optimal biomechanical strength. Moreover, these techniques significantly save costs and meet requirements of the upcoming era of value-based surgery.

CONCLUSIONS

In our cohort, a favourable learning curve and minimum occurrence of complications were established. The study confirmed the data published so far on early relief of postoperative pain. We also proved that significant saving of costs of the materials used was achieved.

Key words: arthroscopic transosseous rotator cuff repair, suture anchor, postoperative pain, cost-benefit analysis, Drillbone Tunneler.

ÚVOD

První sutura rotátorové manžety byla provedena transoseálně. Operaci provedl americký ortoped E.A. Codman v roce 1909. Jeho technika se osvědčila a na jeho práci navázali další svými publikacemi, ve kterých formulovali základní postuláty pro úspěšnou suturu rotátorové manžety. Až do 90. let byla otevřená transoseální sutura zlatým standardem při řešení ruptur manžety. U otevřených operací ramene se vyskytovaly některé typické komplikace – např. pooperační ztuhlost nebo insuficience deltového svalu (9, 16, 20, 11).

V 90. letech minulého století se s rozvojem artroskopické operativy podařilo četnost těchto komplikací snížit. Při artroskopii ovšem nebylo možné provést suturu rotátorové manžety transoseálně. Přešlo se na suturu

pomocí kotviček (tzv. “suture anchors”). Nejprve se používaly techniky single-row, posléze double-row (19). Podíl pacientů s rupturou manžety však i nadále zůstal kolem 30 %. Proto se jako další krok v evoluci sutury rotátorové manžety začala používat technika, která se nazývá transosseous-equivalent (21). Tato technika zlepšuje krytí inzerčního místa a má příznivější distribuci tlaku než přechází techniky. Nedostatkem této techniky je ale rigidita konstrukce, která vede častěji k obtížně řešitelnému selhání na rozhraní šlachy a svalu a také fakt, že nejcennější oblast pro vhojení šlachy do kosti je obsazena cizorodým materiálem (30).

Ve světě jsou v současné době limitovaně dostupné jen 3 systémy pro přípravu kanálků pro artroskopickou transoseální suturu rotátorové manžety – italský Taylor Stitcher a americký Arthrotunneler a TransOs. Další dva



systemy jsou ve fázi uvádění na trh a byly publikovány pilotní studie – izraelský Omnicuff a americký Kator. V roce 2021 byl představen nový holandský systém – GT Tunneler. Všechny tyto systémy se od sebe liší geometrií kanálků a technikou jejich přípravy – vrtání nebo protlačování superelastické jehly (3, 4, 7, 18, 24, 27). Tyto nástroje ovšem nejsou v ČR dostupné. Jsou registrované a používány jen v omezeném počtu zemí (Itálie a některé další státy EU, Izrael, USA).

Od února 2021 je v EU registrovaný a na trhu dostupný cílič pro přípravku kanálků pro transoseální suturu manžety Drillbone Tunneler od českého výrobce Sportbalance, s.r.o. Jedná se o resterilizovatelný nástroj, kterým operátor může vytvořit kanálky a zároveň pomocí něj protáhnout smyčku, kterou následně využije k protažení definitivních vláken pro suturu manžety. S tímto nástrojem jsme u 24 pacientů provedli v období od února do května 2021 artroskopickou transoseální suturu rotátorové manžety.

Cílem této studie je prezentovat princip operace, naše první zkušenosti a výsledky – učební křivku a vliv na operační čas, komplikace, pooperační bolesti a úsporu nákladů. Pooperační bolesti jsme statisticky porovnali s výsledky Randelliho prospektivní randomizované kontrolované studie z roku 2017 (23), abychom ověřili hypotézu že pacienti mají u transoseální suture dřívější ústup pooperačních bolestí než u suture s pomocí kotviček. Zároveň jsme vyčíslili průměrnou finanční úsporu na jednu operaci v našich podmínkách.

MATERIÁL A METODIKA

Soubor pacientů

Všichni pacienti byli operováni autorem této studie a u všech byl použit cílič pro přípravu kanálku Drillbone Tunneler. Jednalo se o 19 mužů a 5 žen, průměrný věk byl 54,3 let. V jednom případě se jednalo o akutní rupturu a ve 23 případech o chronickou rupturu. V jednom případě se jednalo o revizní výkon, kdy pacientka po burzektomii bez suture manžety neztratila své potíže a MRI odhalilo PAINTE lézi *m. supraspinatus*. Nalezli jsme tyto typy ruptur: 2x PASTA léze, 2x PAINTE léze, 4x malá ruptura *m. supraspinatus* (tzv. crescent typ), 4x střední ruptura *m. supraspinatus* (tzv. U-typ). V 11 případech se jednalo o masivní, ale reparable ruptury (4x výrazněji retrahované ruptury *m. supraspinatus*, 3x anterosuperiorní ruptura *m. subscapularis* a *m. supraspinatus* a 4x posterosuperiorní ruptura *m. supraspinatus* a *m. infraspinatus*) a v jednom případě se jednalo o irreparable masivní posterosuperiorní lézi, kde jsme provedli jen parciální hybridní suturu. V našem souboru byly dále u pacientů provedeny následující doprovodné výkony: 22x ošetření šlachy dlouhé hlavy bicepsu (13x tenotomie, 9x tenodéza), 4x manipulace v celkové anestezii a uvolnění pouzdra (kapsulární release) pro ztuhlost při sekundární kapsulitidě, 3x sutura *m. subscapularis* pomocí titanové kotvičky Fastin, 1x hybridní sutura přes kanálek + kotvičku.

Během operace jsme zaznamenávali celkový čas operace, délku přípravy kanálku a komplikace. Po skon-

čení operace jsme zaznamenali cenu za skutečně spotřebovaný materiál a zkalkulovali částku, kterou bychom u daného typu ruptury utratili za alternativní výkon s kotvičkami. Rozdíl těchto částek definuje finanční úsporu na jednu operaci.

Pacienti zaznamenávali po dobu 4 týdnů od operace každé ráno a večer do dotazníku svoji bolest. Ke stanovení hodnoty VAS jsme použili kombinaci Wong-Baker FACES Pain Rating Scale a Graphic/Numeric Rating Scale. Z těchto dat jsme spočítali průměrnou bolest za každý pooperační den a pak vždy průměrnou bolest za každý pooperační týden. Takto jsme získali u každého pacienta 4 hodnoty průměrně bolesti pro týden 1 až 4, které jsme použili pro statistické porovnání s publikovanými daty. Hodnocení bolesti jsme zaznamenali a statisticky vyhodnotili u všech 24 pacientů.

Operační postup

Operace byly provedeny v poloze na boku, v celkové anestezii, bez interskalenického bloku. Pro zajištění dobrého přístupu do subakromiálního prostoru a do inzerční oblasti (tzv. „footprint“) je výhodné nastavit trakci v úhlu maximálně 25° vůči trupu pacienta. Při operaci byly dle nálezu řešeny patologické nálezy na bicepsu event. byla pro doprovodnou kapsulitidu provedena v úvodu šetrná manipulace, doplněná o 270° release kontrahovaného pouzdra a rotátorového intervalu. V našem souboru nebyl ani jeden pacient, kde bychom řešili symptomatický akromioklavikulární kloub. V subakromiálním prostoru byla provedena burzektomie a dostatečná mobilizace rotátorové manžety, vč. uvolnění korakohumerálního ligamenta. Poté byla vyšetřena mobilita jednotlivých šlach a jejich reparační schopnost. Podle typu trhliny byla naplánována sutura. Inzerční místo bylo vždy okrvaveno kostní frézou a v případě sklerózy byly doplněny mikrofraktury šídlem. Okraje manžety byly v 7 případech (u masivních ruptur) v závislosti na geometrii trhliny a degeneraci okrajů šlach (event. při jejich delaminaci) zpevněny a posíleny dvěma až třemi sblížovacími (tzv. “side to side”) stehy. Ve třech případech byla zjištěna parciální ruptura a retrakce horní poloviny šlachy *m. subscapularis*. Ve všech třech případech bylo provedeno uvolnění svalu ze 3 stran (tzv. three-sided release) a poté byla provedena jeho pevná reinzerce dvěma jednoduchými stehy k titanové kotvě Fastin.

Pro přípravu kanálku jsme použili cílič Drillbone Tunneler. Jedná se o resterilizovatelný nástroj, který má dvě hlavní části – šídlo, které je zasunuto do spojovacího třmenu a které se může po stlačení tlačítka na držadle otáčet ve třmenu kolem své osy. Otočení šídla umožňuje zachycení protahovací smyčky a její následné vytažení přes kůži. Na druhém konci třmenu je otvor se západkou, do kterého lze zasunout vrtací pouzdro s rohatkou. Rohatka se západkou umožní, aby se vrtací pouzdro postupným zasouváním do třmenu pevně aretovalo ke kosti. Šídlo a vrtací pouzdro spolu svírají konstantní úhel. Geometrie nástroje umožňuje univerzální použití u malých i velkých pacientů, přičemž vstup do laterální části kanálku je vždy minimálně 10 mm od vrcholu



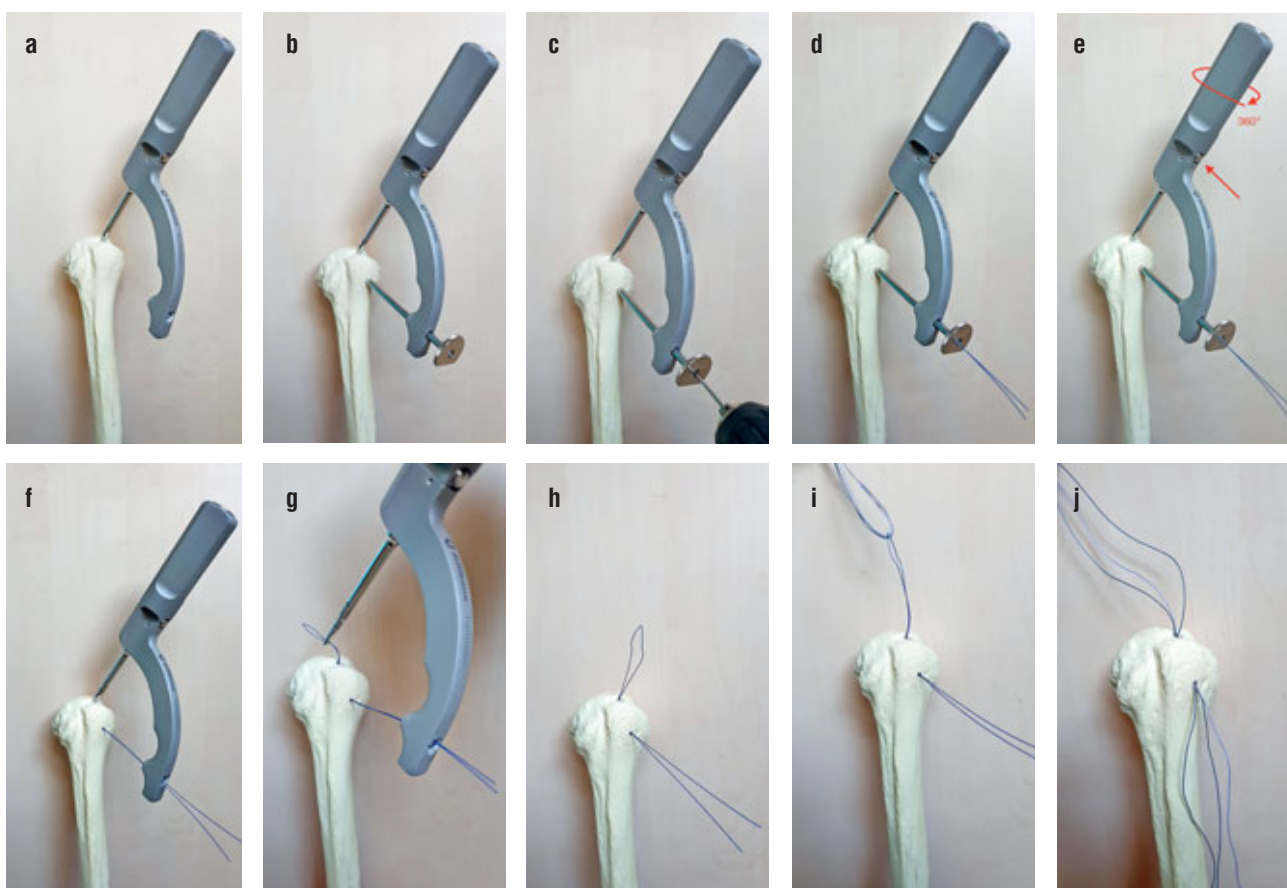
tuberculum majus, tedy v oblasti s dostatečně pevnou kortikou. Drillbone Tunneler umožňuje vytvořit ve čtyřech logicky navazujících krocích kanálek se dvěma rameny (vertikálním a laterálním), ve kterém jsou zavedena vlákna pro suturu manžety.

- Krok 1: šídlo zatlučené po laserovou rysku vytvoří vertikální část kanálku (obr. 1a). Poté přes vrtací pouzdro, pevně aretované ke kosti (obr. 1b), vrtáme laterální část kanálku pomocí K-drátu o síle 2 mm a délce 13 cm (obr. 1c).
- Krok 2: do takto vytvořeného laterálního kanálku vsuneme přes vrtací pouzdro protahovací smyčku – originální Drillbone Loop a nebo jiný monofilamentní silon o síle #1. Tato smyčka prochází skrz hrot šídla až na konec kanálku (obr. 1d).
- Krok 3: stlačením tlačítka na šídle uvolníme šídlo ve třmenu a jeho rotací o 360° navineme protahovací

smyčku na hrot šídla (obr. 1e). Po uvolnění a odstranění vrtacího pouzdra (obr. 1f) vytáhneme šídlo i se zachycenou protahovací smyčkou z vertikálního kanálku. (obr. 1g, 1h).

- Krok 4: pomocí této protahovací smyčky protáhneme kanálkem dvě až čtyři definitivní vlákna pro suturu manžety. Můžeme použít jakákoliv pletená vlákna o síle #2, např. Orthocord, Fiberwire apod. (obr. 1i). Vlákna z vertikálního kanálku jsou nyní připravena na prošíání manžety (obr. 1j).

Podle velikosti ruptury jsme pomocí cíliče připravili jeden nebo dva kanálky. Konkrétně jsme ve třech případech suturovali manžetu šesti vlákny přes dva kanálky, ve zbývajících případech jsme použili dvě až čtyři vlákna v jednom kanálku. Konfigurace stehů byla u všech pacientů stejná. Stehy byly zavedeny do manžety v ose *m. supraspinatus* (případně i *m. infraspinatus*) tak,



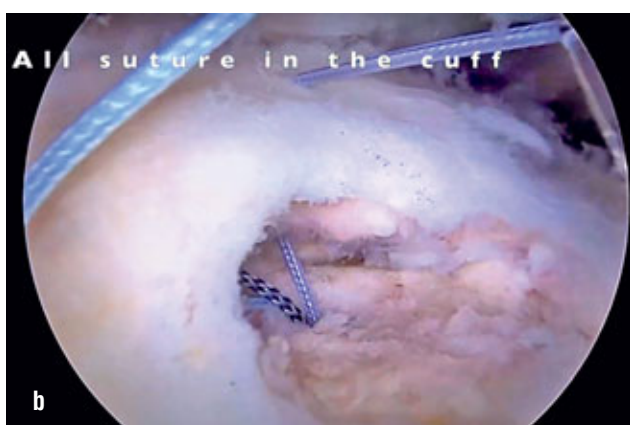
Obr. 1. Použití nástroje Drillbone Tunneler:

a – vertikální kanál – zatlučené šídlo, b – vrtací pouzdro pevně artetováno ke kosti, c – laterální kanál – vyvrtaný K-drátem o síle 2 mm a délce 13 cm, d – protahovací smyčka vsunutá na konec laterálního kanálku, e – uvolnění šídla stlačením tlačítka a navinutí smyčky na hrot jeho rotací ve třmenu o 360°, f – uvolnění a odstranění vrtacího pouzdra, g – šídlo s protahovací smyčkou vytáheno z vertikálního kanálku, h – protahovací smyčka v kanálu, i – protahovací smyčka s navlečenými definitivními vlákny pro suturu manžety, j – vlákna protažena kanálkem tahem za smyčku a připravena k prošíání manžety.

Fig. 1. The use of the Drillbone Tunneler:

a – vertical tunnel – hammering an awl through the footprint, b – drill sleeve firmly connected to the bone, c – lateral tunnel – drilled 13 cm deep with 2-mm K-wire, d – shuttle loop inserted all the way to the end of the lateral tunnel, e – the awl released by pushing the button, then rotated 360 degrees to wind up the loop, f – drill sleeve released, g – the awl retrieved from the vertical tunnel, h – shuttle loop in the tunnel, i – loop loaded with three definitive high strength sutures, j – sutures retrieved by pulling the shuttle loop back through the tunnel.

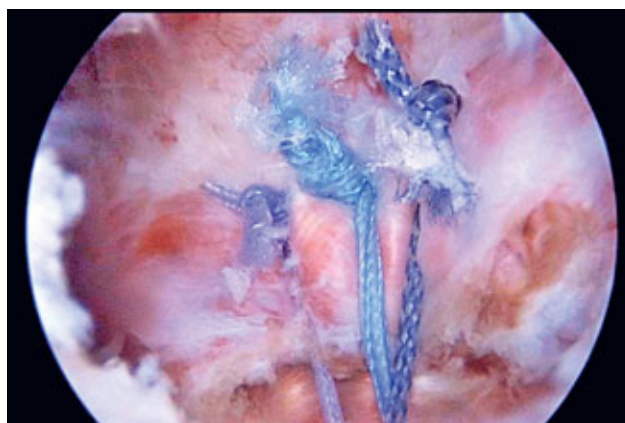




Obr. 2. Arthroscopická transoseální sutura rotátorové manžety: a – malá trhlina m. supraspinatus typu U, b – vlákna z kanálku prošíta manžetou před uzlením, c – sutura rotátorové manžety – tři konvergentní stehy.

Fig. 2. Arthroscopic transosseous rotator cuff repair: a – small supraspinatus U-type tear before repair, b – all sutures from the tunnel in the cuff before knot tying, c – repair completed – three convergent sutures.

že se konvergentně sbíhaly k laterálnímu vyústění kanálku na velkém hrbolku. Manžetu jsme prošívali antegrádně pomocí nástroje Scorpion, ale lze použít jakýkoliv operátorem preferovaný způsob nebo nástroj (antegrádně nebo retrográdně protahované stehy). Tato fáze operace se od sutury pomocí kotviček liší jen v tom, že lze manžetu penetrovat ve více bodech, podle toho, kolik



Obr. 3. Transoseální sutura manžety – sutura bez napětí s perfektním krytím inzerčního místa – typická konfigurace stehů na konci operace.

Fig. 3. Tension-free transosseous cuff repair with perfect footprint coverage – typical final suture configuration.

máme kanálků a vláken. Je výhodné zakládat stehy v odstupe cca 1 cm, abychom po následném dotažení dosáhli kvalitní a rovnoměrné komprese šlachy ke kosti v inzerčním místě. Po naložení všech stehů uzlíme většinou zezadu dopředu. Používáme Revo steh a uzlíme v ose šlachy kraniokaudálním směrem. Vlákno, na kterém zakládáme jednotlivé uzly (tzv. “post”), je to, které vychází z vertikální části kanálku a prochází manžetou. Takto můžeme kontrolovaně dávkovat tah ve vlákně, tlačit manžetu před uzlem a reponovat ji až k laterální hraně inzerčního místa (obr. 2a–c). Tento postup umožňuje provádět suturu bez napětí (tzv. “tension-free”) s maximálním krytím inzerčního místa (obr. 3) a zároveň se vyhnout nežádoucí konstrikci šlachy, která omezuje průtok krve a kompromituje hojení.

Pooperační postup

V pooperačním průběhu měli všichni pacienti fixovanou paži po dobu 4 týdnů na abdukční ortéze s klínem 15 st. Po tuto dobu cvičili několikrát denně bez odkládání ortézy hybnost lokte, zápěstí a lopatky. Ráno a večer při převlékání a hygieně ortézu odkládali a prováděli vývěsová cvičení (pendulum) v předklonu. U menších ruptur zahajujeme po 2 týdnech od operace pasivní cvičení hybnosti. Po 4 týdnech všichni pacienti ortézu postupně odloží a další 4 týdny cvičí aktivně-asistovaně, tj. s dopomocí, bez aktivní elevace. Teprve po 8 týdnech povolujeme pacientům aktivní elevaci a dostávají pokyn rameno pod vedením fyzioterapeuta rozcvičit a posílit.

VÝSLEDKY

Průměrná délka operace od říznutí po poslední steh byla 82,5 minuty (48 až 170 minut). Tyto časy se nijak zásadně nelišily od časů, na které jsme zvyklí. Průměrná délka přípravy kanálku byla 6,2 minuty (3 až 20 minut), přičemž u prvních 12 pacientů to bylo 7,9 minuty (3 až 20 minut) a u dalších 12 pacientů 5,3 minuty (3 až 13 minut).

Komplikace se vyskytla pouze jedna. Nebyli jsme schopni vrtací pouzdro pevně aretovat ke kosti a tak se nedařilo zacílit K-drát do otvoru v šídle. Po několika pokusech jsme nakonec konvertovali výkon na suturu pomocí kotev. Tento pacient nebyl zařazen do hodnoceného souboru.

Průměrná úspora na jednu operaci byla 9 463,- Kč (2 530,- až 28 610,- Kč)

Statistické zhodnocení

Kvantitativní proměnné (např. bolestivost) jsou vyjádřeny jako průměry s uvedenými směrodatnými odchylkami.

Normální rozdělení dat proměnných bylo testováno pomocí Kolmogorova-Smirnovova testu. Pro porovnání našeho souboru se souborem pacientů z Randelliho studie (23) byl použit dvouvýběrový test. Při použití dvouvýběrového t-testu byla pomocí Fisherova-Snedecorova testu testována shoda rozptylů (předpoklad homoskedasticity). Pokud nebyl splněn předpoklad homoskedasticity, byl použit upravený dvouvýběrový t-test. Všechny testy byly testovány na hladině významnosti $\alpha=5\%$.

V tabulce 1 jsou výsledky testování normality dat sesbíraného souboru. Pro 1. až 3. týden můžeme předpokládat normální rozdělení dat a pouze u 4. týdne normalitu dat na hladině významnosti 5 % nemůžeme předpokládat.

Tab. 1. Testování normality dat / Table 1. Normality test

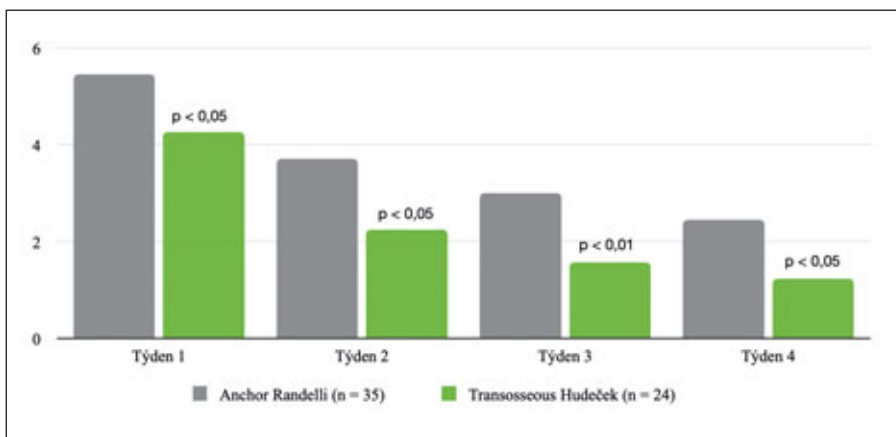
	Týden 1	Týden 2	Týden 3	Týden 4
Transosseous (Hudeček)	4,26±1,74	2,24±1,62	1,56±1,27	1,23±1,33
p-hodnota	0,8944	0,197	0,08853	0,0005595

Tab. 2. Srovnání bolesti u transoseálního přístupu s kotvičkami (Anchor)

Table 2. Comparison of pain in transosseous suture and suture anchors (Anchor)

	Týden 1	Týden 2	Týden 3	Týden 4
Anchor (Randelli)	5,45±2,81	3,70±2,77	3,00±2,44	2,44±2,41
Transosseous (Hudeček)	4,26±1,74	2,24±1,62	1,56±1,27	1,23±1,33
p-hodnota	0,04921226	0,0135441	0,00456862	0,01664789

Pro porovnání souborů s výsledky Randelliho studie (23) byl pro všechny týdny použit parametrický t-test, přestože ve 4. týdnu u nasbíraných dat nelze normální rozdělení předpokládat a pro Randelliho studii nejsou dostupná data týkající se rozdělení dat pro hodnocení bolestivosti v prvních 28 dnech.



Graf 1. Týdenní hodnoty VAS v prvních čtyřech týdnech po sutuře rotátorové manžety.
Graph 1. Weekly VAS values for the first four weeks after rotator cuff repair.

V tabulce 2 můžeme vidět publikované hodnoty z Randelliho studie pro skupinu léčenou pomocí kotviček a hodnoty z našeho souboru pacientů. Ani pro jeden hodnocený týden nemůžeme předpokládat shodu rozptylů.

Z tabulky 2 a grafu 1 můžeme vidět, že pro všechny týdny jsme našli statisticky významné rozdíly v bolestivosti. Zvláště rozdíly ve 2. až 4. týdnu můžeme považovat za statisticky významné. Rozdíl v 1. týdnu je sice stále pod hranicí významnosti 5 %, avšak již se jedná o hraniční hodnotu, a proto by pro potvrzení tohoto trendu bylo potřeba změřit více pacientů nebo získat více informací ze studie Randelli a kol.

DISKUSE

Gerber v roce 1994 formuloval předpoklady ideální reparace manžety. Taková technika musí mít dostatečnou iniciální pevnost, umožnit co nejmenší efekt tzv. “gap formation” a musí udržet mechanickou stabilitu po dobu hojení šlachy ke kosti (11).

Přednosti transoseální sutury rotátorové manžety byly prokázány v mnoha biomechanických studiích. Podle Aprelevy zajistí transoseální technika lepší krytí inzerčního místa než fixace pomocí koviček (2). Ahmad prokázal, že u transoseální techniky je na rozhraní kosti a šlachy menší nežádoucí pohyb (1). Z důvodu lepší distribuce tahu v jednotlivých vláknech a tím pádem vyšší šance na zhojení je podle Cho výhodné založit vlákna do manžety rovnoměrně po obvodu trhliny (12). U transoseální sutury masivních trhlín manžety může být tah vláken rozložený do 6 i více bodů, což je pomocí kotviček obtížně proveditelné. Větší množství vláken v kanálku rozloží stress na kostní můstek, takže prořezávání vláken stěnou kostního můstku (tzv. “cut out”) bývá pozorováno u méně než 1 % pacientů (vždy se zjevnou porózou kosti). V takové situaci je možné použít augmentaci nebo přejít na suturu pomocí kotviček. Killocoyne ve své kontrolované biomechanické studii dochází k závěru, že z biomechanického pohledu není cílem dosáhnout maximálních hodnot pevnosti, ale spíše kli-

nicky optimálních. V jeho studii bylo dosaženo u transosseous-equivalent sutury i u transoseální sutury podobných hodnot pevnosti ($578,5 \pm 123,8$ N resp. $468,7 \pm 150,9$ N), cyklické elongace ($8,49 \pm 7,26$ % resp. $5,05 \pm 1,42$ %), nebo tuhosti ($96,4 \pm 20,9$ N/mm resp. $91,6 \pm 13,8$ N/mm). Tento stav nazývá “Clinically Optimal Biomechanical Strength”. Pokud ho dosáhneme, není další zvyšování pevnosti již přínosné. Důležité je umožnit biologické hojení a vyhnout se komplikacím z příliš rigidní konstrukce. Zejména obtížně řešitelnému způsobu selhání, jakým je reruptura na rozhraní šlachy a svalu (tzv. “type 2 failure”), který je častěji pozorovaný u transosseous-equivalent techniky (13).

Podle Taniguchiho má transoseální sutura díky kanálkům a přímému kontaktu kosti a šlachy větší biologický potenciál k hojení (29). Nehrozí komplikace z přítomnosti kotviček – vytržení kotvičky z kosti nebo osteolýza kosti velkého hrbolu (15). V případě reruptury je výhodnější situace pro reoperaci (12, 13). Absence kotev v hrbolu a lepší prokrvení šlachy zlepšují biologii hojení (30, 31).

Z literatury je známo, že zhojení manžety v prvních 3 měsících má pozitivní efekt na dlouhodobou integritu manžety i dlouhodobé klinické výsledky. Miller upozorňuje, že pokud dojde k reruptuře manžety, je to nejčastěji v prvních 3 měsících po sutuře a vede to ke klinicky horším dlouhodobým výsledkům (17). Chillemi proto navrhuje v případě selhání sutury nepoužívat termín reruptura, ale “non-healing” (8). Metoda, která kombinuje maximální biomechanický a biologický potenciál je vhodná pro zajištění hojení a prevenci reruptury. Tento předpoklad potvrzují i výsledky prací hodnotících klinické výsledky transoseálních sutur (10, 22, 23, 26, 28).

Randelli prokázal v prospektivní randomizované dvojité slepé studii, že pacienti mají ve 3. a 4. týdnu statisticky významně menší bolestivost než v kontrolní skupině s kotvičkami (23). My jsme tento výsledek dokázali replikovat a potvrdili jsme hypotézu, že pacienti mají po transoseální sutuře dřívější ústup pooperačních bolestí než u sutury pomocí kotviček. Snížení bolestivosti kolem 3. týdne po operaci by mohlo odpovídat tomu, že v oblasti reinzerce šlachy dochází k hojení a tvorbě enthesis. V proliferativní fázi se již v tomto období syntetizuje kolagen typu III, postupně dochází k jeho nahrazení kolagenem typu I a v nastupující remodelační fázi k formaci pevné pojivové tkáně. Tato tkáň postupně přebírá v celé konstrukci zátěž a tak se snižuje napětí na stehy a šlachy. V dalších týdnech tento proces pokračuje a spojení šlachy s kostí postupně vyžrává do čtyř vrstev od šlachy přes nemineralizované a mineralizované fibro-kartilago až po kost (6).

Transoseální technika přináší výraznou úsporu nákladů na operaci (5). Při použití transoseální metody v USA byla průměrná úspora na ceně za materiál na jednu operaci vyčíslena na cca 900,- USD (25). V ČR je ročně provedeno kolem 10 000 sutur rotátorové manžety. V naší studii byla průměrná úspora za jednu operaci 9 463,- Kč, ale je nutno podotknout, že jsme při kalkulaci úspory počítali s cenou 4 200,- Kč za kotvičku pro mediální i laterální řadu, což je na spodní hranici ceno-

vého rozpětí v ČR běžně používaných kotviček. V některých zařízeních mohou být průměrné úspory ještě vyšší. Výsledky nákladové části naší studie jsou důležité vzhledem k postupnému zavádění systému tzv. “value-based care” ve zdravotních systémech vyspělých zemí.

V naší studii jsme prokázali, že učební křivka má u Drillbone Tunneleru příznivý průběh a jeho použití neprodlužuje běžné operační časy – ty jsou určeny spíše typem ruptury, event. nutností provádět doprovodné výkony (uvolnění pouzdra, ošetření bicepsu tenodézou apod.). Učební křivka může být u běžného operátora o něco pozvolnější než u autora, který měl díky času strávenému při vývoji nástroje určitý náskok. Výhodou při osvojování této metody je, že lze kdykoliv přejít na klasickou suturu s kotvičkami.

Slabinou naší studie je absence kontrolní skupiny při hodnocení pooperační bolestivosti. Při plánování studie jsme nepovažovali za etické pracovat s kontrolní skupinou a nabízet pacientům účast ve studii, kde bychom po randomizaci polovinu z nich operovali metodou, u které vidíme řadu nevýhod. Tento nedostatek v designu studie jsme proto vyřešili virtuální kontrolní skupinou a porovnali jsme naše výsledky s kontrolní skupinou z Randelliho studie (23). Demograficky se jedná o podobný soubor pacientů. Počet pacientů v obou souborech a rozptyl hodnot nám umožnil toto porovnání provést. V našem souboru byl větší počet pacientů s ošetřením bicepsu, pacientů se sekundární kapsulitidou a pacientů s velkými či masívními trhlinami. Tento fakt by měl teoreticky zhoršit naše výsledky. Ovšem i za těchto podmínek jsme dokázali potvrdit hypotézu o dřívějším ústupu pooperačních bolestí u transoseální sutury ve srovnání se suturou pomocí kotviček.

Další limitací práce je fakt, že u Randelliho studie nejsou pro výsledky bolestivosti v prvních 28 dnech uvedeny informace týkající se splnění předpokladu normality dat. Pro potřeby porovnání našeho a uvedeného souboru byla tedy data u Randelliho studie uvažována s normálním rozdělením a byl použit dvouvýběrový t-test. Pro jednoznačný závěr by bylo potřeba provést přímé porovnání. V návaznosti na tuto limitaci je vhodné opatrně interpretovat p-hodnoty na hranici 5 %. Tato limitace se však netýká naší hypotézy.

Slabinou této studie je také konflikt zájmů autora, který je vynálezcem a zároveň výrobcem cíliče Drillbone Tunneler. Tento střet zájmů je ovšem v časných fázích vývoje operačního nástroje a při jeho zavádění do praxe tolerovatelný pod podmínkou, že je otevřeně deklarován (14).

ZÁVĚR

Artroskopická transoseální sutura rotátorové manžety je slibná technika spojující výhody dlouhodobě vynikajících výsledků transoseálních sutur manžety a minimální invazivnost artroskopických operací. Při použití cíliče Drillbone Tunneler je učební křivka rychlá, komplikace jsou minimální a příprava kanálků neprodlužuje standardní operační časy. Z časných pooperačních výsledků je zřejmý příznivý profil pooperačních bolestí. Metoda

významně šetří náklady na operaci při dosahování srovnatelných klinických výsledků, čímž naplňuje principy “value-based care”. Dlouhodobé výsledky této operační techniky budeme publikovat po zpracování dat z připravované prospektivní multicentrické studie.

Literatura

- Ahmad CS, Stewart AM, Izquierdo R, Bigliani LU. Tendon-bone interface motion in transosseous suture and suture anchor rotator cuff repair techniques. *Am J Sports Med* 2005;33:1667–1671.
- Apreleva M, Ozbaydar M, Fitzgibbons PG, Warner JJ. Rotator cuff tears: the effect of the reconstruction method on three-dimensional repair site area. *Arthroscopy*. 2002;18:519–526.
- Atoun E., Kane LT, Abboud JA. Arthroscopic, Needle-Based, Transosseous Rotator Cuff Repair. *Arthrosc Tech* 2019;9:e57–e63.
- Black EM, Lin A, Srikumaran U, Jain N, Freehill MT. Arthroscopic transosseous rotator cuff repair: technical note, outcomes, and complications. *Orthopedics*. 2015;38:e352–e358.
- Black EM, Austin LS, Narzikul A, Seidl AJ, Martens K, Lazarus MD. Comparison of implant cost and surgical time in arthroscopic transosseous and transosseous equivalent rotator cuff repair. *J Shoulder Elbow Surg*. 2016;25:1449–1456.
- Bunker DL, Ilie V, Ilie V, Nicklin S. Tendon to bone healing and its implications for surgery. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2014;4:343–350.
- Castagna A, Gumina S, Garofalo R, Mantovani M, Kany J, Chillemi C. Technique for a novel arthroscopic transosseous rotator cuff repair. *Tech Shoulder Elbow Surg* 2019;20:12–18.
- Chillemi C, Petrozza V, Garro L, Sardella B, Diotallevi R, Ferrara A, Gigante A, Di Cristofano C, Castagna A, Della Rocca C. Rotator cuff re-tear or non-healing: histopathological aspects and predictive factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011;19:1588–1596.
- Codman EA. *The Shoulder: Rupture of the supraspinatus tendon and other lesions in or about the subacromial bursa*. Thomas Todd Co, Boston MA, 1934.
- Flanagin BA, Garofalo R, Lo EY, Feher L, Castagna A, Qin H, Krishnan SG. Midterm clinical outcomes following arthroscopic transosseous rotator cuff repair. *Int J Shoulder Surg* 2016;10:3–9.
- Gerber C, Schneeberger AG, Beck M, Schlegel U. Mechanical strength of repairs of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Br*. 1994;76:371–380.
- Cho NS, Lee BG, Rhee YG. Arthroscopic rotator cuff repair using a suture bridge technique: is the repair integrity actually maintained? *Am J Sports Med*. 2011;39:2108–2116.
- Kilcoyne KG, Guillaume SG, Hannan CV, Langdale ER, Belkoff SM, Srikumaran U. Anchored transosseous-equivalent versus anchorless transosseous rotator cuff repair: A biomechanical analysis in a cadaveric model. *Am J Sports Med* 2017;45:2364–2371.
- Lo B, Field MJ (eds.). *Education, and practice; conflict of interest in medical research, education, and practice*. Institute of Medicine (US) Committee on Conflict of Interest in Medical Research. National Academies Press (US), Washington (DC), 2009.
- Mascarenhas, R, Chalmers, PN, Sayegh, ET. Is double-row rotator cuff repair clinically superior to single-row rotator cuff repair: a systematic review of overlapping meta-analyses. *Arthroscopy*. 2014;30:1156–1165.
- McLaughlin HL, Asherman EG. Lesions of the musculotendinous cuff of the shoulder. IV. Some observations based upon the results of surgical repair. *J Bone Joint Surg Am*. 1951;33:76–86.
- Miller BS, Downie BK, Kohen RB, Kijek T, Lesniak B, Jacobson JA, Hughes RE, Carpenter JE. When do rotator cuff repairs fail? Serial ultrasound examination after arthroscopic repair of large and massive rotator cuff tears. *Am J Sports Med*. 2011;39:2064–2070.
- Murphy M, Tashjian R, Burks R. Rotator cuff repair technique with transosseous knotless anchor system. *Arthrosc Tech*. 2018;7:e927–e937.
- Musil D, Sadovský P. Masivní ruptura rotátorové manžety – srovnání mini-open a artroskopické rekonstrukce. Část 2: artroskopická rekonstrukce. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2007;74:318–325.
- Neer CS 2nd. Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder: a preliminary report. *J Bone Joint Surg Am*. 1972;68:170–175.
- Park MC, Elattrache NS, Ahmad CS, Tibone JE. “Transosseous-equivalent” rotator cuff repair technique. *Arthroscopy*. 2006;22:1360.e1–e5.
- Plachel F, Traweger A, Vasvary I, Schanda JE, Resch H, Moroder P. Long-term results after arthroscopic transosseous rotator cuff repair. *J Shoulder Elbow Surg*. 2019;28:706–714.
- Randelli P, Stoppani CA, Zaolino C, Menon A, Randelli F, Cabitza P. Advantages of arthroscopic rotator cuff repair with a transosseous suture technique: a prospective randomized controlled trial. *Am J Sports Med*. 2017;45:2000–2009.
- Sanders B. True transosseous hybrid rotator cuff repair. *Arthrosc Tech*. 2019;8:e1013–e1018.
- Seidl AJ, Lombardi NJ, Lazarus MD, Black EM, Maltenfort MG, Pepe MD, Austin LS. Arthroscopic transosseous and transosseous-equivalent rotator cuff repair: an analysis of cost, operative time, and clinical outcomes. *Am J Orthop*. 2016;45:e415–e420.
- Srikumaran U, Huish EG Jr, Shi BY, Hannan CV, Ali I, Kilcoyne KG. Anchorless arthroscopic transosseous and anchored arthroscopic transosseous equivalent rotator cuff repair show no differences in structural integrity or patient-reported outcomes in a matched cohort. *Clin Orthop Relat Res*. 2020;478:1295–1303.
- Steinitz A, Buxbaumer P, Hackly M, Buess E. Arthroscopic anchorless transosseous rotator cuff repair using the X-box technique. *Arthrosc Tech*. 2019;8:e175–e181.
- Tashjian RZ, Hoy TW, Helgerson JR, Guss AD, Hennigen HB, Burks RT. Biomechanical comparison of transosseous knotless rotator cuff repair versus transosseous equivalent repair: half the anchors with equivalent biomechanics? *Arthroscopy*. 2017;34:58–63.
- Taniguchi N, Suenga N, Oizumi N, Miyoshi N, Araki N, Chosa E. Surface-holding repair: an original arthroscopic rotator cuff repair technique. *J Shoulder Elbow Surg*. 2014;23:620–627.
- Tauber M, Hoffelner R, Penzkofer R, Koller H, Zenner J, Hitzl W, Moroder P, Resch H. Arthroscopic rotator cuff repair: a biomechanical comparison of the suture-bridge technique versus transosseous technique using SutureButtons®. *Clin Biomech*. 2011;26:910–916.
- Urita A, Funakoshi T, Horie T, Nishida M, Iwasaki N. Difference in vascular patterns between transosseous-equivalent and transosseous rotator cuff repair. *J Shoulder Elbow Surg*. 2017;26:149–156.

Korespondující autor:

MUDr. Filip Hudeček
I. ortopedická klinika
Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně
Pekařská 53
656 91 Brno
E-mail: filip.hudecek@fnusa.cz