

Anatomické poznámky k miniinvazivní dlahové osteosyntéze proximálního humeru – kadaverózní studie

Anatomy Notes on Minimally Invasive Plate Osteosynthesis of the Proximal Humerus. A Cadaver Study

M. KŘIVOHLÁVEK¹, S. TALLER¹, R. LUKÁŠ¹, P. DRÁČ²

¹ Traumatologicko-ortopedické centrum se spinální jednotkou, Krajská Nemocnice Liberec

² Traumacentrum FN Olomouc

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The aim of the study was to assess the average length of a proximal and a distal incision, to verify the location of the axillary nerve and to identify risk factors for nerve injury during minimally invasive plate osteosynthesis.

MATERIAL AND METHODS

During cadaver study a total of 24 implantations using the Philos angular stable plate were performed from the minimally invasive anterolateral approach. A five-hole plate inserted with the aid of new Philos aiming device was used in all cases. The plate was fixed with four screws proximally and with three screws to the diaphysis. After implantation either of the incisions were joined and the axillary nerve was exposed on the lateral side of the arm.

RESULTS

The nerve was not found to be injured during plate implantation in any of the cases. The average length of the proximal incision was 56 ± 2.8 mm (52–64 mm) and that of the distal incision was 32 ± 2.5 mm (28–35 mm). The middle free part covering the axillary nerve was on average 45 ± 4.3 mm (38–54) long. The average width of the nerve was 1.9 ± 0.35 mm (1.4–2.8 mm). The average distance of the axillary nerve was 39 ± 2.9 mm (37–44 mm) from the superior facet of the greater tubercle and 53 ± 3.9 mm (48–60) from the lower edge of the acromial process. In 80% of the cases the nerve was located in the area determined for the screws going to the medial calcar region; in 20% it was over a hole for the screw directed towards the centre of humeral head. Nerve location above the first six most proximally placed screws was not recorded in any of the cases.

DISCUSSION

The minimally invasive anterolateral approach is an alternative technique for osteosynthesis of proximal humerus fractures using angular stable plates. Advantages reported by a number of authors include lower incidence of avascular necrosis of the humeral head, an easier way of reduction and a better view of the rotator cuff. On the other hand, this approach is associated with a higher risk of damage to the axillary nerve. Distance of axillary nerve from acromion is very variable. It may be located in the range of 30 to 85 mm from the acromial edge.

CONCLUSION

The anterolateral approach is, when respecting the anatomical position of the axillary nerve, a safe alternative to the conventional deltoideopectoral approach.

Key words: proximal humerus fracture, MIPO, transdeltoideal approach, axillary nerve.

ÚVOD

Dlahová osteosyntéza zlomenin proximálního humeru konvenční dlahou s otevřenou repozicí je zatížena vysokým počtem komplikací (25). Použití nové generace dlah s úhlově stabilními šrouby, výrazně zvětšilo naše možnosti stabilní fixace zlomenin a to i v osteoporotickém terénu (7, 17). Dlahová osteosyntéza úhlově stabilní dlahou nebo úhlově stabilním hřebem je v současné době většinou traumatologů a ortopedů považována za metodu volby. Jako obecně preferovaný přístup pro dlahovou osteosyntézu zlomenin proximálního humeru je doporučován přístup deltoideopektorální s limitovanou disekcí měkkých tkání (12). Tak jako v jiných lokalitách, jsme v posledních letech svědky snahy o aplikace principu biologické osteosyntézy s využitím implantace úhlově stabilních dlah MIPO technikou (3, 4, 9). Dlahová osteosyntéza z limitovaného transdeltoideálního přístupu (delta split) – představuje alternativní techniku oproti obecně užívanému deltoideopektorálnímu přístupu. Hlavní obavou při využití miniinvasivního přístupu je možnost iatrogenního poškození axilárního nervu, nedokonalé repozice zlomeniny a nedostatečné kontroly nad pozicí dlahy. Obvykle je v literatuře uvedeno, že délka split incize by neměla přesáhnout 4 až 5 centimetrů od horního okraje akromia, přičemž existuje poměrně velká variabilita v lokalizaci axilárního nervu (1, 6, 10, 13, 19, 16, 22). Proto byl tento přístup využíván hlavně pro nedislokované nebo minimálně dislokované, zpravidla dvouúlomkové zlomeniny nebo jednodušší tříúlomkové zlomeniny proximálního humeru.

Vypracování metodiky aplikace dlahy a repozičních technik umožnilo po rozšíření zkušeností využít tuto techniku i pro závažnější typy zlomenin včetně čtyřúlomkových nebo některých luxačních zlomenin proximálního humeru.

MATERIÁL A METODIKA

Vzhledem k tomu, že v literatuře je popisována možnost snadné palpační verifikace axilárního nervu na spodní straně deltového svalu (2, 5, 11), bylo naším cílem ověřit možnost palpační lokalizace nervu v průběhu miniinvasivní dlahové osteosyntézy proximálního humeru na kadaverózních preparátech. Dále jsme chtěli identifikovat vzdálenost axilárního nervu vzhledem k anatomickým strukturám ramenního kloubu (akromion – *n. axilaris*, horní okraj velkého hrbolku – *n. axilaris*) s ohledem na použitý osteosyntetický materiál (dlaha Philos Synthes, Oberdorf), tak aby bylo možné využít těchto výsledků v klinické praxi.

K anatomické studii bylo využito 12 kadaverózních fresh preparátů, kde byla vždy oboustranně provedena simulovaná implantace pětiotvorové úhlově stabilní dlahy PHILOS s použitím cílicího rámu pro miniinvasivní osteosyntézu (obr. 1b). Celkem bylo provedeno 24 operačních výkonů miniinvasivní technikou. Vylučovacími kritérii byla předcházející

chirurgická nebo ortopedická intervence v oblasti ramenního pletence.

Ve všech případech byl použit limitovaný anterolaterální transdeltoideální přístup. Kožní řez byl veden na hranici přední a střední třetiny deltového svalu. Iniciální řez byl délky přibližně 4 cm, tak aby jedna třetina řezu zasahovala nad dolní okraj akromia (obr. 1a). Pak byl proveden pokus o palpační identifikaci axilárního nervu na spodní části deltového svalu. Palpovatelnost nervu byla zaznamenána. V případě potřeby byl řez rozšířen, tak aby bylo možné identifikovat jednotlivé struktury proximálního humeru (malý hrbolok s úponem *m. subscapularis*, horní část velkého hrbolku s úponem *m. supraspinatus* a zadní část velkého hrbolku *m. infraspinatus*). Přístup byl vždy rozšířen tak, aby bylo možné naložení fixačních stehů na svalové úpony rotátorové manžety v oblasti obou hrbolků. Snahou bylo co možná nejvíce šetřit axilární nerv.

Dlaha byla implantována na anterolaterální část proximálního humeru, přibližně 3–5 mm za zevní okraj bicipitálního sulku a 5 mm od horního okraje velkého hrbolku. K nastavení optimální výšky dlahy bylo využito K-drátu v cílicím rámu doporučeném výrobcem. Poté byla dlaha proximálně fixována jedním K-drátem v oblasti proximálního humeru.

Distální incize v délce přibližně dvou až tří centimetrů byla vedena ve výši třetího až čtvrtého otvoru v diafyzální části dlahy. Palpačně byla identifikována optimální poloha dlahy na zevní straně diafýzy a dlahy byla distálně dočasně fixována K-drátem, a to zpravidla ve výši čtvrtého nebo pátého otvoru. Stabilní fixace dlahy k diafýze bylo dosaženo zavedením kortikálního šroubu do druhého otvoru diafyzální části dlahy. S pomocí cílicího rámu byly zavedeny proximální 4 úhlově stabilní šrouby (linie A a B) a byla doplněna definitivní fixace dlahy v oblasti diafýzy. Délka obou incizí a intervalu mezi nimi byla změřena a zaznamenána do protokolu.

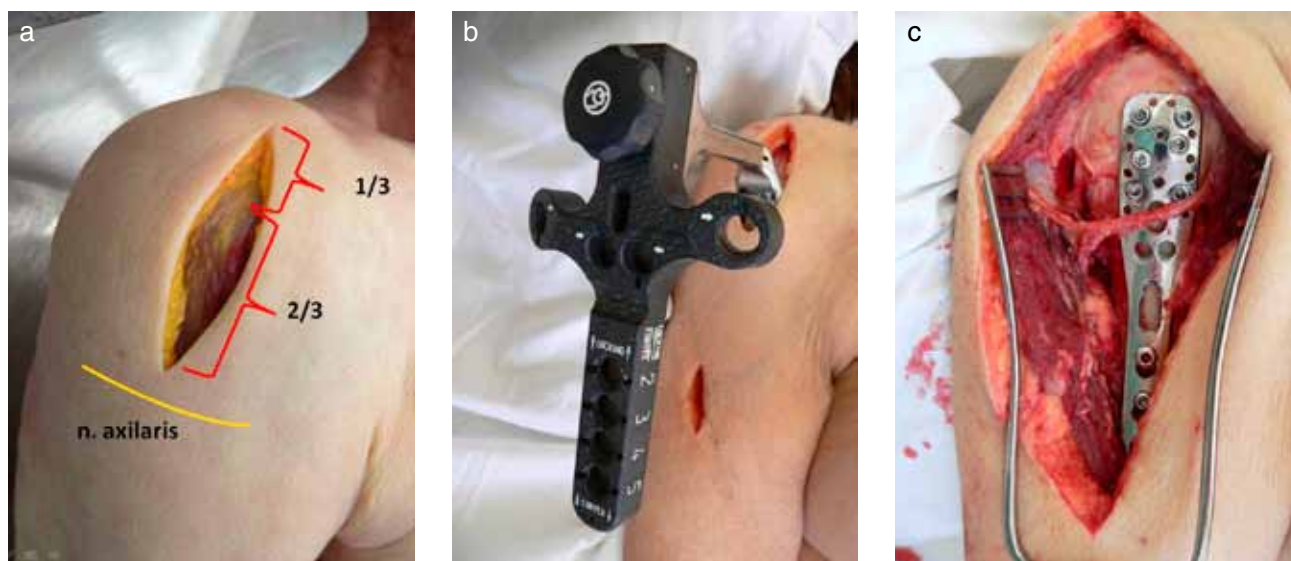
Na závěr výkonu byly obě incize spojeny a byla provedena verifikace polohy axilárního nervu a jeho případného poškození během implantace dlahy (obr. 1c). Hodnotili jsme vzdálenost horního okraje nervu nad středem dlahy oproti dolnímu okraji akromia a hornímu okraji velkého hrbolku.

VÝSLEDKY

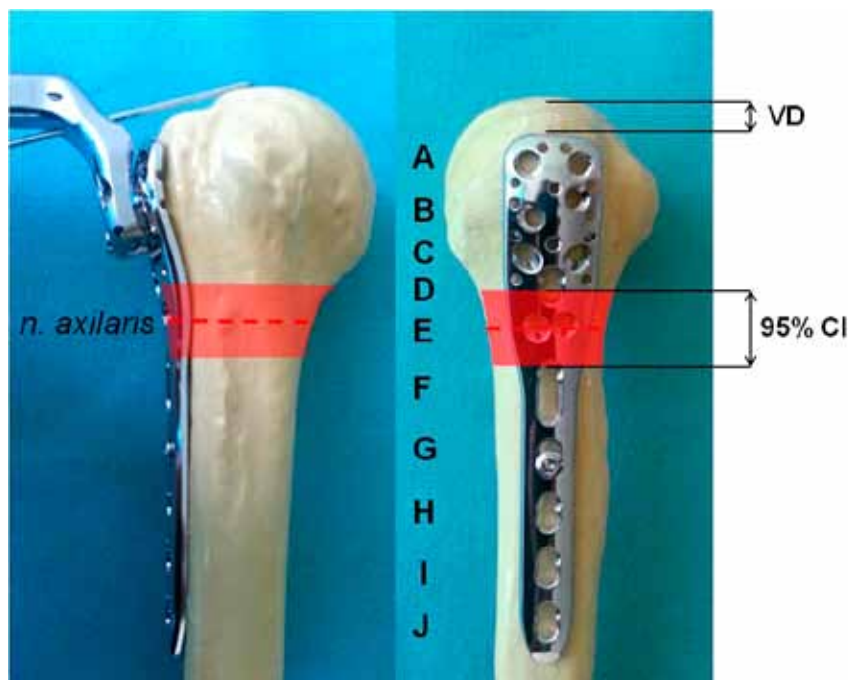
Při palpační identifikaci axilárního nervu v oblasti proximální incize byl nerv ve všech případech bezpečně identifikován a palpačně určená poloha nervu odpovídala ve všech případech operačnímu nálezu uložení nervu na spodní straně deltového svalu.

Proximální řez byl průměrně dlouhý $56 \pm 2,8$ mm (52–64 mm), distální incize pak $32 \pm 2,5$ mm (28–35 mm). Střední volná část kryjící axilární nerv byla dlouhá průměrně $45 \pm 4,3$ mm (38–54 mm).

Dlaha byla ve 23 případech implantována v ideální pozici, pouze v jednom případě byla prokázána lehká malpozice dlahy (4 %).



Obr. 1. Limitovaný transdeltoideální přístup. Pohled na pravý ramenní kloub: a – proximální incize, b – implantace dlahy Philos s cílícím rámem, c – verifikace axilárního nervu.



Obr. 2. Lokalizace axilárního nervu od vrcholu velkého hrbolku. Projekce 95% intervalu spolehlivosti výskytu axilárního nervu. VD – nastavení výšky dlahy – 5 mm, CI – 95% konfidenční interval spolehlivosti (37,3–39,7 mm od okraje velkého hrbolku).

Ani v jednom případě nebylo prokázáno přerušení nervu v průběhu implantace dlahy a simulace osteosyntézy. V jednom případě jsme pozorovali větvení nervu při předním okraji dlahy, ale již mimo otvory pro úhlově stabilní šrouby. Průměrná šířka nervu nad středem dlahy byla $1,9 \pm 0,35$ mm (1,4–2,8 mm).

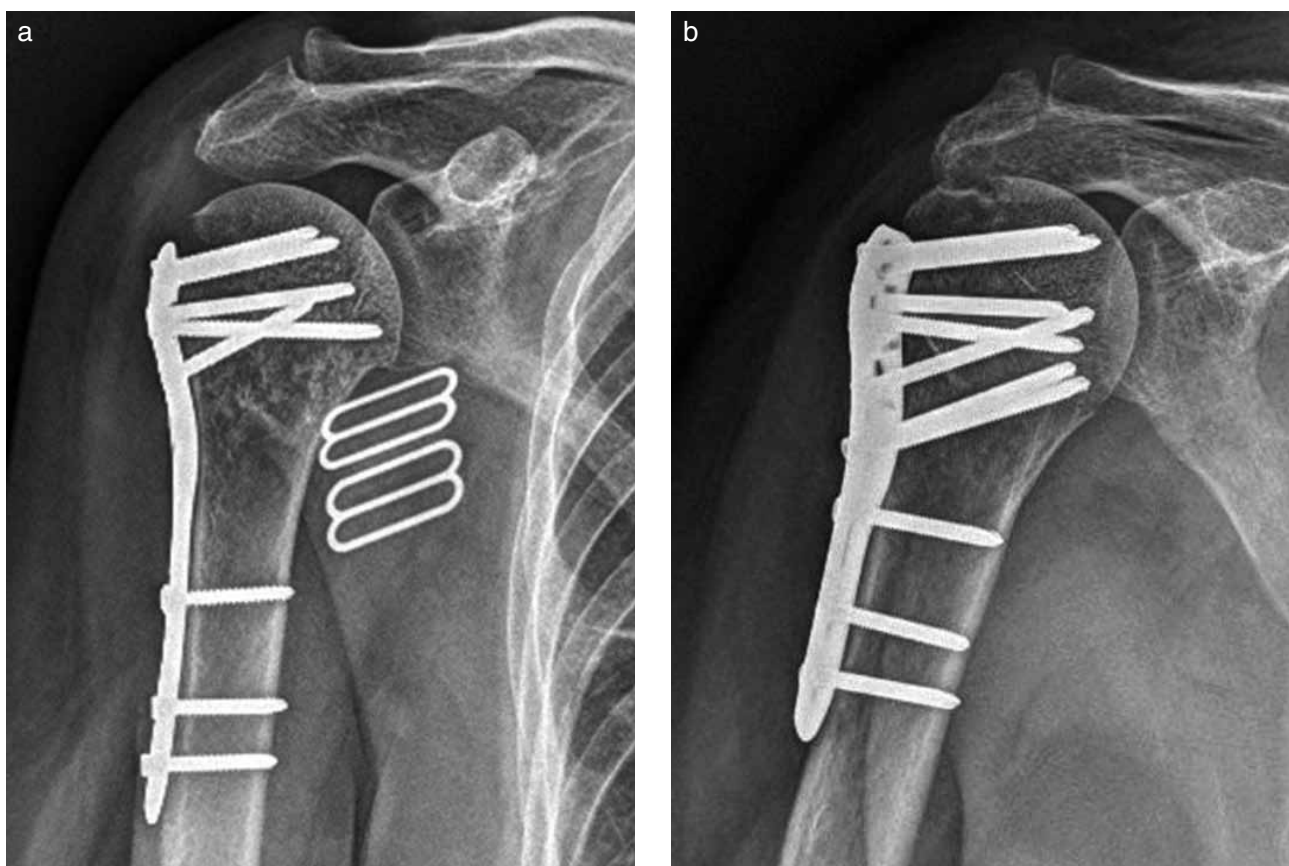
Vzdálenost axilárního nervu od dolního okraje akromia byla $53 \pm 3,9$ mm (48–60 mm) a od vrcholu velkého hrbolku byla průměrně 39 mm $\pm 2,9$ mm (37–44 mm). V 80 % se nerv nacházel v prostoru určeném pro šrouby směřující do oblasti *calcar humeri* (pátá řada otvorů dlahy Philos, řada E) a ve 20 % pak nad otvorem pro zamykatelný šroub směřujícím

do centra hlavice (čtvrtá řada dlahy Philos, řada D), (obr. 2).

V průběhu studie bylo ověřeno bezpečné použití šesti nejproximálněji uložených šroubů (řady A–C), kdy ani v jednom případě nebyla prokázána lokalizace axilárního nervu nad těmito otvory.

DISKUSE

Deltoideopektorální přístup představuje v současné době standardní operační přístup při dlahové osteosyntéze nebo náhradě ramenního kloubu. Na druhou stranu představuje přístup s vyšším rizikem poškození měkkých tkání, včetně poškození způsobených nadměrnou retrakcí nebo nutností uvolnění deltového svalu od klíční kosti. Výhodný je tento přístup v případě zlomenin spojených s přední luxací ramene, vzácném izolovaném odlomení malého hrbolku, ale obtížně dosahujeme repozice horní a zejména zadní části velkého hrbolku se svalovým úponem *m. infraspinatus*. Někteří autoři dokonce doporučují u komplexních čtyřúhelníkových zlomenin kombinovat deltoideopektorální přístup s přídatnou incizí laterálně k optimální rekonstrukci zadní části velkého hrbolku a rotátorové manžety (9). Přední přístup k ramennímu kloubu s nutností retrakce deltového svalu může být příčinou malpozice dlahy. Chirurg má častěji tendenci uložit dlahu příliš ventrálně. Dlahy je pak uložena blíže bicipitálnímu sulku. Příliš ventrální uložení dlahy může iritovat šlachy bicepsu a cévní zásobení hlavice humeru z *a. arcuata*. Díky malpozici dlahy dochází i k nerovnoměrnému rozložení úhlově stabilních šroubů v hlavici humeru, kdy



Obr. 3. Srovnání základní montáže dlahové osteosyntézy čtyřúlovkové zlomeniny proximálního humeru: a – limitovaný transdeltoideální přístup, b – deltoideopektorální přístup.

hlavní část šroubů směřuje dorzálně. Rovněž se zvyšuje riziko perforace šroubů přes okraj hlavice humeru do glenohumerálního kloubu.

Povzbudivé výsledky miniinvazivní dlahové osteosyntézy vedly k postupnému nárůstu použití této techniky (2, 8, 20). V současné době se již objevují práce s větším počtem operovaných pacientů. S narůstající zkušeností je tato technika stále více využívána i pro závažnější typy zlomenin (3). Hlavní výhodou je operační přístup k hlavici humeru v místě avaskulární zóny proximálního humeru. Operační přístup tedy minimalizuje sekundární poškození vitality hlavice humeru v průběhu operačního výkonu. Přímý pohled na oblast vrcholu hlavice a jednotlivé části rotátorové manžety umožňuje přímou vizualizaci a rekonstrukci hrbolků a úponů rotátorové manžety. Snadněji než u deltoideopektorálního přístupu je dosažitelná a rekonstruovatelná zadní část velkého hrbolku s úponem *m. infraspinatus*. Transdeltoideální přístup umožňuje i přímou vizuální kontrolu uložení dlahy na laterální plochu proximálního humeru. Nepřímé repoziční techniky využívající ligamentotaxi umožňují snadnější repozici, zejména valgus impakčních typů zlomenin. Přímý přístup k dislokovaným fragmentům snižuje nutnost použití Hohmanových elevatorů s nadměrnou retrakcí deltového svalu.

Nevýhodou transdeltoideálního přístupu je obava z iatrogenního poranění axilárního nervu. Dále pak techniky nepřímé repozice vyžadující dokonalejší skia-

skopickou kontrolu během operačního výkonu. Výkon může být rovněž technicky obtížně proveditelný u obézních pacientů.

Právě obava z poškození axilárního nervu je hlavním důvodem rezervovaného přístupu k této operační technice. Doposud publikované práce ukazují minimální výskyt této komplikace a spíše se jedná o ojedinělé případy v rámci jednotlivých studií. Jak ukazují práce využívající EMG k detekci poranění nervů, jsou nálezy EMG abnormalit srovnatelné u deltoideopektorálního i transdeltoideálního přístupu (27), případně zcela minimální. Nálezy denervace na EMG nejsou klinicky detekovatelné a nemají klinický korelát v konečném funkčním výsledku (15, 21). Nálezy poranění nervů u zlomenin proximálního humeru jsou popsány i u konzervativně léčených zlomenin. Zpravidla se jedná o vícečetná poranění. Příčinou je obvykle trakční poranění jednotlivých částí brachiálního plexu během úrazového děje, případně hematoma utlačující nervové struktury v době krátce po úraze. Nálezy jsou obvykle dočasné, odeznívající do několika týdnů a klinické projevy časně po úraze jsou často zcela překryty klinickými příznaky zlomeniny (26).

Axilární nerv pochází ze zadního svazku infraklavikulární části brachiálního plexu, běží podél *m. subscapularis*. V oblasti krčku glenoidu prochází přes *foramen humerotricipitale (foramen quadrilaterum)* spolu s *vasa circumflexa humeri posteriori*. Dále se obtáčí po zadní

straně chirurgického krčku humeru a obvykle těsně po průchodu přes foramen se dělí na dvě základní větve (*ramus anterior a ramus posterior n. axilaris*). Nerv se v 65 % větví krátce po průběhu ve *foramen humerotricipitale*, v 35 % dochází k větvení až v průběhu deltového svalu (18). Zadní větev vydává 2–3 motorické větvičky pro zadní část deltového svalu a senzitivní větev pro laterální oblast ramenního kloubu (*n. cutaneus brachii lateralis superior*). Přední větev vydává 7–8 motorických větviček pro střední a přední část deltového svalu (16). Podrobnější členění popsal Loukas na studii 50 karaverózních preparátů. Zadní větev ve 100 % zásobuje *m. teres minor* a senzitivní oblast zevní strany ramene, v 90 % pak vydává větve pro zadní část deltového svalu. Pouze ve 38 % vydává motorické větve pro střední část deltového svalu. Přední větev ve 100 % vydává větve pro kapsulu ramenního kloubu, přední a střední část deltového svalu. V 18 % pak vydává větve pro zadní část deltového svalu. Střední část deltového svalu měla duální inervaci v 38 % a zadní část pouze v 8 % případů (18).

Vlastní průběh a vzdálenost axilárního nervu od akromia je poměrně variabilní a obvykle je uváděna průměrná vzdálenost od okraje akromia kolem 5 cm. Ke snížení rizika iatrogenního poškození je doporučováno používat split přístup maximálně v délce 4 cm.

V literatuře můžeme nalézt celou řadu prací, které se snaží průběh axilárního nervu objektivizovat a stanovit vzdálenost nervu od horního okraje akromia s ohledem na snížení rizika jeho poranění.

Jako bezpečná zóna je udáváno 5 cm od okraje akromia. Burkhead prokázal ve studii 102 kadaverózních preparátů, že vzdálenost je značně variabilní a může, zejména u, být i menší než 5 cm (5). V jednom případě naměřil dokonce 3,1 cm. I další studie ukazují poměrně velkou variabilitu vzdálenosti axilárního nervu od okraje akromia (1, 6, 10, 13, 19, 16, 22), (tab. 1). Průměrná vzdálenost je do značné míry ovlivněna i metodikou měření. V přední části deltového svalu je obvykle delší, a to až o 11 mm (14, 16, 22). Kontakis popisuje v přední části deltového svalu až u 25 % kadaverů vzdálenost axilárního nervu od okraje akromia menší než 4 centimetry. Další studie popisují vzájemný vztah mezi vzdáleností axilárního nervu a celkovou délkou paže, případně deltového svalu (1, 6, 22). To vysvětluje některé extrémní případy krátké vzdálenosti nervu od akromia a kratší průměrnou vzdálenost u žen (5).

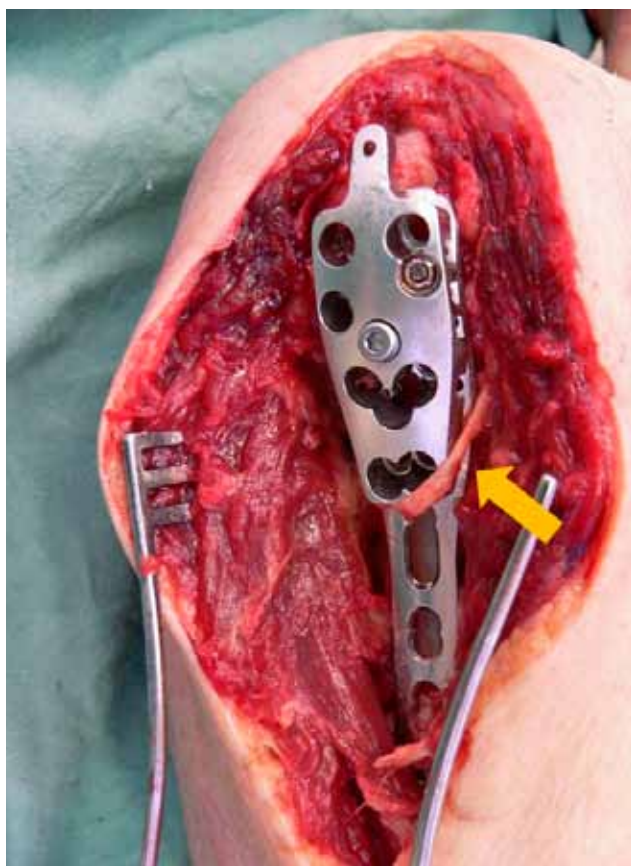
Poloha axilárního nervu je závislá i na poloze paže. Její 90° elevace přiblíží axilární nerv přibližně o 30 % (5). Cheung ve své studii 7 kadaverů zjistil průměrnou vzdálenost axilárního nervu ve střední části akromia 66,6 mm (58,4–72,4 mm). Přičemž při 40° abdukci došlo ke zkrácení vzdálenosti na 63,1 mm a při 60° abdukci dokonce ke zkrácení průměrné vzdálenosti na 53,9 mm (42,4–66,6 mm) (13). Abhinav v případě 90° elevace popsal přiblížení axilárního nervu k akromiu dokonce o 20 mm (1).

Řada autorů udává snadnou palpovatelnost axilárního nervu na spodní straně deltového svalu (2, 5, 6), což jsme potvrdili i v naší studii, kdy byl axilární nerv bezpečně palpačně identifikován na spodní straně deltového svalu a to ve všech 24 případech. Přední větev axilárního nervu byla v místě nad středem dlahy průměrně široká $1,9 \pm 0,35$ mm (1,4–2,8 mm). Nerv je v tomto místě i lehce mobilizovatelný. Gardner prokázal možnost mobilizace nervu jeho elevací bez jeho napnutí v průměru 13,4 mm (5). Vlastní limitovaný přístup je tedy možné individuálně rozšířit na základě lokalizace nervu ověřeného palpací.

Vzhledem k tomu, že vzdálenost axilárního nervu od okraje akromia je značně variabilní a vzdálenost se může lišit i s ohledem na tonus deltového svalu v průběhu anestézie, je výhodnější hodnotit vzdálenost nervu od vrcholu velkého hrbolku. Uvedená hodnota je méně závislá na pohybu paže a svalovém tonu ramenního pletence. V současné době používané typy úhlově stabilních implantátů předpokládají anatomickou repozici před zavedením implantátu a je tedy možné stanovit vzájemný vztah nervu a použitého implantátu. Optimální poloha dlahy je 5 mm pod dolním okrajem velkého hrbolku k minimalizaci impingement syndromu způsobeného implantátem. Vzdálenost axilárního nervu od vrcholu velkého hrbolku popisuje ve studii 20 kadaverózních preparátů Gardner (10), kdy průměrná vzdálenost byla $35,5 \pm 2,3$ mm (32,1–42,5 mm). Obdobné výsledky jsme prokázali i v naší studii, kdy průměrná vzdálenost byla $39 \pm 2,9$ mm (37–44 mm). Vzdálenost axilárního nervu k jednotlivým otvorům dlahy hodnotil Saran ve studii 9 kadaverů, kdy zkoumal vzdálenost axilárního nervu k jednotlivým otvorům dlahy Philos implantované z limitovaného transdeltoidálního přístupu (23). U otvorů ve třetí řadě v proximální části dlahy (otvory C) byla vzdálenost k okraji axilárního nervu 15,1 mm a 95% CI (konfidenční interval spolehlivosti) byl 14,3–16 mm.

Tab. 1. Vzdálenost axilárního nervu od okraje akromia. Průměrné, minimální a maximální hodnoty jsou uvedeny v milimetrech. Tučně jsou zvýrazněny minimální a maximální hodnoty

Akromioaxilární vzdálenost				
studie	průměr (mm)	min	max	počet
Abhinav 2009	60	45	65	30
Cetik 2004	60	52	69	24
Garden 2005	63,3	53,2	70,4	20
Cheung 2009	66,6	58,4	72,4	7
Kontakis 1999	56	30	75	134
Křivohlávek 2013	53,4	48	60	24
Nijs 2008	55,8	43,3	63,9	30
Rotari 2012	72	60	85	16



Obr. 4. Použití původního cílicího bloku pro dlahu. Pohled na pravý ramenní kloub – kolize s axilárním nervem (šipka označuje axilární nerv).

Tyto šrouby je tedy ještě možné využít pro stabilizaci proximálního fragmentu. Shodně výsledky ukazují i naše studie, jako bezpečné je možné využít otvory v řadě C, zatímco otvory v řadě D a E již představují riziko iatrogenního poranění axilárního nervu.

V případě fixace diafyzální části dlahy doporučuje Cheung incizi minimálně 9 cm od horního okraje akromia (13). Podrobněji hodnotil vztah axilárního nervu k diafyzální části dlahy Saran. Prokázal průměrnou vzdálenost od prvního šroubu v diafyzální části dlahy (otvor F) jen 6,6 mm a 95 % CI 4–9,2 mm (23). Relativně velká variabilita výskytu nervu nad prvním otvorem představuje riziko poškození nervu při jeho použití. Vzhledem k tomu, že je pro stabilizaci diafýzy doporučeno vynechat první otvor ve dlahy (otvor F) a k fixaci je zpravidla využíváno tří šroubů v oblasti diafýzy, je vhodné používat pouze pěťotvorovou verzi dlahy. V našem souboru byl 95% CI výskytu axilárního nervu ve vzdálenosti 51,6–54,8 mm od okraje akromia, respektive 37,3–39,7 mm od okraje velkého hrbolku (obr. 2). Jako výhodné se nám v případě limitovaného přístupu jeví použití speciálního cílicího rámu (obr. 1b). Rám umožní bezpečné zavedení čtyř proximálních úhlově stabilizních šroubů (otvory A–B) a čtyř distálních úhlově stabilizních nebo kortikálních šroubů (otvory G–J). Horní část cílicího bloku je zmenšena vzhledem k možné nadměrné distenzi axilárního nervu. Otvory pro úhlově stabilní šrouby v řadě C jsou vyvrtány po fixaci samostatného cílicího pouzdra pro

vrták 2,8 mm (2, 23). Někteří autoři připouští použití původního cílicího bloku pro proximální úhlově stabilní šrouby (obr. 4), za předpokladu elevace paže a mobilizace nervu před zavedením dlahy spolu s cílicím blokem (24). Sami považujeme použití původního příliš masivního cílicího bloku za rizikové.

Hlavním limitem naší studie je implantace dlahy na neporaněnou pažní kost. Na druhou stranu použití úhlově stabilní dlahy předpokládá repozici ještě před implantací dlahy. Právě schopnost repozice dislokovaných zlomenin z limitovaného přístupu je dána zvládnutím přímých a nepřímých repozičních technik a dokonalým rtg zobrazením v průběhu operace. Hodnocení poškození axilárního nervu bylo pouze makroskopické. Jako vhodnější by bylo provést studii s EMG (elektromyografickým) vyšetřením na dostatečně velkém souboru pacientů.

ZÁVĚR

Dlahová osteosyntéza z miniinvazivního přístupu představuje relativně jednoduchou a bezpečnou techniku při dodržení základních pravidel.

1. Vzdálenost axilárního nervu je poměrně variabilní. V případě limitovaného přístupu je vhodné provést nejprve krátkou incizi a po palpační verifikaci nervu ji případně rozšířit.
2. Axilární nerv je dobře palpovatelný na spodní straně deltového svalu.
3. Axilární nerv je lehce mobilizovatelný. Před implantací dlahy pod deltový sval je vhodné elevovat paži.
4. Pro miniinvazivní osteosyntézu je vhodné použít pěťotvorovou verzi dlahy.
5. V případě správně zreponované zlomeniny a správně implantované dlahy je možné bezpečné použití šesti proximálních a čtyř distálních šroubů.
6. Použití původního cílicího bloku představuje riziko trakčního poranění axilárního nervu. Výhodnější je implantace dlahy s využitím nové verze cílicího rámu.

Podrobný operační postup a klinické výsledky budou předmětem samostatného sdělení.

Literatura

1. ABHINAV, G., SIVARAMAN, B., MATTHEW, N., GRAHAM, T.: A contribution to the calculation of a safe deltoid split. *Int. J. Shoulder Surg.*, 2: 52–55, 2008.
2. ACKLIN, Y., SOMMER, C.: Plate fixation of proximal humerus fractures using the minimally invasive anterolateral delta split approach. *Oper. Orthop. Traumatol.*, 24: 61–73, 2012.
3. ACKLIN, Y., STOFFEL, K., SOMMER, C.: A prospective analysis of the functional and radiological outcomes of minimally invasive plating in proximal humerus fractures. *Injury*, 44: 456–460, 2013.
4. ALTMAN, G., GALLO, R., MOLINERO, K., MUFFLY, M., MASCARENHAS, L.: Minimally invasive plate osteosynthesis for proximal humerus fractures: functional results of treatment. *Am. J. Orthop.*, 40: 40–47, 2011.
5. BURKHEAD, W., SCHEINBERG, J., BOX, G.: Surgical anatomy of the axillary nerve. *J. Shoulder Elbow Surg.*, 1: 31–36, 1992.

6. CETIK, O., ACAR, H., I., COMERT, A., TEKDEMIR, I., CIFT, H.: Is there a safe area for the axillary nerve in the deltoid muscle? A cadaveric study. *J. Bone Jt Surg.*, 88-A: 2395–2399, 2006.
7. EDELMANN, K., OBRUBA, P., KOPP, L., CIHLÁŘ, J., ČELKO, A., M.: Porovnání funkčních výsledků úhlově stabilních osteosyntéz víceúlomkových zlomenin proximálního humeru a perkutánní fixace Kirschnerovými dráty ve střednědobém horizontu: prospektivní studie. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 78: 314–320, 2011.
8. GALLO, R., HUGHES, T., ALTMAN, G.: Percutaneous plate fixation of two- and three-part proximal humerus fractures. *Orthopedics*, 31: 237–242, 2008.
9. GALLO, R., ZEIDERS, G., ALTMAN, G.: Two-incision technique for treatment of complex proximal humerus fractures. *J. Orthop. Trauma*, 19: 734–740, 2005.
10. GARDNER, M., GRIFFITH, M., DINES, J., BRIGGS, S., WEILAND, A., LORICH, D.: The extended anterolateral acromial approach allows minimally invasive access to the proximal humerus. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 434: 123–129, 2005.
11. GAVASKAR, A., MUTHUKUMAR, S., CHOWDARY, N.: Biological osteosynthesis of complex proximal humerus fractures: surgical technique and results from a prospective single center trial. *Arch. Orthop. Trauma Surg.*, 130: 667–672, 2010.
12. HOFFMEYER, P.: The operative management of displaced fractures of the proximal humerus. *J. Bone Joint Surg. Br.*, 84: 469–480, 2002.
13. CHEUNG, S., FITZPATRICK, M., LEE, T., Q.: Effects of shoulder position on axillary nerve positions during the split lateral deltoid approach. *J. Shoulder Elbow Surg.*, 18: 748–755, 2009.
14. KAMINENI, S., ANKEM, H., SANGHAVI, S.: Anatomical considerations for percutaneous proximal humeral fracture fixation. *Injury*, 35: 1133–1136, 2004.
15. KHAN, L., ROBINSON, M., WILL, E., WHITTAKER, R.: Assessment of axillary nerve function and functional outcome after fixation of complex proximal humeral fractures using the extended deltoid-splitting approach. *Injury*, 40: 181–185, 2009.
16. KONTAKIS, G., M., STERIOPOULOS, K., DAMILAKIS, J., MICHALODIMITRAKIS, E.: The position of the axillary nerve in the deltoid muscle. A cadaveric study. *Acta Orthop. Scand.*, 70: 9–11, 1999.
17. KŘIVOHLÁVEK, M., LUKÁŠ, R., TALLER, S., ŠRÁM, J.: Použití úhlově stabilních implantátů při ošetření zlomenin proximálního humeru – prospektivní studie. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 75: 212–220, 2008.
18. LOUKAS, M., GRABSKA, J., TUBBS, R., S., APAYDIN, N., JORDAN, R.: Mapping the axillary nerve within the deltoid muscle. *Surg. Radiol. Anat.*, 31: 43–47, 2009.
19. NIJS, S., SERMON, A., BROOS, P.: Intramedullary fixation of proximal humerus fractures: do locking bolts endanger the axillary nerve or the ascending branch of the anterior circumflex artery? A cadaveric study. *Patient Saf. Surg.*, 2: 33–38, 2008.
20. RÖDERER, G., ABOUELSOUD, M., GEBHARD, F., BÖCKERS, T., M., KINZL, L.: Minimally invasive application of the non-contact-bridging (NCB) plate to the proximal humerus: an anatomical study. *J. Orthop. Trauma*, 21: 621–627, 2007.
21. RÖDERER, G., SPERFELD, A., D., HANSEN, P., KRISCHAK, G., GEBHARD, F., KASSUBEK, J.: Electrophysiological assessment of the deltoid muscle after minimally invasive treatment of proximal humerus fractures – a clinical observation. *Open Orthop. J.*, 5: 223–228, 2011.
22. ROTARI, V., MOUSSALLEM, C., D., DAVID, E., MERTL, P., HAVET, E.: Position of the anterior branch of the axillary nerve in relation to the humeral bone length. *Am. J. Orthop.*, 41: 452–455, 2012.
23. SARAN, N., BERGERON, S., G., BENOIT, B., REINDL, R., HARVEY, E., J., BERRY, K.: Risk of axillary nerve injury during percutaneous proximal humerus locking plate insertion using an external aiming guide. *Injury*, 41: 1037–1040, 2010.
24. SMITH, J., BERRY, G., LAFLAMME, Y., BLAIN-PARE, E., REINDL, R., HARVEY, E.: Percutaneous insertion of a proximal humeral locking plate: an anatomic study. *Injury*, 38: 206–211, 2007.
25. TRUPKA, A., WIEDEMANN, E., RUCHHOLTZ, S., BRUNNER, U., HABERMEYER, P., SCHWEIBERER, L.: Dislozierte Mehrfragmentfrakturen des Humeruskopfes Bedeutet die Luxation des Kopffragments eine Prognoseverschlechterung? *Unfallchirurg*, 100: 105–110, 1997.
26. VISSER, C., P., COENE, L., N., BRAND, R., TAVY, D., L.: Nerve lesions in proximal humeral fractures. *J. Shoulder Elbow Surg.*, 10: 421–427, 2001.
27. WU, C., MA, C., YEH, J., J., YEN, C., YU, S., TU, Y.: Locked plating for proximal humeral fractures: differences between the deltopectoral and deltoid-splitting approaches. *J. Trauma*, 71: 1364–1370, 2011.

Korespondující autor:

MUDr. Martin Krivohlávek

KN Liberec a.s.

Traumatologicko-ortopedické centrum

Husova ul. 10

460 01 Liberec

E-mail: martin.krivohlavek@nemlib.cz