

Kvantitativní analýza power Doppler obrazu laterální entezopatie humeru

Quantitative Analysis of Power Doppler Images in Lateral Humeral Enthesopathy

P. WALDER¹, L. PAŠA², L. PAVLIŠKA³

¹ Ortopedické oddělení Fakultní nemocnice Ostrava

² Klinika traumatologie, Úrazová nemocnice v Brně

³ Útvar náměstka ředitele pro vědu a výzkum, Fakultní nemocnice Ostrava

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The evaluation of efficiency of power Doppler sonography in the diagnosis of lateral humeral enthesopathy, role of correct assessment of Doppler sonographic images with the method of quantitative analysis, assessment of statistical differences between a group of patients with lateral humeral enthesopathy and a control group of healthy subjects and assessment of the diagnostic power of this test. In addition, consideration of the relevance of each area of the lateral compartment for assessment and diagnosis making in lateral humeral enthesopathy.

MATERIAL AND METHODS

A total of 41 subjects, aged 18 to 60 years, entered the study. Thirteen patients were diagnosed with lateral humeral enthesopathy on the basis of clinical tests and a positive reaction of the lateral humeral epicondylus to administration of local anaesthetic. The control group consisted of 28 subjects without clinical signs of lateral humeral enthesopathy and subjective complaints. Power Doppler activity was evaluated in the whole region studied and in sub-regions involving the entheses of the common extensor tendon and the periosteum of the lateral epicondyle with the area distal to it. The evaluation was based on calculating the overall surface with power Doppler activity using the method of quantitative image analysis. Each patient was measured on three occasions and the median of values obtained was used in calculation. To assess the diagnostic power of this test, all values obtained from the whole power Doppler region measured were used. The optimal dividing criterion at which the method had a maximum of sensitivity and specificity was determined.

RESULTS

The most evident, statistically significant difference between the patient and the control group was recorded in the whole "Range of Interest" (ROI) region ($p=1.34 \times 10^{-6}$). A significant difference was also found in sub-regions corresponding chiefly to the tendon of the extensor carpi radialis brevis muscle and to the periosteum of the lateral epicondyle ($p=0.0043$). On the other hand, no significant difference was recorded in the sub-region of the proximal common extensor tendon ($p=0.066$).

A Receiver Operating Characteristic (ROC) was performed to evaluate the sensitivity and specificity for a colour representation of each power Doppler image (a cut-off level). Calculation of the diagnostic power of the test gave a value of 0.915 ($p=0.05$) below the ROC curve. The optimal marginal value, at which both sensitivity and specificity were highest, was determined to be 455 pixels (sensitivity, 80.5%; specificity, 93.8%).

DISCUSSION

Power Doppler sonography has already been investigated in view of its potential for the diagnosis of lateral humeral enthesopathy. The results, however, have so far been assessed chiefly categorially, based on the examining physician's opinion. The problematic step in the whole procedure is the technique of power Doppler examination. It is necessary to maintain a constant setting and an examination technique eliminating artefacts. When these conditions are met, the method has both high sensitivity and specificity. In addition, because of being non-invasive, the method is convenient for routine use.

CONCLUSIONS

Power Doppler sonography is a method convenient to confirm or exclude the diagnosis of lateral humeral enthesopathy. Our results showed its statistical significance and diagnostic power (sensitivity and specificity). In the future, the quantitative image analysis could become a valuable adjunct method of evaluation not only for power Doppler images.

Key words: Doppler sonography, quantitative image analysis, lateral humeral enthesopathy.

ÚVOD

Laterální epikondylitida humeru patří mezi jednu z nejčastěji řešených ortopedických diagnóz. Pravděpodobný první popis této diagnózy pochází od doktora F. Runge (15), kde tyto symptomy popsal jako „písařská křeč“. Vlastní termín „tenisový loket“ byl poprvé uveřejněn v r. 1883 (12). Ačkoliv je toto onemocnění tak frekventované, stále ještě nejsou dořešeny dílčí otázky týkající se jak patogeneze, tak i optimálních diagnostických postupů.

Sonografické vyšetření díky své neinvazivitě je používáno k diagnostice řady postižení měkkých tkání v ortopedii, revmatologii a dalších (2). Díky dobré dostupnosti a neinvazivitě je i výbornou metodou k diagnostice laterální entezopatie lokte a to jak ve formě nativní sonografie, Dopplerovské sonografie, případně i sonoelastografie (1, 6). Podkladem pro použití nativní sonografie jsou změny ve strukturách úponu společného extenzoru předloktí zvláště pak ECRB (*extensor carpi radialis brevis*). Jsou to především fibrózní přestavba, otok, kalcifikace, změny tvaru a šíře úponu ECRB, dále jsou to i změny tvaru laterálního epikondylu, hlavičky radia a dalších. Podkladem pro změny echogenity mohou být i drobné praskliny a abnormality kortikalis. Nativní sonografie je nejčastěji uváděná metoda sonografického vyšetření laterálního kompartmentu lokte (9). První práce o použití sonografie v diagnostice laterální entezopatie humeru jsou z r. 1990 (11). Pro korektní zhodnocení nativní sonografie tohoto kompartmentu je nezbytná sonda s vysokou frekvencí a dostatečná celková citlivost přístroje, různí autoři doporučují rozsahy frekvencí sondy ve velkém rozpětí: 5–17 MHz (7). Princip hodnocení nativní sonografií spočívá v zjištění specifických patologických strukturálních změn: disrupce svalových fibril, rozsáhlejší léze, zúžení či kalcifikace v úponu ECRB, případně nepravidelnosti na kortice (11). Je možné měřit i šířku úponu ECRB (10).

Dopplerovské metody u laterální entezopatie lokte jsou používány většinou ve formě color power Doppler (power Doppler). Četné práce prokazují dobrou senzitivitu i specifitu. (4, 7, 18, 19). Principem měření je zjištění zvýšeného prokrvení – hyperemie v dané oblasti. Měření je však ovlivněno jak lékařem, tak i použitým protokolem, a i zkušený lékař i při dodržení protokolu vyšetření může obdržet signifikantně rozdílné výsledky (13). Postupy měření se v jednotlivých publikacích liší. Dopplerometrická aktivita se nachází na více místech a doposud není konsenzus na způsobu hodnocení a kvantifikaci, proto některé práce upřednostňují hodnocení vizuální, kategoriální na podkladě výskytu určitých jevů. Zásadní pro hodnocení je dodržení standardního nastavení přístroje. A to v takových mezích, aby byla dosažena optimální rovnováha mezi citlivostí a šumy. Např. Poltawski doporučuje pro nativní sonografii sondou s frekvencí 15 Mz a 70% gain a pro power Doppler vyšetření pak „pulse repetition frequency“ 0,7 kHz a gain mezi 70 a 90% a hodnotí nález na podkladě dělení do pěti kategorií podle odhadu množství power Doppler aktivity

(0: bez signálu, 1: samostatné malé signály, 2: ojedinělé signály v méně než 33 % šlachy, 3: mnohočetné signály v 33–67 % šlachy, 4: mnohočetné signály ve více než 67 % šlachy) (14). Krog pak rovněž obdobně dělí do pěti kategorií s jiným rozestupem (0: žádná aktivita, 1: jednotlivé cévy, 2: power Doppler aktivita v méně než 25 % ROI, 3: power Doppler aktivita v 25–50 % ROI, 4: power Doppler aktivita ve více než 50 % ROI) (10). Je možné použít i záznam s časovou smyčkou (8), nebo je možné použít obraz s maximální Power Doppler aktivitou (18, 19).

Vyvstává tedy otázka, zda lze validně kvantitativně hodnotit výsledky power Doppler obrazu, obdobně jako je tomu i u některých jiných zobrazovacích diagnostických metod. V rámci výstupu u power Doppler obrazu tedy dostáváme základní obraz sledované lokality ve stupních šedi, na kterém je zobrazena Dopplerovská aktivita ve specifických lokalitách v barevné škále. Doposud u power Doppler obrazu byla kvantitativní analýza obrazu publikována ojediněle, a to především v oblastech mimo ortopedii (3, 5, 20). Jedinou námi zjištěnou prací využívající kvantitativní analýzy power Doppler obrazu je z r. 2008 (18), kde se rovněž k hodnocení používá softwarová analýza se zjištěním výskytu neovaskularizace, konkrétně v průměru nad 1 mm. Při kvantitativním hodnocení je tedy třeba nejprve tyto lokality přesně ohraničit a spočítat plochu odpovídající této barevné škále a následně vyhodnotit. Navíc by bylo vhodné tento postup provést nejen pro celkovou ROI (region of interest), ale případně i vyhodnotit dílčí podoblasti. V našem hodnocení pro společnou šlachu extenzorů předloktí (především ECRB) a samostatně i oblast periostu a přilehlé části radiohumerálního skloubení.

MATERIÁL A METODIKA

Soubor pacientů

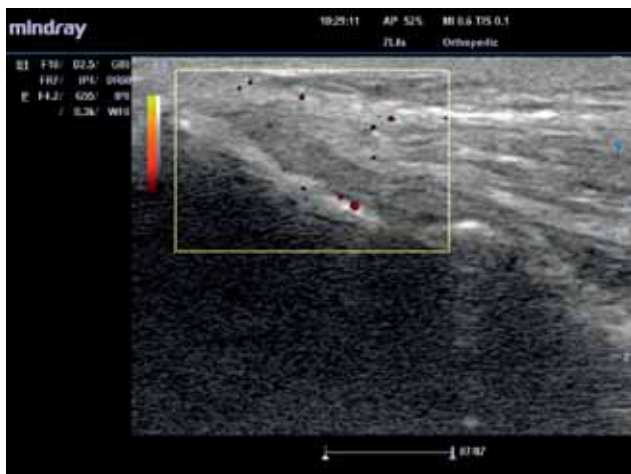
Do klinického hodnocení byly zařazeny dvě skupiny pacientů ve věku 18–60let, muži i ženy. Skupina s prokázanou laterální entezopatií humeru (13 subjektů) a skupina zdravých jedinců bez jakýchkoliv symptomů laterální entezopatie humeru (28 subjektů). Průkaz laterální entezopatie humeru byl proveden předem s časovým odstupem minimálně 6 týdnů před vlastním power Doppler vyšetřením a to klinickým vyšetřením – pozitivitou klinických testů (Chair test, Thomson test, Maudsley test, Cozen's test, Mill's test) (16), dále rtg vyšetřením (podmínkou artrotické změny dle Kellgrena do II st) a především pozitivním testem lokálním anestetikem (nástup efektu v řádech minut a odeznění efektu v řádech hodin) minimálně 6 týdnů před power Doppler vyšetřením. Vyloučení byli pacienti s jakýmkoliv známkami cervikobrachálního syndromu či potenciálních jiných příčin bolestí lokte.

Ultrazvukové vyšetření

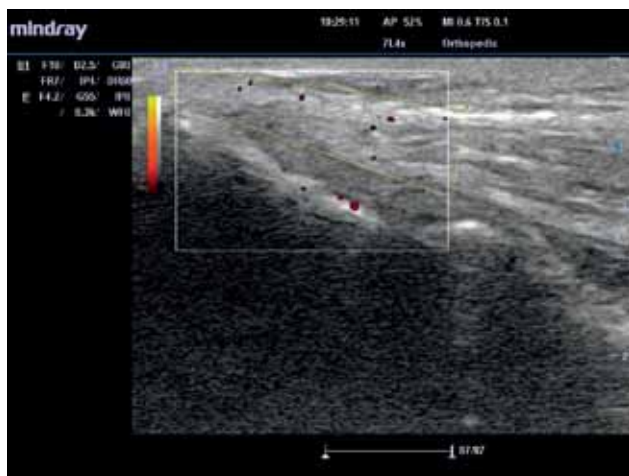
Pacient byl vyšetřován vsedě se sledovanou horní končetinou volně položenou a relaxovanou na vyšetřovacím stole, flexe v lokti 90° a pronace předloktí. K vyšetření byl použit přístroj Midray M5. Nastavení přístroje:

time gain compensation – střední hodnota všech potenciometrů, depth 2,5 cm, power Doppler mode ponechán v továrním nastavení. Prvním krokem vyšetření byl nativní UZ obraz v podélném řezu se zachycením „hrotu“

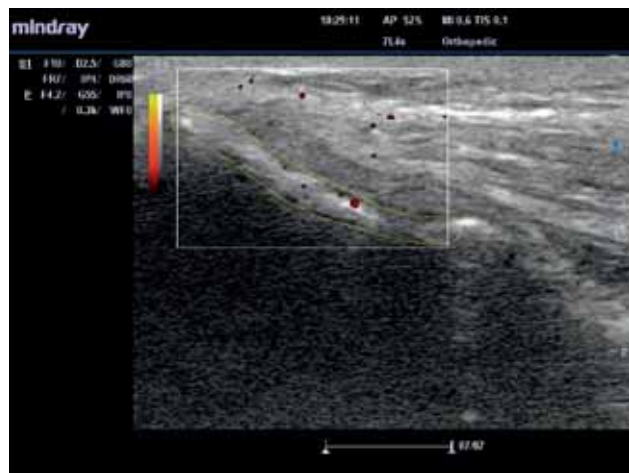
Obr. 1. Power Doppler obraz s vymezením ROI.



Obr. 2. Power Doppler obraz s vymezením oblasti šlachy společného extenzoru (žlutě).



Obr. 3. Power Doppler obraz s vymezením oblasti periostu (žlutě).



laterálního epikondylu humeru a následně se zachycením podélného řezu šlachou společného extenzoru, současně se zachycením radiohumerálního skloubení. Po manuální stabilizaci této pozice přepínáme do power Doppler modu a ROI (range of interest) posunujeme tak, aby zachytila oblast od laterálního epikondylu humeru po radiohumerální skloubení. Ukládáme u každého subjektu tři měření do paměti přístroje. Základní podmínkou je dostatečná stabilizace obrazu. Musí být vyloučen pohyb pacienta i sondy. Orientační pomůckou je vymizení power Doppler odrazů pod úrovní kosti. Vyšetření je uloženo do paměti přístroje a přeneseno ve formátu TIFF do PC kde je následně zpracováno níže uvedenou technikou.

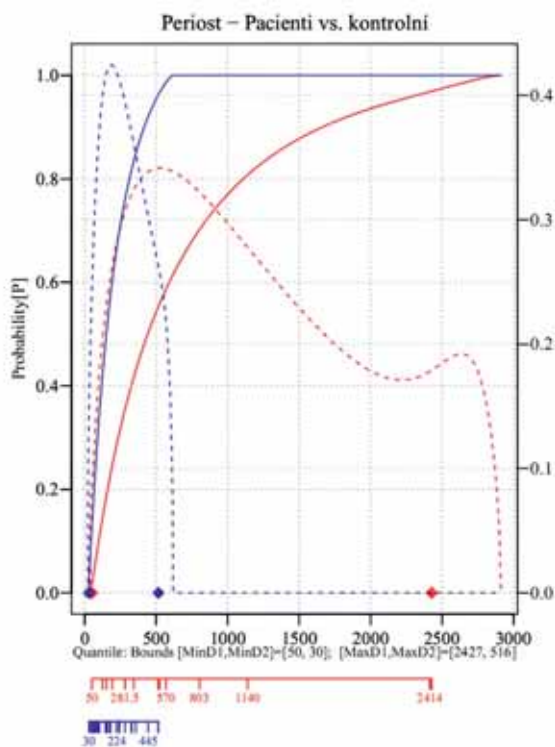
Technika kvantitativní analýzy obrazu

Základem pro analýzu obrazu je grafický výstup power Doppler obrazu ve formátu TIFF. K analýze je použit software IMAGEJ (16, 17). Jedná se o software umožňující rozsáhlé analýzy obrazu – od pokročilých úprav, přes analýzu počtu objektů, analýzu ploch, histogramy atd. V našem hodnocení jsme se zaměřili nejen na celou oblast měřené power Doppler aktivity, ale s ohledem na námi pozorované rozdělení distribuce aktivity jsme provedli i samostatné měření pro oblast šlachy a oblast odpovídající periostu a přilehlé části radiohumerálního skloubení. Postup: Prvním krokem je import získaného obrazu do softwaru IMAGEJ, dále následuje jeho kalibrace, vymezení oblasti šlachy technikou „polygon selection“ (viz obrázek 2) a uložení jako samostatný obraz, dále vymezení oblasti periostu humeru a přilehlé oblasti radiohumerálního skloubení technikou „freehand selection“ (viz obrázek 3) a rovněž uloženo jako samostatný obraz a nakonec je ohraničena celá ROI technikou „rectangular selection“ a technikou „crop“ je odstraněn zbytek obrazu. Výsledkem prvního zpracování jsou tedy tři obrazy odpovídající celé ROI, šlaše a periostu. U všech tří těchto obrazů je provedena identifikace barevných zón technikou „Color Threshold“ s nastavením: Hue: 0,255, Saturation: 255,255, Brightness 0,255. Po vizuální kontrole, zda je kolorováno vše potřebné, je provedeno měření těchto barevných ploch a uložení ve formátu tabulky, která je snadno převoditelná do formátu MS Excell a následně statisticky vyhodnocena.

Statistické zpracování

Oba soubory dat byly nejprve analyzovány na normalitu rozložení. Při použití jednak Q-Q grafů a jednak Komorovským-Smirnovým testem bylo prokázáno ve všech skupinách rozložení neodpovídající normálnímu rozložení dat. Toto bylo s ohledem na typ dat očekáváno. Byla proto provedena statistická analýza neparametrickým testem: Mannovým-Witneyovým U-testem.

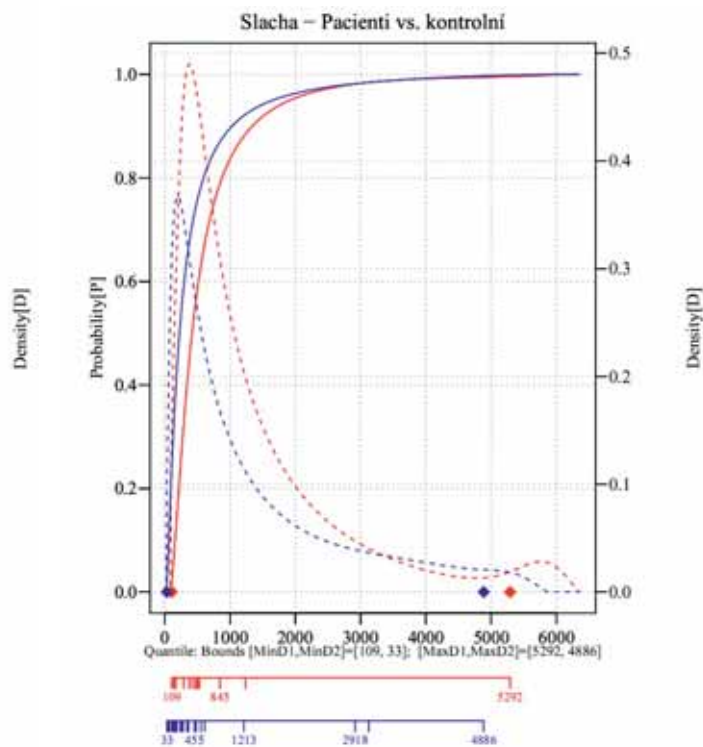
K hodnocení byly použity mediány z tří opakovaných vyšetření u každého pacienta (obdobné výsledky jsme ale obdrželi i při hodnocení všech hodnot nezávisle.) Dále pak byly všechny hodnoty porovnány z hlediska analýzy síly diagnostického testu, a to Receiver Operating Characteristic analýzou (ROC analýza).



Obr. 4. Rozložení hodnot pro periost.

Test hypotéz: $H_0: \mu_1 = \mu_2$ proti $H_A: \mu_1 \neq \mu_2$, $\alpha = 0,05$, $p\text{-value} = 0,0049$.

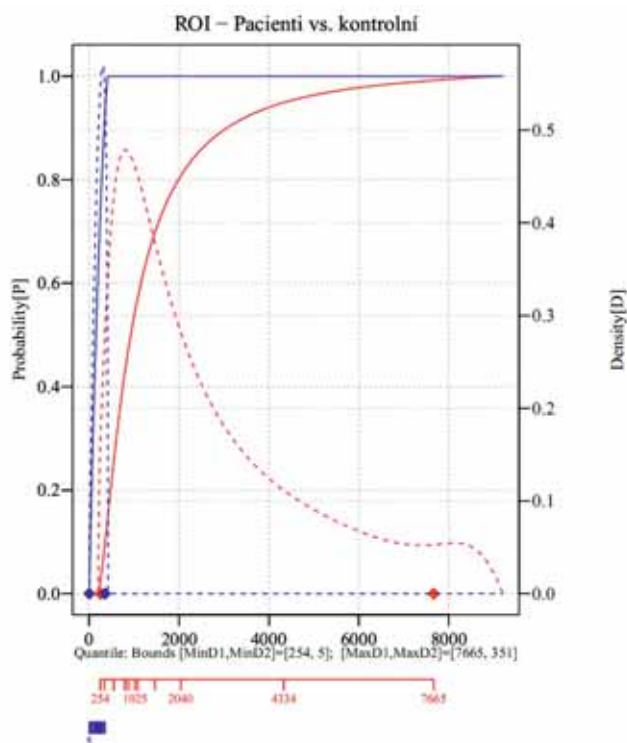
Výsledek: odmítnutí nulové hypotézy. M–W, U-test: $p\text{-value} = 0,004260649$.



Obr. 6. rozložení hodnot pro šlachy.

Test hypotéz: $H_0: \mu_1 = \mu_2$ proti $H_A: \mu_1 \neq \mu_2$, $\alpha = 0,05$, $p\text{-value} = 0,0663$.

Výsledek: nulová hypotéza není odmítnuta. M–W, U-test: $p\text{-value} = 0,07073908$.



Obr. 5. Rozložení hodnot pro ROI.

Test hypotéz: $H_0: \mu_1 = \mu_2$ proti $H_A: \mu_1 \neq \mu_2$, $\alpha = 0,05$, $p\text{-value} = 8e-04$.

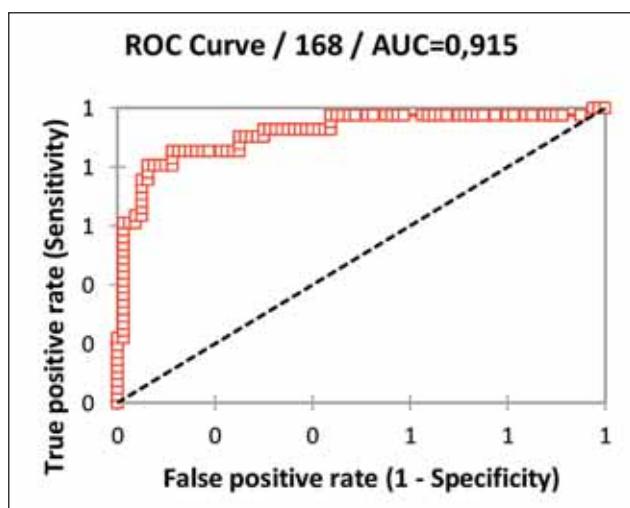
Výsledek: odmítnutí nulové hypotézy. M–W, U-test: $p\text{-value} = 1.344419e-06$.

VÝSLEDKY

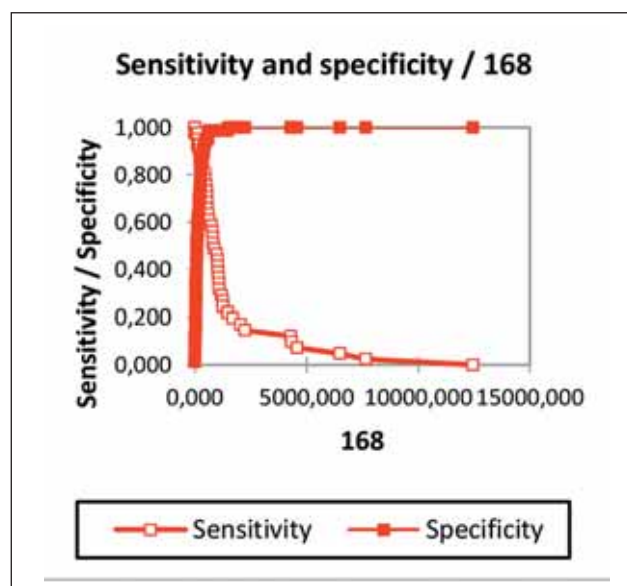
Na následujících grafech je patrné rozložení hodnot pro celou ROI a dále pro její části – oblast periostu a oblast šlachy společného extenzoru, přičemž modře jsou označeny zdravé subjekty a červeně nemocní. V popisu grafů jsou pak uvedeny příslušné nulové a alternativní hypotézy a jejich potvrzení či zamítnutí. Výpočty byly provedeny na hladině statistické významnosti $p = 0,05$, přičemž byly provedeny i výpočty skutečné p-hodnoty – viz obrázky 4, 5 a 6.

Z předvedených grafů a výsledků je patrné, že na hladině významnosti $p = 0,05$ je statisticky významný rozdíl ve skupině oblasti periostu + přilehlého radiohumerálního skloubení a především celé ROI, naopak nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v oblasti samotné šlachy. Vypočítaná hodnota p-value byla pak velmi nízká především v celé ROI ($p\text{-value} = 1.34 \times 10^{-6}$)!

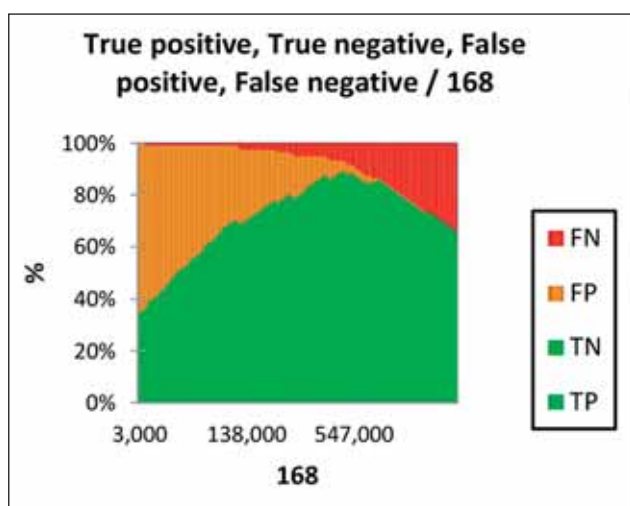
V dalším kroku statistické analýzy bylo cílem zhodnotit sílu testu, tedy především senzitivitu a specifitu této diagnostické metody. Byla provedena Receiver Operating Characteristic (ROC) analýza s cílem zhodnotit nejen poměry senzitivit a specifit pro jednotlivé hodnoty barevných ploch power Doppler obrazu (tzv. cut-off hladiny), ale současně stanovení optimální velikosti této barevné plochy pro stanovení diagnózy laterální entezopatie humeru. Stanovení hypotéz: H_0 = AUC (plocha pod křivkou) odpovídá přibližně 0,5, (tzn. test není signifikantní), H_A = AUC (plocha pod křivkou) je odlišná



Obr. 7. ROC křivka vyjadřující závislost senzitivity a specifity. (Pozn. čím více se křivka vzdaluje od uhlopříčky, tím vyšší je síla testu).



Obr. 9. Křivky závislosti mezi senzitivitou a specifitou pro jednotlivé hodnoty ploch power Doppler aktivity.



Obr. 8. Graf rozložení vztahů mezi jednotlivými typy výsledků testu. FN = falešně negativní, FP = falešně pozitivní, TN = pravdivě negativní a TP = pravdivě pozitivní.

od 0,5 (test je tedy signifikantní), přičemž hodnoty síly testu jsou pro tuto analýzu stanoveny: 0,9–1,0 výborně; 0,8–0,9 velmi dobře; 0,7–0,8 dobře; 0,6–0,7 dostatečně; 0,5–0,6 nedostatečně). Vypočet prováděn pro hladinu významnosti $p = 0,05$.

Podle dosažených výsledků síla tohoto diagnostického testu je v nejvyšší skupině ROC hodnocení, dále byla vypočítána optimální hraniční hodnota, pro kterou je nejvyšší úroveň senzitivity a specifity. Při hodnotě 455 bodů (pixelů) je vypočítána senzitivita 80,5 % a specifita 93,8 %. Hodnota 455 je hodnotou relativně odpovídající dosažené barevné ploše na power Doppler obrazu. Dá se tedy říct, že při dosažení tohoto obrazu je test vysoce senzitivní i specifický ($p < 0,0001$).

DISKUSE

Řada klinických hodnocení se zabývala možnostmi ultrazvukové diagnostiky u laterální entezopatie humeru. Mezi nejucelenější hodnocení patří metastudie od Krogha, hodnotící řadu primárních výzkumů zabývajících se jednotlivými sonografickými aspekty a rovněž různými sonografickými metodami, mezi jinými i power Doppler obrazem. Konstatuje u třech hodnotících prací senzitivitu 0,69 (0,64–0,73) při $p < 0,000197$ a specifitu 0,82 (0,76–0,86) při $p < 0,00185$. Tato pozorování naše hodnocení potvrzuje s mírně lepšími vypočítanými hodnotami. Z hlediska senzitivity je power Doppler vyšetření hodnoceno poměrně slabě: 0,26 (0,21–0,32), při $p = 0,000198$, specifita je pak velmi významná: 1,00 (0,97–1,00) při $p = 0,1063$, kombinace power Doppler obrazu a celkových ultrazvukových změn pak dává výsledky podstatně lepší (10). Naše hodnocení se zabývalo především použitelností power Doppler vyšetření k diagnostice laterální entezopatie humeru a vlivu jednotlivých podoblastí obrazu. Toto bylo potvrzeno. Pokusili jsme se odpovědět i na otázku, která oblast je pro power Doppler nejdůležitější a tudíž nejvíce signifikantní. Jako neoptimálnější bylo vyhodnoceno sledování celého ROI, naopak nesignifikantní se jevila oblast samotné šlachy, kde známky neovaskularizace ve srovnání s kontrolní skupinou nebyly signifikantně potvrzeny. Tento výsledek by mohl ukazovat na význam celkové odpovědi celého laterálního kompartmentu ve smyslu neovaskularizace. Vyhodnocení síly testu pak ukázalo na vysokou senzitivitu i specifitu. Při celkové interpretaci výsledků je ale nutno poukázat na možnosti chyb již v úvodu metody. Podle našich zkušeností jsou nezbytná některá opatření:

1. standardní nastavení ultrazvukového přístroje (stále identické parametry hloubky fokusace, zvětšení, lokalizace ROI, parametry pro power Doppler atd.),

2. standardní řez (dodržení standardních obrazů jednotlivých anatomických struktur),
3. dostatečné ustálení power Doppler obrazu, a to jak z hlediska pozice pacienta (relaxace sledované HK v standardní poloze), tak i vyšetřujícího lékaře (fixace sondy vůči horní končetině pacienta, nejprve v nativním ultrazvukovém obraze a pak beze změny i v power Doppler modu).

Bez dodržení těchto podmínek lze poměrně snadno dosáhnout nerelevantních výsledků. Jistým pomocným markerem je výskyt power Doppler aktivit v UZ stínu za kostní tkání, které znamenají nestabilitu obrazu, a tudíž nesignifikantní výsledek. Po ukončení našeho vyhodnocení jsme dodatečně zjistili práci, která podobným způsobem hodnotí použití power Dopplera k diagnostice laterální entezopatie humeru. Její výsledky jsou obdobné s našimi. Autory udávaná senzitivita power Doppler modu byla 81 % a specifická 98 % (18). Naše práce dále pokračovala i ve sledování podoblastí laterálního kompartmentu humeru a zhodnocení jejich významu na diagnostice laterální entezopatie humeru.

ZÁVĚR

Použití power Doppler sonografie k diagnostice laterální entezopatie humeru bylo již v literatuře dokumentováno. Většina prací ale pracuje s kategoriálním zařazením pacienta do skupiny odpovídající tíži nálezu. K posouzení efektu terapie, či závažnosti onemocnění, případně ke korektnímu posouzení v rámci klinických hodnocení je však potřeba kvantitativně měřitelná veličina. Kvantitativní analýza power Doppler obrazu dává korektní možnost takového posouzení, navíc získaná nominální data jsou statisticky lépe zpracovatelná. Úskalím této techniky je především etiologie bolestí laterálního kompartmentu lokte, kde zdrojů může být více. (např. poškození meniskoidu radiohumerálního skloubení). Dalším úskalím je nutnost standardního nastavení přístroje a provedení techniky vyšetření stále stejným způsobem. Na straně druhé je ultrazvukové vyšetření a většinou i power Doppler vyšetření již běžnou součástí vybavení ortopedických pracovišť a je tudíž proveditelné ihned, je levné a bez radiační zátěže. Podle námi zjištěných hodnot se jeví jako hlavní oblast neovaskulární aktivity jednak periost a jednak celá oblast distálně od epikondylu. Naopak samotná šlachy v našem hodnocení nebyla signifikantně postižena neovaskularizací ve srovnání s kontrolní skupinou. Vysoká hodnota síly testu pak ukazuje na potenciál této metody hrát důležitou, a možná i prioritní, roli v diagnostice laterální entezopatie humeru.

Literatura

1. Ahn K-S, Kang CH, Hong S-J, Jeong W-K. Ultrasound elastography of lateral epicondylitis: clinical feasibility of quantitative elastographic measurements. *Am J Roentgenol.* 2014;202:1094–1099.
2. Blankstein A. Ultrasound in the diagnosis of clinical orthopedics: the orthopedic stethoscope. *World J Orthop.* 2011;2:13.
3. Chou S-Y, Chen C-Y, Su H-W, Hsu M-I, Liang S-R, Hsu C-S.: Ultrasonographic quantification of the endometrium during the menstrual cycle using computer-assisted analysis Taiwan. *J. Obstet. Gynecol.* 50-3: 297–300 2011.
4. Connell D, Burke F, Coombes P, McNealy S, Freeman D, Pryde D, Hoy G. Sonographic examination of lateral epicondylitis. *AJR Am. J. Roentgenol.* 2001;176:777–782.
5. Cossi A, Cheng J, Holalkere N, Katur A, Rana A, Tornetta P. E451. Quantifying Power Doppler ultrasound using image J 3D color inspector/color histogram. *Am J Roentgenol.* 2010;suppl:A237–A270:194–195.
6. De Zordo T, Lill SR, Fink C, Feuchtnner GM, Jaschke W, Belmann-Weiler R, Klauser AS. Real-time sonoelastography of lateral epicondylitis: comparison of findings between patients and healthy volunteers. *Am J Roentgenol.* 2009;193:180–185.
7. Dones VC, Grimmer K, Thoirs K, Suarez CG, Luker J. The diagnostic validity of musculoskeletal ultrasound in lateral epicondylalgia: a systematic review *BMC Med. Imaging.* 2014;14:10.
8. Fornage BD. The hypoechoic normal tendon. A pitfall. *J Ultrasound Med.* 1987;6:19–22.
9. Grassi W, Filippucci E, Farina A, Cervini C. Sonographic imaging of tendons. *Arthritis Rheum.* 2000;43:969–976.
10. Krogh T, Fredberg U, Christensen R, Stengaard-Pedersen K, Ellingsen T. Ultrasonographic assessment of tendon thickness Doppler activity and bony spurs of the elbow in patients with lateral epicondylitis and healthy subjects: a reliability and agreement study. *Ultraschall Med.* 2013;34:468–474.
11. Maffulli N, Regine R, Carrillo F, Capasso G, Minelli S. Tennis elbow: an ultrasonographic study in tennis players. *Br J Sports Med.* 1990;24:151–155.
12. Major HP. Lawn-tennis elbow. *Br Med J.* 1883;2:557.
13. O'Connor PJ, Grainger AJ, Morgan SR, Smith KL, Waterton JC, Nash AFP. Ultrasound assessment of tendons in asymptomatic volunteers: a study of reproducibility. *Eur Radiol.* 2004;14:1968–1973.
14. Poltawski L, Ali S, Jayaram V, Watson T. Reliability of sonographic assessment of tendinopathy in tennis elbow. *Skeletal Radiol.* 2012;41:83–89.
15. Runge F. Zur Genese und Behandlung des Schreibekrampfes. *Berl Klin Wochenschr.* 1873;10:245–248.
16. Saroja G, Aseer P AL, Venkata Sai PM. Diagnostic accuracy of provocative tests in lateral epicondylitis. *Int J Physiother Res.* 2014;2:815–823.
17. Schneider CA, Rasband WS, Eliceiri KW. NIH image to imageJ: 25 years of image analysis. *Nat Methods.* 2012;9:671–675.
18. Du Toit C, Stieler M, Saunders R, Bisset L, Vicenzino B. Diagnostic accuracy of power Doppler ultrasound in patients with chronic tennis elbow. *Br J Sports Med.* 2008;42:572–576.
19. Torp-Pedersen T, Torp-Pedersen S, Bliddal H. Diagnostic value of ultrasonography in epicondylitis. *Ann Intern Med.* 2002;136:781–782.
20. Wu M-H, Chen C-N, Chen K-Y, Ho M-C, Tai H-C, Chung YC, Lo CP, Chen A, Chang K-J. Quantitative analysis of dynamic Power Doppler sonograms for patients with thyroid nodules. *Ultrasound Med Biol.* 2013;39:1543–1551.

Korespondující autor:

MUDr. Pavel Walder
Ortopedické oddělení FN Ostrava
Ul. 17. listopadu 1790
708 52 Ostrava
E-mail: pavel.walder@fno.cz