

# Muskuloskeletální ultrazvuk v neurologii

**MUDr. Martin Kuliha<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Neurologická klinika, Fakultní nemocnice Ostrava

<sup>2</sup>Neurologie, cerebrovaskulární poradna a fyzioterapie, Bruntál

Muskuloskeletální (MSK) ultrazvuk slouží k zobrazení struktur muskuloskeletálního systému – svalů, šlach, kloubů, kostí, periferních nervů a cév. V posledních dvou dekádách roste množství publikací a studií, prokazujících využitelnost ultrazvuku v diagnostice různých neurologických chorob. Neméně důležitou oblastí, kde lze MSK ultrazvukovou diagnostiku uplatnit jsou intervenční výkony v neurologii – obstrukce periferních nervů, lokální nervové blokády, punkce cév, lumbální punkce, svalové biopsie. Ultrazvukové vyšetření je rychlou, široce dostupnou, relativně levnou, neinvazivní a pro pacienta pohodlnou vyšetřovací metodou použitelnou při diagnostice a diferenciální diagnostice muskuloskeletálního aparátu včetně periferních nervů. Navíc umožňuje také dynamické vyšetření tkání. Je to vhodná diagnostická metoda první volby.

**Klíčová slova:** ultrazvuk, diagnostika, muskuloskeletální, periferní nerv, úžinový syndrom.

## Musculoskeletal ultrasound in neurology

Musculoskeletal (MSK) ultrasound is used to visualize the structures of the musculoskeletal system, i.e. muscles, tendons, joints, bones, peripheral nerves, and vessels. In the last two decades, there have been a growing number of publications and studies demonstrating the applicability of ultrasound in diagnosing various neurological diseases. An equally important field where MSK ultrasound diagnosis can be utilized is interventional neurology procedures – local peripheral nerve anaesthesia, local nerve blocks, vessel puncture, lumbar puncture, and muscle biopsy. Ultrasonography is a rapid, widely available, relatively inexpensive, non-invasive, and patient-comfortable method used in the diagnosis and differential diagnosis of the musculoskeletal system including the peripheral nerves. In addition, it allows dynamic examination of the tissues. It is a suitable diagnostic method of first choice.

**Key words:** ultrasound, diagnosis, musculoskeletal, peripheral nerve, entrapment neuropathy.

## Úvod

Muskuloskeletální (MSK) ultrazvuk slouží k zobrazení struktur muskuloskeletálního systému – svalů, šlach, kloubů, kostí, periferních nervů a cév. V minulosti šlo o doménu zejména radiologů. S rostoucí dostupností ultrazvukové diagnostiky se v současnosti touto oblastí zabývají také ortopedi, rehabilitační lékaři i neurologové. V posledních dvou dekádách roste množství publikací a studií, prokazujících využitelnost MSK ultrazvuku v diagnostice různých neurologických chorob.

Ultrazvukové vyšetření kromě své relativně dobré dostupnosti a ceny umožňuje velmi kvalitní zobrazení vyšetřovaných struktur a zároveň poskytuje možnost zobrazení dané tkáně

při pohybu. Neméně důležitou oblastí, kde lze MSK ultrazvukovou diagnostiku uplatnit, jsou intervenční výkony v neurologii – obstrukce periferních nervů, lokální nervové blokády, punkce cév, lumbální punkce, svalové biopsie.

Základním předpokladem k MSK ultrazvukovému vyšetřování je adekvátní duplexní ultrazvukový přístroj s lineární sondou o frekvencích 8–18 MHz (nižší frekvence pro hlubší struktury, vyšší pro povrchové), znalost anatomie vyšetřované oblasti a znalost základních patologických obrazů vyšetřovaných struktur. Většina dnes používaných ultrazvukových přístrojů nabízí MSK nastavení pro jednotlivé anatomické oblasti a speciální MSK sondy.

Základním zobrazovacím módem v MSK ultrazvuku je B-obraz, s výhodou použijeme i barevný dopplerovský mód k zobrazení toku krve v cévách či patologické vaskularizace.

Dobrym pomocníkem při MSK vyšetřování a zejména hodnocení patologických nálezů je vyšetření kontralaterální končetiny (je-li patologie unilaterální), zohledníme tím při hodnocení nálezu interindividuální rozdíly – zejména rozměry jednotlivých struktur a případná patologie tím lépe vynikne.

V tomto článku je popsáno ultrazvukové vyšetření jednotlivých anatomických struktur muskuloskeletálního systému s důrazem na možnosti ultrazvukové diagnostiky zejména svalů a periferních nervů.

## Ultrazvukové vyšetření šlach

V podélném B-obrazu se šlacha jeví jako svazek paralelních hyperechogenních linií, v příčném řezu má pak kulatý nebo ovoidní obraz hyperechogenních teček s hypoechogenním pozadím – tzv. jemně zrnitý obraz (Martinoli et al., 2002).

B-obraz šlachy a periferního nervu má velmi podobný obraz, struktura nervu je na příčném řezu hruběji zrnitá, k rozlišení pomůže anatomický průběh, pohyb šlachy při stlačení příslušného svalu nebo při pohybu v příslušném segmentu. Dalším pomocným diferenciálním znakem je (obvykle) průběh nervu podél cévy.

Základní vyšetření šlachy probíhá se sondou orientovanou s podélnou osou šlachy. Šlachy jsou výrazně anizotropní – při změně sklonu sondy se výrazně mění echogenita, příčný řez kolmo na podélnou osu šlachy a ev. barevný mód doplňuje diagnostiku nalezené patologie.

## Základní patologické nálezy

Tendinitis – obecným nálezem při zánětu šlachy je její lokální vřetenovité rozšíření se snížením echogenity v místě patologie (nejčastěji na podkladě opakovaných mikrotraumat přetěžované šlachy); v chronickém stavu je možné v místech úponu šlachy na kost zobrazit v místě rozšíření i kalcifikace a osteofyty (patní ostruha).

Peritendinitis – zánět v oblasti kolem šlachy (šlachové pochvy); zde dominuje výrazné hypoechogenní halo (kolekce tekutiny) okolo normální šlachy.

Parciální a kompletní ruptura šlachy – hypoechogenní defekt v kontinuitě šlachy; odlišení parciální a kompletní ruptury lze provést pohybem v daném segmentu.

Tumory šlach jsou extrémně vzácné. Ganglionové cysty se vyskytují v kontaktu s šlachou a mají anechogenní až hypoechogenní kulatou cystickou strukturu v B-obrazu (Martinoli et al., 2002).

Patologie šlach spadá většinou do odbornosti ortopedické, v neurologii nález těchto patologií může být výrazným vodítkem v diferenciální diagnostice zejména bolestivých syndromů na končetinách. S výhodou ultrazvukové diagnostiky využijeme při bolestech v oblasti nohy a kotníku – tendinitida Achillovy šlachy (obrázek 1), plantární fascitida (obrázek 2), v oblasti zápěstí v diferenciální diagnostice tendinitidy a neuropatie n. medianus, v oblasti ramene k diagnostice patologie v oblasti rotátorové manžety.

## Ultrazvukové vyšetření kloubů a kostí

Pomocí ultrazvukového vyšetření lze zobrazit klouby a kostní struktury jen částečně; limitací je minimální průchod ultrazvukového vlnění kostí. Ultrazvukem lze zobrazit povrch kostí a kloubů, u kloubu lze hodnotit příslušnou část kloubního prostoru a struktury v něm (např. menisky), dále kloubní chrupavku, kloubní pouzdro a struktury kolem kloubu – vazy, burzy, šlachy a jejich úpony, přičemž velké klouby jsou lépe vyšetřitelné než malé. V-B obrazu je povrch kosti výrazně hyperechogenní (kontinuální hyperechogenní linie), chrupavka pak hypoechogenní, kloubní pouzdro hyperechogenní a kloubní vazy mají podobně jako šlachy fibrilární hyperechogenní strukturu (Bianchi et al., 2002).

## Základní patologické nálezy

Osteoartritis, osteochondrosis – je detekovatelná změna echogenity a zejména kontinuity kloubního povrchu, osteofyty, u revmatoidní artritidy ultrazvuk dobře zobrazí okrajové kloubní eroze vyplněné zbytnělou synoviální membránou – pannus.

Ruptura ligament – se zobrazuje jako rozšíření a hypoechogenita v kontinuitě jinak hyperechogenní fibrilární struktury vazu; je detekovatelná zejména v oblasti kotníku, kolene a ramene.

Patologický obsah kloubu – echogenita této patologie závisí na etiologii kloubního výpotku, event. krve, lze detekovat i volná intraartikulární tělesa („kloubní myšky“).

Bursitis – v tomto případě detekujeme výrazné zmožnění tekutiny v burze, která je hypoechogenní; zde výrazně pomůže kontrola s kontralaterálním kloubem.

Fraktury kostí – nacházíme v B-obrazu diskontinuitu fyziologicky kontinuální hyperechogenní linie, odpovídající povrchu kosti, s různým posunem; v barevném a dopplerovském modu zobrazíme výraznou hypervaskularizaci, a to zejména v době tvorby svalku. U stresových fraktur zobrazí ultrazvuk patologii dokonce o několik týdnů dříve než rentgenové vyšetření.

Patní ostruha – v B-obrazu chybí zaoblená, až kulovitá (směr do planty) hyperechogenní linie patní kosti, hyperechogenní linie vybíhá rovnoběžně do planty (do plantární fascie), kde ostře končí; navíc je zde velmi dobře zobrazitelné rozšíření úponu plantární fascie.

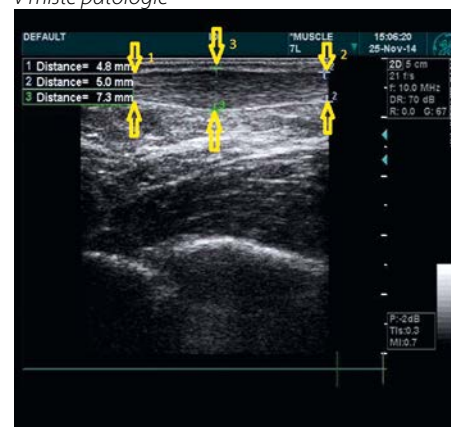
## Ultrazvukové vyšetření svalů

Sval se v B-obrazu jeví jako výrazně hypoechogenní hmota protkaná mnoha hyperechogenními liniemi odrážející anatomickou strukturu svalu. Ultrazvukem můžeme lehce zobrazit svalovou kontrakci, a to jak izometrickou tak izotonickou, kdy dochází k viditelnému tenčení svalových vláken i viditelnému pohybu svalu či svalových skupin. Už 5% kontrakce svalu vede k zobrazitelnému tenčení vláken ultrazvukem. Např. při kineziologickém vyšetření stabilizačních svalů ukáže ultrazvuk svalový pohyb dříve než klinické vyšetření (Walker, 2004). Mezi základní patologické nálezy patří: atrofie/hypertrofie svalu, změna echogenity svalu a lokální patologie jako ruptury, hematomy, abscesy či tumory.

Ultrazvuk můžeme využít k rozlišení mezi myopatickou a neurogenní etiologií postižení, kdy základním nálezem zde bude difúzní patologický nález u myopatií a jen izolovaný nález u neurogenní léze, kde zároveň diagnózu podpoří nález fascikulací (fokální svalové stahy v relaxovaném svalu). Ultrazvukové vyšetření v těchto případech může být v časných fázích denervace (pod čtyři týdny) dokonce senzitivnější než elektromyografické vyšetření (Walker, 2004).

Ultrazvukové studie u Duchennovy muskulární dystrofie (DMD) využívající softwarové kvantitativní analýzy echogenity svalů prokázaly vyšší echogenitu u nemocných s DMD oproti zdravým kontrolám v důsledku infiltrace svalů fibrózních tkání a tukem. Tato echogenita se dále zvyšuje s progresí onemocnění. Nález vyšší echogenity svalů však není typické jen pro DMD. Může se vyskytovat i u jiných typů myopatií a svalových dystrofií. Ultrazvuk zde může být nápomocen v rámci

**Obr. 1.** Tendinitis Achillovy šlachy – B-obraz, podélný řez; měření 1 a 2 (šipky) – normální rozměr šlachy, měření 3 (šipky) – vřetenovité rozšíření v místě patologie



**Tab. 1.** CSA (cross section area) vybraných periferních nervů

	Normální CSA; průměr ± SD (mm <sup>2</sup> )	Patologická CSA (mm <sup>2</sup> )*	Literární zdroj
n. medianus – canalis carpi	8,5 ± 1,3	> 13	Hobson-Webb, Padua et Martinoli, 2012; Hobson-Webb et Padua, 2016; Tai et al., 2012; Roll, Case-Smith et Evans, 2011; Mondelli et al., 2008; Yurdakul et al., 2016)
n. ulnaris – kubitální kanál	6,6 ± 1,1	> 10	Hobson-Webb, Padua et Martinoli, 2012; Hobson-Webb et Padua, 2016; Beekman, Visser et Verhagen, 2011
n. ulnari – Guyonův kanál	5,9 ± 1,1	> 10	Hobson-Webb, Padua et Martinoli, 2012; Hobson-Webb et Padua, 2016; Beekman, Visser et Verhagen, 2011
n. radialis – loket	9,3 ± 2,4	Data chybí	Cartwright et al., 2008
n. peroneus – hlavička fibuly	11,2 ± 3,3	Data chybí	Cartwright et al., 2008
n. tibialis – kotník	13,7 ± 4,3	Data chybí	Cartwright et al., 2008

CSA – cross section area, obsah průřezu nervu v příčném řezu B-obrazu; SD – směrodatná odchylka; \* senzitivita pro fokální neuropatii >90 %

diagnostiky, sledování progresu onemocnění a ev. i v hodnocení efektu léčby (Koppaka et al., 2016).

Další zajímavá studie s kvantitativním hodnocením echogenity svalů byla u myopatií kriticky nemocných. Zvyšující se echogenita svalů je prediktorem svalových nekroz u kriticky nemocných pacientů (Puthuchear et al., 2015).

## Ultrazvukové vyšetření periferních nervů

Vyšetření periferních nervů by mělo být doménou neurologů. S výhodou se zde totiž spojí znalost anatomie nervů, ultrazvukový nálezu, klinické příznaky pacienta a znalost neurologické problematiky. Pokud je neurolog vyškolen v technice MSK ultrazvuku, umožňuje mu toto potenciálně široce dostupné vyšetření stanovit diagnózu nebo výrazněji zúžit diferenciálně diagnostický okruh onemocnění již při první návštěvě pacienta. Zcela ideální situace nastává, pokud ultrazvukové vyšetření provádí elektromyografista, kdy se vyšetřením klinickým, ultrazvukovým a elektromyografickým maximalizuje množství informací pro stanovení konečné diagnózy.

Ultrazvuková sonda pro vyšetření periferních nervů by měla mít alespoň 12 MHz. Identifikace periferního nervu není pro sonografistu při znalosti jeho anatomické lokalizace většinou obtížná, začátečník si s výhodou může pomoci identifikací nervu v jeho snadno zobrazitelném místě (např. n. ulnaris v oblasti lokte, n. medianus v oblasti zápěstí apod.). Následně lze průběh nervu sledovat proximálně i distálně.

Periferní nerv má v B-obrazu v příčném řezu hrubě zrnitou strukturu, tubulární hypoechogenní fascikly (axony) jsou obklopeny hyperchogenní matrix a vše je ohraničeno jasně hyperechogenním lemem (epineurium). V podélném řezu je struktura nervu velmi podobná šlachám, které se zobrazují jako svazek paralelních hyperechogenních linií. K odlišení je nejjednodušší provedení pohybu v příslušném kloubu s vyvoláním pohybu šlachy (event. více šlach).

Základním parametrem měření šířky (resp. rozšíření) periferního nervu je tzv. cross section area (CSA) – obsah průřezu nervu v příčném řezu B-obrazu v mm<sup>2</sup>. Tato hodnota je používána ve většině studií a existují základní normální i patologické referenční hodnoty pro jednotlivé periferní nervy a úžinové syndromy (Hobson-Webb, Padua et Martinoli, 2012; Cartwright et al., 2008; Hobson-Webb et Padua, 2016) (tabulka 1). Základními předpoklady ke správnému změření CSA jsou měření ve správném anatomickém místě a adekvátní orientace sonda/nerv při měření (sonda kolmo na nerv zobrazený v příčném řezu). Součástí vyšetření periferního nervu není jen změření CSA, ale i zhodnocení echogenity nervu a jeho změny v místě patologie, zhodnocení okolních struktur, zhodnocení změn ve vyšetřované oblasti při jejím pohybu (zejména v oblasti lokte), ev. i zhodnocení patologické vaskularizace v barevném a dopplerovském modu. Ultrazvukem můžeme sledovat prakticky všechny periferní nervy od plexů do periferie (omezením je jen lokalizace za kostí nebo kalcifikací). U mononeuropatie je výborným pomocníkem

porovnání nálezu na kontralaterální straně těla (kontralaterální končetině).

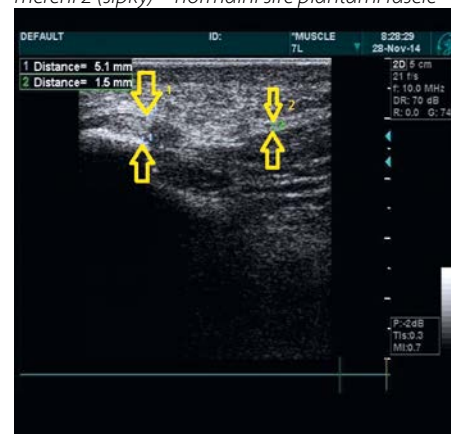
Ultrazvukové vyšetření periferních nervů má charakteristický obraz u následujících patologií: úžinové syndromy, hereditární demyelinizační polyneuropatie, zánětlivé polyneuropatie, traumata nervů a tumory nervů.

## Úžinové syndromy

Syndrom karpálního tunelu (SKT) je nejčastější periferní neuropatií. Zlatým standardem v diagnostice SKT jsou elektrofyzilogické studie, tyto však poskytují informaci zejména o tíži léze nervu. Ultrasonografie v diagnostice SKT prokázala v mnoha studiích stejně dobrou specificitu a senzitivitu jako elektromyografické vyšetření (Tai et al., 2012; Roll, Case-Smith et Evans, 2011; Mondelli et al., 2008; Yurdakul et al., 2016). Navíc vizualizací n. medianus a okolních struktur v karpálním tunelu poskytuje ultrazvukové vyšetření užitečné informace pro určení etiologie SKT. V akutní fázi SKT byla studiemi prokázána vyšší senzitivita ultrazvukové diagnostiky než u elektromyografického vyšetření, které prokazuje lézi nervu až v subakutní a chronické fázi (Tai et al., 2012; Mondelli et al., 2008; Yurdakul et al., 2016). Z tohoto důvodu by mohlo být ultrazvukové vyšetření ideální screeningové vyšetření první linie u pacientů s anamnestickými a klinickými příznaky SKT.

Ultrazvuková diagnostika SKT je založena na zobrazení n. medianus v karpálním tunelu v B-obrazu, kdy zobrazujeme lokální rozšíření a změnu echogenity nervu. CSA měříme v úrovni os pisiforme a v oblasti maximálního rozšíření nervu v karpálním tunelu. CSA menší než 8 mm<sup>2</sup> svědčí pro normální nálezu a prakticky diagnózu

**Obr. 2.** Plantární fasciit v místě úponu na kost patní – B-obraz, podélný řez; měření 1 (šipky) – rozšíření plantární fascie v místě úponu na kost patní, měření 2 (šipky) – normální šíře plantární fascie



**Obr. 3.** Syndrom karpálního tunelu – B-obraz, příčný řez; masivně prosáklý n. medianus (NM) v karpálním tunelu v příčném řezu, obsah průřezu nervu (CSA) je 33 mm<sup>2</sup>



**Obr. 4.** N. medianus bifidus (NM) zobrazený – B-obraz, příčný řez



SKT vylučuje, CSA 9–11 mm<sup>2</sup> má 80% senzitivitu a 70% specifitu pro diagnózu SKT a CSA větší než 13 mm<sup>2</sup> má 100% senzitivitu pro diagnózu SKT. Jinou možností je hodnocení dle rozdílů CSA v oblasti karpálního tunelu a v oblasti předloktí – rozdíl větší než 2 mm<sup>2</sup> svědčí pro diagnózu SKT. Další možností v diagnostice SKT je použití barevného Dopplerova modu k zobrazení fokální hypervaskularizace kolem nervu, která může být známkou akutního poškození nervu ještě v době, kdy nedošlo k otoku nervu, které způsobuje jeho fokální rozšíření. Dle studií je přítomna u 87 % pacientů s SKT a jen u 11 % kontrol (Hobson-Webb, Padua et Martinoli, 2012; Hobson-Webb et Padua, 2016; Tai et al., 2012; Roll, Case-Smith et Evans, 2011; Mondelli et al., 2008; Yurdakul et al., 2016). Ultrazukové vyšetření při podezření na SKT může odhalit také méně časté příčiny potíží – tenosynovitidy okolních šlach, tumor nervu, cysty v oblasti karpálního tunelu a anatomické varianty n. medianus v karpálním tunelu (Hobson-Webb, Padua et Martinoli, 2012; Padua et al., 2012) (obrázky 3, 4).

V současnosti je ultrazuková diagnostika SKT považována za dostatečnou pro stanovení diagnózy (Level A). Pokud je diagnóza stanovena pomocí elektromyografie, je výhodné doplnit

ultrazukové vyšetření pro dodatečnou informaci možné strukturální anatomické abnormality v oblasti zápěstí (Level B) (Cartwright et al., 2012).

Neuropatie n. ulnaris v kubitálním nebo Guyonově kanále je ultrazukem taktéž velmi dobře vyšetřitelná. Normální referenční hodnoty CSA n. ulnaris jsou 5,9 ± 1,1 mm<sup>2</sup> v oblasti zápěstí a 6,6 ± 1,1 mm<sup>2</sup> v oblasti lokte. Hodnota CSA nad 10 mm<sup>2</sup> má senzitivitu 95–100 % pro diagnózu neuropatie (Hobson-Webb, Padua et Martinoli, 2012; Hobson-Webb et Padua, 2016; Beekman, Visser et Verhagen, 2011). Velmi užitečný může být ultrazukový nálezní luxace n. ulnaris v kubitálním kanále při flexi lokte s návratem nervu do kanálu při extenzi, čímž dochází k opakovaným mikrotraumatům nervu nebo nálezní trombózy ulnární arterie, která běží spolu s nervem v Guyonově kanále.

K dalším dobře zobrazitelným neuropatiím patří neuropatie peroneálního nervu v oblasti hlavičky fibuly, n. tibialis v tarsálním tunelu nebo n. cutaneus femoris lateralis v oblasti pasu u meralgia paresthetica. Zde však chybí dostatečná data ke stanovení patologických CSA hodnot a musíme si vystačit se stranovým srovnáním (Hobson-Webb, Padua et Martinoli, 2012; Klausner et al., 2016).

## Hereditární demyelinizační polyneuropatie

Vzhledem k difuznosti postižení periferního nervového systému u těchto onemocnění je výtěžnost ultrazukového vyšetření menší než elektromyografie. U demyelinizačních forem onemocnění provedené studie ukázaly difúzní rozšíření periferních nervů. Studie u pacientů s nemocí Charcot-Marie-Tooth typu 1a prokázala trojnásobné rozšíření n. medianus (s průměrnou hodnotou CSA 18,4 mm<sup>2</sup>) oproti kontrolám (Hobson-Webb, Padua et Martinoli, 2012; Martinoli et al., 2002; Zaidman, Al-Lozi, Pestronk, 2009). Axonální formy hereditárních demyelinizačních onemocnění mají výrazně heterogenní ultrazukový nálezní.

## Imunitně podmíněné polyneuropatie

Jak u akutní, tak u chronické idiopatické demyelinizační polyneuropatie prokázaly ultrazukové studie difúzní rozšíření periferních nervů oproti kontrolám. Dat v této oblasti není mnoho, nicméně naznačují možnost využití ultrazuku zejména v časných stadiích onemocnění, kdy

může elektromyografické vyšetření prokazovat ještě normální nebo nespecifický nálezní (Hobson-Webb, Padua et Martinoli, 2012; Zaidman, Al-Lozi et Pestronk, 2009).

## Traumata periferních nervů

U kompletní traumatické léze nervu je charakteristický nálezní diskontinuity nervu a ev. nálezní koncového rozšíření (stump neurom). Parciální léze nervu může být zobrazen jako hypoechogenní defekt v části nervu. V některých případech může být zobrazena i příčina traumatu nervu – kostní úlomek, cizí těleso atd.

## Tumory

V diagnostice tumorů periferních nervů, zejména pokud jsou uloženy povrchově, má ultrazuk minimálně stejnou výtěžnost jako vyšetření magnetickou rezonancí, jelikož má výrazně lepší rozlišovací schopnost (až 40 μm) a je schopen diagnosticky výrazně doplnit informaci z elektromyografického nálezu. Tumor periferního nervu se v B-obrazu jeví jako hypoechogenní léze (nejčastěji kulovitá nebo ovoidní), nacházející se v přímé kontinuitě nervu. Jednotlivé tumory mají podobný ultrazukový nálezní, u většiny lze v barevném a dopplerovském modu zobrazit hypervaskularizaci. U neurofibromatózy typu I lze zobrazit mnohočetné fuziformní rozšíření nervu (neurofibromy) difúzně na periferních nervech.

## Intervenční výkony pod ultrazukovou kontrolou

Základními intervenčními výkony, kde lze ultrazuk uplatnit, jsou regionální anestezie, biopsie a lokální podání léčebné látky. Výhodou ultrazuku je, že jej lze použít v běžné ambulantní praxi, přímo u lůžka pacienta nebo na operačním sále.

Ultrazuk při těchto intervencích můžeme využít dvěma základními přístupy – před samotnou intervencí si ultrazukem zjistíme konkrétní anatomické poměry v intervenované oblasti a výkon samotný již dále provádíme standardně bez ultrazuku, čímž oproti výkonu „naslepo“ máme jasnou představu o lokální anatomii a její individuální variantě (cévy, interspinální prostory, anatomické varianty atd.). Druhou možností je kromě ujasnění si anatomických konkrétních poměrů před intervencí, provádět i samotnou intervenci pod přímou ultrazukovou kontrolou, kdy kontinuálně sledujeme špičku jehly při průchodu tkání k cílové struktuře a ev. monitorujeme i depo



lokálně podávané látky. První přístup využijeme u intervencí, kde by výkon s ultrazvukovou asistencí znamenal spíše komplikaci, ale naopak znalost konkrétních anatomických poměrů nám výrazně pomůže při výkonu samotném a zároveň nám umožní eliminovat případné komplikace (punkce některých cév, lumbální punkce). Druhý přístup je naopak nezbytný tehdy, potřebujeme-li se důsledně vyvarovat např. poranění periferního nervu při jeho obstrukci či svodné anestezii, při punkci arterie při zajišťování centrálního žilního přístupu, potřebujeme-li podat léčebnou látku do konkrétní lokalizace (kloub, burza, okolí nervu atd.) nebo při ultrazvukem asistované biopsii např. nervu nebo svalu (Klauser et al., 2016; Tagliafico et al., 2010).

## Nové trendy a výzkum v oblasti MSK ultrazvuku

V posledních desetiletích a zejména v poslední dekádě skokově narůstá množství publikací a studií v oblasti MSK ultrazvukového vyšetření. Byly publikovány první soubory pacientů s kon-

krétními patologiemi a jejich koreláty v ultrazvukovém obraze, což pomáhá k výraznému rozšiřování indikací MSK ultrazvukového vyšetření. V oblasti periferních nervů je v posledních letech zkoumána vaskularizace nervů a měření jejich echogenity a elasticity pomocí nové ultrazvukové metody – elastografie (Tagliafico, 2016; Hobson-Webb, 2013; Boom et Visser, 2012; Brandenburg et al., 2014). Nález hypervaskularizace by mohl být využit k hodnocení míry zánětu nervu, byly reportovány nálezy lokální hypervaskularizace také u úžinových syndromů (Hobson-Webb, 2013).

Měření echogenity nervu, zejména kvantitativní (denzita nervu), se dle publikovaných sdělení zdá být přínosná v diagnostice jak lokální, tak difúzní patologie nervů, zejména u hereditárních a zánětlivých polyneuropatií (Tagliafico, 2016; Hobson-Webb, 2013; Boom et Visser, 2012).

Ultrazvuková elastografie přináší důležité informace o tuhosti vyšetřované tkáně nebo o svalové mechanice, kdy je možno touto metodou měřit tuhost svalu v klidové fázi a při

svalovém stahu, což umožňuje např. hodnotit efekt léčby u svalových onemocnění. Je popsáno více technik této metody, základem je však měření zpětného echa tkáňové deformace způsobené předchozím ultrazvukovým pulzem (Brandenburg et al., 2014).

## Závěr

Ultrazvukové vyšetření je rychlou, široce dostupnou, relativně levnou, neinvazivní a pro pacienta pohodlnou vyšetřovací metodou použitelnou při diagnostice a diferenciální diagnostice muskuloskeletálního aparátu včetně periferních nervů. Navíc umožňuje také dynamické vyšetření tkání. Je to vhodná diagnostická metoda první volby spolu s elektromyografií u pacientů s podezřením na patologii svalů či periferních nervů, kdy k informacím z elektromyografického vyšetření získáme také informace o strukturálních patologiích. U některých patologiích, např. syndromu karpálního tunelu, je již ultrazvuková diagnostika považována za metodu první volby (Level A).

## LITERATURA

1. Beekman R, Visser LH, Verhagen WJ. Ultrasonography in ulnar neuropathy at the elbow: a critical review. *Muscle Nerve*. 2011; 43(5): 627–635.
2. Bianchi S, Martinoli C, Bianchi-Zamorani M, Valle M. Ultrasound of the joints. *Eur Radiol*. 2002; 12(1): 56–61.
3. Boom J, Visser LH. Quantitative assessment of nerve echogenicity: comparison of methods for evaluating nerve echogenicity in ulnar neuropathy at the elbow. *Clin Neurophysiol*. 2012; 123(7): 1446–1453.
4. Brandenburg JE, Eby SF, Song P, Zhao H, Brault JS, Chen S, An KN. Ultrasound elastography: the new frontier in direct measurement of muscle stiffness. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014; 95(11): 2207–2219.
5. Cartwright MS, Hobson-Webb LD, Boon AJ, Alter KE, Hunt CH, Flores VH, Werner RA, Shook SJ, Thomas TD, Primack SJ, Walker FO; American Association of Neuromuscular and Electrodiagnostic Medicine. Evidence-based guideline: neuromuscular ultrasound for the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve*. 2012; 46(2): 287–293.
6. Cartwright MS, Passmore LV, Yoon JS, Brown ME, Caress JB, Walker FO. Cross-sectional area reference values for nerve ultrasonography. *Muscle Nerve*. 2008; 37(5): 566–571.
7. Hobson-Webb LD. Neuromuscular ultrasound in polyneuropathies and motor neuron disease. *Muscle Nerve*. 2013; 47(6): 790–804.
8. Hobson-Webb LD, Padua L. Ultrasound of focal neuropathies. *J Clin Neurophysiol*. 2016; 33(2): 94–102.
9. Hobson-Webb LD, Padua L, Martinoli C. Ultrasonography in the diagnosis of peripheral nerve disease. *Expert Opin Med Diagn*. 2012; 6(5): 457–471.
10. Klauser AS, Abd Ellah MM, Halpern EJ, Sporer I, Martinoli C, Tagliafico A, Sojer M, Taljanovic MS, Jaschke WR. Meralgia paraesthetica: Ultrasound-guided injection at multiple levels with 12-month follow-up. *Eur Radiol*. 2016; 26(3): 764–770.
11. Koppaka S, Shklyar I, Rutkove SB, Darras BT, Anthony BW, Zaidman CM, Wu JS. Quantitative ultrasound assessment of duchenne muscular dystrophy using edge detection analysis. *J Ultrasound Med*. 2016; 35(9): 1889–1897.
12. Martinoli C, Bianchi S, Dahmane M, Pugliese F, Bianchi-Zamorani MP, Valle M. ultrasound of tendons and nerves. *Eur Radiol*. 2002; 12(1): 44–55.
13. Martinoli C, Schenone A, Bianchi S, Mandich P, Caponetto C, Abbruzzese M, Derchi LE. Sonography of the median nerve in Charcot-Marie-Tooth disease. *AJR Am J Roentgenol*. 2002; 178(6): 1553–1556.
14. Mondelli M, Filippou G, Gallo A, Frediani B. Diagnostic utility of ultrasonography versus nerve conduction studies in mild carpal tunnel syndrome. *Arthritis Rheum*. 2008; 59(3): 357–366.
15. Padua L, Liotta G, Di Pasquale A, Granata G, Pazzaglia C, Caliendo P, Martinoli C. Contribution of ultrasound in the assessment of nerve diseases. *Eur J Neurol*. 2012; 19(1): 47–54.
16. Puthucherry ZA, Phadke R, Rawal J, McPhail MJ, Sidhu PS, Rowleson A, Moxham J, Harridge S, Hart N, Montgomery HE. Qualitative ultrasound in acute critical illness muscle wasting. *Crit Care Med*. 2015; 43(8): 1603–1611.
17. Roll SC, Case-Smith J, Evans KD. Diagnostic accuracy of ultrasonography vs. electromyography in carpal tunnel syndrome: a systematic review of literature. *Ultrasound Med Biol*. 2011; 37(10): 1539–1553.
18. Tai TW, Wu CY, Su FC, Chern TC, Jou IM. Ultrasonography for diagnosing carpal tunnel syndrome: a meta-analysis of diagnostic test accuracy. *Ultrasound Med Biol*. 2012; 38(7): 1121–1128.
19. Tagliafico AS. Peripheral nerve imaging: Not only cross-sectional area. *World J Radiol*. 2016; 8(8): 726–728.
20. Tagliafico A, Bodner G, Rosenberg I, Palmieri F, Garello I, Altafini L, Martinoli C. Peripheral nerves: ultrasound-guided interventional procedures. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2010; 14(5): 559–566.
21. Walker FO. Imaging nerve and muscle with ultrasound. *Suppl Clin Neurophysiol*. 2004; 57: 243–254.
22. Yurdakul OV, Mesci N, Çetinkaya Y, Geler Külcü D. Diagnostic significance of ultrasonographic measurements and median-ulnar ratio in carpal tunnel syndrome: correlation with nerve conduction studies. *J Clin Neurol*. 2016; 12(3): 289–294.
23. Zaidman CM, Al-Lozi M, Pestronk A. Peripheral nerve size in normals and patients with polyneuropathy: an ultrasound study. *Muscle Nerve*. 2009; 40(6): 960–966.