

ULTRAZVOČNA PREISKAVA MIŠIČNOSKELETNEGA SISTEMA V FIZIKALNI IN REHABILITACIJSKI MEDICINI *MUSCULOSKELETAL ULTRASOUND IN PHYSICAL AND REHABILITATION MEDICINE*

doc. dr. Primož Novak, dr. med.

Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Ljubljana

Izvleček

Ultrazvočna preiskava je pomembna diagnostična metoda v medicini. Z razvojem tehnološko izpopolnjenih naprav, ki so cenovno sprejemljive, postaja dostopna vedno širšemu krogu zdravnikov različnih specialnosti. Njene glavne prednosti so priročnost, nizka cena preiskave, ponovljivost, dinamičnost, neinvazivnost in neškodljivost. Glavna slabost pa je, da je kakovost preiskave odvisna od znanja in izkušenosti preiskovalca. Pomembna je tudi kakovost ultrazvočnega aparata.

Ultrazvočna preiskava se je uveljavila tudi pri obravnavi bolnikov z okvarami mišičnoskeletnega sistema, zato postaja pomembno orodje zdravnikov specialistov za fizikalno in rehabilitacijsko medicino. Metoda je primerena tako za ocenjevanje struktur mišic, kit, vezi, živcev in sklepov kot tudi za nadzor invazivnih diagnostičnih in terapevtskih postopkov.

Ključne besede:

ultrazvočna preiskava, mišičnoskeletni sistem, fizikalna in rehabilitacijska medicina, izobraževanje

Abstract

Ultrasound is an important diagnostic method in medicine. With technological advancement and acceptable costs it is becoming available to a broad range of physicians of various specialties. Its main advantages are convenience, low costs of investigation, repeatability, dynamic imaging, non-invasiveness and harmlessness. The main disadvantage is high dependence on the investigator's knowledge and practical experience. Ultrasound machine quality is also important.

Ultrasound has also gained its place in treatment of patients with musculoskeletal impairments, and has thus become an important tool of physical and rehabilitation medicine specialists. The method is convenient for assessment of muscles, tendons, ligaments, nerves and joints as well as for guidance of invasive diagnostic and therapeutic procedures.

Key words:

ultrasound, musculoskeletal system, physical and rehabilitation medicine, education

UVOD

Ultrazvočna preiskava je zaradi svoje priročnosti postala pomembna diagnostična in terapevtska metoda pri obravnavi bolnikov z okvarami mišičnoskeletnega sistema. Dodatne prednosti metode predstavljajo ponovljivost, dinamičnost, neinvazivnost, neškodljivost in nizka cena preiskave. Kontraindikacije za pregled z ultrazvokom (UZ) za zdaj še niso znane. Glavne tehnične pomanjkljivosti so omejeno vidno polje,

E-naslov za dopisovanje /Email for correspondence (PN):
primož.novak@ir-rs.si

nepopolna ocena sklepov in kosti in omejena prodornost v globino. Pomembne pomanjkljivosti so, da je preiskava odvisna od usposobljenosti preiskovalca, pomanjkanje ustreznega izobraževanja in pomanjkljiv proces akreditacije oziroma pridobivanja ustreznega certifikata (1, 2). Kljub vsemu je zaradi navedenih prednosti postala metoda izbora za začetno diagnostiko okvar mišic, tetiv, vezi in sklepov. Za zdravnika specialista za fizikalno in rehabilitacijsko medicino (FRM) je ta diagnostična metoda idealno orodje, zato ultrazvočno sondo nekateri avtorji primerjajo s stetoskopom (1).

ZGODOVINA

Ultrazvok je bil prvič uporabljen v pomorstvu po potopitvi Titanika leta 1912 za odkrivanje ledenih gor, kasneje pa tudi podmornic.

Prvi poskus uporabe UZ v medicini sega v leto 1942, ko so ga uporabili pri diagnostiki možganskega tumorja. Metoda so razvijali naprej v petdesetih letih prejšnjega stoletja, ko so jo uvedli v kirurgijo in porodništvo (3). V tem obdobju so bile diagnostične možnosti ultrazvočne diagnostiko močno omejene zaradi slabe ločljivosti naprav.

Že leta 1951 se je na ameriškem kongresu za fizikalno medicino in rehabilitacijo v Denverju neformalno sestalo 24 zdravnikov specialistov za fizikalno medicino in rehabilitacijo in razpravljalo o možnosti ustanovitve kongresne podskupine za uporabo UZ v terapevtske namene. Skupina je bila kasneje znana kot Ameriški inštitut za uporabo ultrazvoka v medicini (American Institute of Ultrasound in Medicine – AIUM), formalno se je registrirala v začetku sedemdesetih let in se z razvojem tehnologije usmerila na diagnostično področje (4).

Prvo poročilo s področja ultrazvočne diagnostike mišičnoskeletnega sistema je bilo objavljeno leta 1958. V njem je Dussik s sodelavci opisal ultrazvočni prikaz sklepnih in ob sklepnih struktur (5). Šele leta 1972 so v objavljenem članku prvič predstavili primer diagnostike z UZ, v katerem so opisali razliko med Bakerjevo cisto in tromboflebitisom (6). Z napredkom in dostopnostjo tehnološko izpopolnjenih naprav, ki pokažejo stanje v trenutku prikaza (real-time ultrasound), je metoda v osemdesetih letih prejšnjega stoletja postajala vedno bolj učinkovita in klinično uporabna. Uvedba visokofrekvenčnih ultrazvočnih sond v poznih osemdesetih letih prejšnjega stoletja je omogočila natančnejši prikaz mišičnoskeletnih struktur (4). Ultrazvočna diagnostika je z napredkom tehnologije in cenovno vedno bolj dostopnimi aparaturami počasi prodirala v ambulate za fizikalno in rehabilitacijsko medicino, za revmatske bolezni in v ortopedske ambulate.

FIZIKALNE OSNOVE IN OPREMA

Glavni del ultrazvočnega aparata je pretvornik (sonda), ki je sestavljen iz linearno razporejenih zelo tankih kristalov. Ko aparat z električnim hitro spreminjajočim se tokom vzdraži kristale, ti zavibrirajo in oddajajo sinusni zvočni val, ki predstavlja obliko mehanske energije. Ta pretvorba električne v mehansko energijo se imenuje »piezoelektričnost«. Nastali zvočni val lahko opišemo z njegovo frekvenco, valovno dolžino in amplitudo ter hitrostjo širjenja. Frekvenčni razpon sonde je odvisen od vrste in debeline piezoelektričnih kristalov. Frekvenca in amplituda (jakost) nastalih zvočnih valov je določena s frekvenco in z amplitudo električnega toka, s katerim stimuliramo kristale. Frekvenčni razpon

diagnostičnih ultrazvočnih naprav se običajno giblje med dvema in osemnajstimi MHz, frekvenco prilagodimo globini preiskovane strukture. Za pregled površinsko ležečih tkiv izberemo višjo, za pregled globinskih struktur pa nižjo frekvenco (7). V praksi za pregled povrhnje ležečih struktur zadostuje frekvenca od 10 do 16 MHz, za pregled nekoliko globlje ležečih tkiv uporabimo od 5 do 10 MHz, za najgloblje strukture pa od 2 do 5 MHz.

Kako nastali ultrazvočni val iz sonde potuje v preiskovanih strukturah, je odvisno od njihove sestave. Na meji med različnimi tkivi z različno optično gostoto se del energije ultrazvočnega vala odbije, preostanek pa prodira v globlje ležeča tkiva. Odbiti val zazna pretvornik, ki tedaj deluje kot sprejemnik, ki mehanski signal pretvori v električni signal, potreben za nadaljnjo obdelavo (obraten piezoelektrični učinek). Naprava zabeleži amplitudo povratnega vala in čas potovanja ultrazvočnega vala. Iz hitrosti zvoka v tkivu (1540 m/s) in izmerjenega časa naprava izračuna globino mesta odboja v tkivu. Z izmeničnim oddajanjem in beleženjem amplitud in časov ultrazvočnih valov naprava s pomočjo ustrezne programske opreme ustvari dvodimenzionalno črno-belo sliko pregledanih struktur.

Mesta v tkivu, kjer prihaja do velikih odbojev, so na zaslonu naprave prikazana svetlejša, mesta z manj odboji pa temnejše. Odboj je odvisen od razlike v optični gostoti sosednjih struktur, zato je kontrast največji na meji med tkivi, ki se zelo razlikujejo po strukturi (npr. mišica-kost). Voda je najredkejša in tudi najmanj odbojna, zato je prikazana črna (2). Na odbojnost vplivata akustična impendanca (zmnožek gostote tkiva in hitrosti širjenja zvoka v njem) in vpadni kot ultrazvočnih valov.

Sonde so različne po obliki in velikosti, za pregled mišičnoskeletnega sistema običajno uporabljamo linearno sondo, ki je velika približno 4 cm.

Novejše naprave omogočajo uporabo Dopplerjevega pojava za barvni prikaz prekrvljenosti tkiv. Še občutljivejša je tehnologija »power Doppler«, ki jo uporabljamo za prikaz vnetega dogajanja v mehkih tkivih in za oceno prekrvljenosti tumorjev.

UPORABNOST ULTRAZVOČNE PREISKAVE MIŠIČNOSKELETNEGA SISTEMA V FIZIKALNI IN REHABILITACIJSKI MEDICINI

Ultrazvočna preiskava nam omogoča dvodimenzionalni prikaz stanja tridimenzionalnih struktur v trenutku prikaza. Tako nam prikaže strukture kit, vezi, mišic, živcev in žil z ločljivostjo, ki je manjša od 1 mm. Vidne strukture opišemo glede na (8):

- jakost odboja (ehogenost): anehogene (struktura z visoko vsebnostjo vode, ki ne daje notranjih odbojev in je prikazana črna), hipoehogene (temnejše kot strukture v

- okolici), hiperehogene (svetlejšje kot strukture v okolici) in izoehogene (podoben odboj kot pri strukturah v okolici);
- notranji vzorec odbojev, ki se s položajem sonde lahko spremeni;
- stopnjo anizotropije (odvisnost videza strukture od vpadnega kota ultrazvočnih valov);
- stisljivost;
- stanje prekrvitve pri dopplerski preiskavi.

Tabela 1: Normalne ultrazvočne značilnosti mehkih tkiv: a–arterije, v–vene (povzeto po Smithu in Finnoffu, 2009 (8)).

Videz strukture pri ultrazvočni preiskavi						
Tkivo	Ehogenost	Prečno	Vzdolžno	Dovzetnost za anizotropijo	Stisljivost	Dopplerski pretok
Kita	Hiperehogeno	Konec metle	Vlakna	+++	--	--
Vez	Hiperehogeno	Konec metle	Vlakna	++	--	--
Živec	Mešano	Satovje	Snopi	+	--	--
Mišica	Mešano	Zvezdnato nebo	Perje, puh	+	--	--
Žila	Hipoehogeno ali anehogeno	--	--	--	++ [a], +++[v]	+ [v], +++[a]

Pri pregledu je treba upoštevati osnovna priporočila (1):

- vsako strukturo moramo prikazati vsaj v dveh ravninah;
- patološko spremembo je treba potrditi, tako da jo primerjamo z zdravo stranjo;
- in ugotoviti, ali:
 - je struktura prisotna,
 - sta oblika in velikost strukture normalni,
 - je njena ehogenost normalna,
 - je njena gibljivost normalna,
 - je izvid dopplerske preiskave normalen.

Pri večini navedenih posameznih mehkih tkivnih struktur je spekter možnih patoloških sprememb podoben ne glede na to, kateri del telesa pregledujemo. **Tetive** so lahko degenerativno spremenjene (tendinoze), najdemo lahko raztrganine različnih stopenj (delne, popolne) ali pa vnetje tetivnih ovojnic (tenosinovitis). Poškodbe in degenerativne spremembe **sklepnih vezi** so po videzu podobne kot pri kitah. **Živci** so lahko lokalno spremenjeni zaradi utesnitve ali tumorske tvorbe. Prikažemo lahko vnetne spremembe, nenormalen anatomske potek, preskok oziroma izpah ali poškodbo. V **mišicah** lahko prikažemo posledice poškodb (nateg, udarnina, raztrganina), vnetne spremembe, utesnitve mišičnih lož, herniacije, tumorje ipd. (8). V **sklepih** so lahko vidni: izliv, vnetne spremembe, depoziti kristalov, površinske erozije kostnine. Na površini **kosti** v sklepih ali zunaj njih prikažemo vnetne spremembe ali zlome. Podroben opis patoloških sprememb presega okvir prispevka, dostopni so številni slikovni prikazi (9).

Pripravljeni so **standardni protokoli** za pregled posameznih telesnih predelov (rama, komolec, zapestje, kolk, koleno, gleženj), ki se jih je ob pregledu priporočljivo vsaj v grobem držati. V njih so opisani položaji preiskovanca oziroma pregledovanega dela telesa in ultrazvočne sonde ter predlogi za zaporedje pri preiskavi posameznega dela (10).

Sposobnost ultrazvočnih naprav, da nam pokažejo stanje v trenutku prikaza, nam omogoča, da UZ uporabljamo v

terapevtske namene, tj. za nadzor terapevtskih postopkov.

Z ultrazvočno preiskavo lahko nadzorujemo punktiranje in aspiriranje tekočinske kolekcije v mehkih tkivih, injiciranje zdravila (lokalnih anestetikov, kortikosteroidov, botulinskega toksina, s trombociti obogatene plazme ipd.) v sklepe, tetivne ali živčne ovojnice, obklepna mehka tkiva ali mišice in izvajanje biopsije mehkih tkiv (11).

Ob pridobitvi zadostnih kliničnih izkušenj ultrazvočna preiskava mišičnoskeletnega sistema ponuja tudi številne **raziskovalne možnosti**. V zadnjem letu je bilo objavljenih nekaj raziskav turških zdravnikov specialistov za FRM in zdravnikov specialistov za revmatologijo o uporabi ultrazvočne preiskave za merjenje debeline sklepne hrustanca kolena oziroma kolka pri osebah po amputaciji spodnjega uda, z okvaro hrbtenjače, sistemskim lupusom eritematosusom, po operativnih posegih na gibalih (12-15).

IZOBRAŽEVANJE

Predpogoj za uspešno delo na področju ultrazvočne diagnostike mišičnoskeletnega sistema je znanje o normalni in patološki klasični anatomiji in anatomiji, kot jo prikažemo z UZ, ter o osnovah pregleda z UZ. Slednjih se zdravniki lahko naučijo na ustreznih tečajih oziroma delavnicah.

Ozcar (16) v svoji raziskavi, narejeni med zdravniki specialisti za FRM, udeleženci kongresa ISPRM 2009, ugotavlja, da jih je velika večina (90 %) prepričana, da bi morali ultrazvočno diagnostiko mišičnoskeletnega sistema uporabljati pri svojem vsakdanjem delu. Številni jo v svoje klinično delo vsaj občasno že vključujejo oziroma bolnike napotijo na preiskavo drugam. Le manjši delež (18 %) vprašanih pa preiskavo opravi sam. Kar 93 % jih meni, da bi se zdravniki specialiti za FRM morali izobraževati za opravljanje ultrazvočnih pregledov mišičnoskeletnega sistema, le 41 % le-teh pa si je tovrstno izobrazbo že pridobilo. Poleg možnosti ustreznega izobraževanja se je kot pomemben dejavnik pokazala tudi dostopnost naprav za pregled z UZ na oddelkih za FRM (16).

V zadnjih letih se odpirajo številne možnosti za izobraževanje specialistov in specializantov za FRM za pregled mišičnoskeletnega sistema z UZ. Dejavnost je študijska skupina specialistov FRM EURO MUSCULUS (European Musculoskeletal Ultrasonography Study Group), ki pri svojem kliničnem in raziskovalnem delu redno uporabljajo pregled mišičnoskeletnega sistema z UZ. Ustanovili so jo predstavniki Belgije in Turčije, dveh vodilnih držav na področju uporabe UZ v FRM. V skupino so vključeni tudi specialisti za FRM iz Grčije, Italije, Romunije in Slovenije (17). Po svetu vsako leto organizirajo več tečajev za ultrazvočno diagnostiko mišičnoskeletnega sistema, običajno na kongresih, pa tudi kot samostojne dogodke. Zaradi velikega zanimanja namestavajo vanjo vključiti tudi zdravnike iz drugih držav zunaj Evrope ter ustanoviti WORLD-MUSCULUS (18).

V Sloveniji smo z rednimi izobraževanji zdravnikov za pregled mišičnoskeletnega sistema z UZ pričeli leta 2007. Prva dva tečaja, ki ju je vodila prof. Martine De Muynck iz Univerzitetne bolnišnice v Gentu, v Belgiji, smo organizirali tudi v Sloveniji, leta 2007 na Univerzitetnem rehabilitacijskem inštitutu Republike Slovenije – Soča v Ljubljani (URI-Soča), leta 2008 pa ob Mediteranskem kongresu FRM v Portorožu.

V zadnjih letih smo se pri organizaciji tečajev povezali z Združenjem radiologov Slovenije. Prvi skupni tečaj o osnovah ultrazvočne diagnostike mišičnoskeletnega sistema smo organizirali leta 2010, vodili so ga specialisti radiologi iz Kliničnega Inštituta za radiologijo (KIR) UKC Ljubljana in oddelka za radiologijo SB Slovenj Gradec ter avtor prispevka. V letu 2011 smo ob širitvi programov ultrazvočne diagnostike na URI-Soča k sodelovanju povabili radiologa dr. Stefaana Marcelisa in Tjeerda Jagra iz Belgije, ki že vrsto let vodita tovrstne delavnice po vsem svetu. Na našem tečaju se jima je pri vodenju pridružila radiologinja asist. dr. Vladka Salapura, dr. med., vodja skeletne diagnostike na KIR UKC Ljubljana. Tečaj smo ponovili v letu 2012. Oba tečaja sta bila polno zasedena, zaradi tehničnih omejitev smo morali nekaj kandidatov tudi odkloniti. Udeleženci so bili z obema tečajema tako po strokovni kot organizacijski plati zelo zadovoljni, kar je spodbudno za nadaljevanje našega dela na tem področju. Načrtujemo, da bomo tečaj spet izvedli spomladi leta 2014, in pričakujemo, da bomo z načrtovanim tempom izobraževanj v prihodnjih letih lahko izpolnili želje in potrebe zdravnikov specialistov in specializantov za FRM, radiologijo in sorodne specialnosti v Sloveniji po osnovnem znanju s področja ultrazvočne diagnostike mišičnoskeletnega sistema.

MOŽNOSTI ZA UPORABO ULTRAZVOČNE DIAGNOSTIKE MIŠIČNOSKELETNEGA SISTEMA V FRM V SLOVENIJI

Sedaj v Sloveniji specialisti za FRM ultrazvočno diagnostiko mišičnoskeletnega sistema redno uporabljamo na URI-Soča,

Inštitutu za FRM UKC Ljubljana in Maribor, v nekaterih naravnih zdraviliščih ter v posameznih ambulantah zunaj omenjenih ustanov. Prej omenjenih izobraževanj so se udeležili tudi specialisti za FRM, zaposleni drugod, ki pa za zdaj verjetno še nimajo ustreznih (tehničnih) možnosti za opravljanje te dejavnosti.

Na URI-Soča imamo eno od doslej naj sodobnejših ultrazvočnih naprav za preiskavo mišičnoskeletnega sistema in ustrezne nove prostore, namenjene tej dejavnosti. Pri nas to dejavnost redno opravlja 5 zdravnikov specialistov za FRM, pri delu se nam pogosto pridružijo tudi naši specializanti. Glavna težava je časovna omejitev za pregled, saj preglede opravljamo v času našega rednega ambulantnega dela. Dodatna ovira je tudi, da preiskave ZZZS ne vrednoti ustrezno. Finančno ovrednotenje storitve namreč ne zadostuje niti za delo, ki ga opravi zdravnik specialist za FRM, kaj šele, da bi bili vključeni tudi stroški in čas potrebnega izobraževanja ter amortizacija opreme.

ZAKLJUČEK

Ultrazvočna diagnostika mišičnoskeletnega sistema postaja pomembno orodje zdravnikov specialistov za FRM. Tega se zaveda čedalje več specialistov naše stroke, zanimanje za to dejavnost med njimi tako doma kot po svetu narašča. Predpogoj za kakovostno delo na tem področju je ustrezno teoretično in praktično znanje ter z rutinskim delom pridobljene izkušnje.

Literatura:

1. Ozçakar L, Tok F, De Muynck M, Vanderstraeten G. Musculoskeletal ultrasonography in physical and rehabilitation medicine. *J Rehabil Med* 2012; 44(4): 310-8.
2. Smith J, Finnoff JT. Diagnostic and interventional musculoskeletal ultrasound: part 1: Fundamentals. *PM R* 2009; 1(1): 64-75.
3. Kane D, Grassi W, Sturrock R, Balint PV. A brief history of musculoskeletal ultrasound: 'From bats and ships to babies and hips'. *Rheumatology (Oxford)* 2004; 43(7): 931-3.
4. Valente CM, Wagner SM. History of the American Institute on Ultrasound in Medicine. *J Ultrasound Med* 2005; 24(2): 131-42.
5. Dussik KT, Fritch DJ, Kyriazidou M, Sear RS. Measurements of articular tissues with ultrasound. *Am J Phys Med* 1958; 37(3):160-5.
6. McDonald DG, Leopold GR. Ultrasound B-scanning in the differentiation of Baker's cyst and thrombophlebitis. *Br J Radiol* 1972; 45(538): 729-32.

7. Ihnatsenka B, Boezaart AP. Ultrasound: basic understanding and learning the language. *Int J Shoulder Surg* 2010; 4(3): 55-62.
8. Smith J, Finnoff JT. Diagnostic and interventional musculoskeletal ultrasound: part 2: Clinical applications. *PM R* 2009; 1(2): 162-77.
9. Ultrasound cases info. Dostopno na URL: <http://www.ultrasoundcases.info/default.aspx>
10. ESSR group ultrasound protocols. Dostopno na URL: http://www.essr.org/cms/website.php?id=en/index/educational_material.htm
11. De Muynck M, Parelevliet T, De Cock K, Vanden Bossche L, Vandenstraeten G, Ozçakar L. Musculoskeletal ultrasound for interventional physiatry. *Eur J Phys Rehabil Med* 2012; 48(4): 675-87.
12. Akkaya N, Akkaya S, Ozçakar L, Demirkan F, Kiter E, Konukcu S, et al. Ultrasonographic measurement of the distal femoral cartilage thickness in patients with unilateral transtibial amputation. *Prosthet Orthot Int* 2012 (Epub ahead of print).
13. Kara M, Tiftik T, Oken O, Akkaya N, Tunc H, Ozçakar L. Ultrasonographic measurement of femoral cartilage thickness in patients with spinal cord injury. *J Rehabil Med* 2012 (Epub ahead of print).
14. Kaya A, Kara M, Tiftik T, Tezcan ME, Ozturk A, Akinci A, et al. Ultrasonographic evaluation of the femoral cartilage thickness in patients with systemic lupus erythematosus. *Rheumatol Int* 2012 (Epub ahead of print).
15. Akkaya S, Akkaya N, Ozcakar L, Kilic A, Sahin F, Atalay NS, et al. Ultrasonographic evaluation of the femoral cartilage thickness after unilateral arthroscopic partial meniscectomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012 (Epub ahead of print).
16. Ozçakar L, Tok F, Kesikburun S, Palamar D, Erden G, Ulaşlı A, et al. Musculoskeletal sonography in physical and rehabilitation medicine: results of the first worldwide survey study. *Arch Phys Med Rehabil* 2010; 91(2): 326-31.
17. EURO-MUSCULUS. Dostopno na URL: <http://www.euro-musculus.org/>
18. Ozçakar L, De Muynck M, Imamura M, Vandenstraeten G. Musculoskeletal ultrasound in PMR. From EURO-MUSCULUS towards WORLD-MUSCULUS. *Eur J Phys Med Rehabil* 2012; 48(4): 649-50.