

Latvian Translation kindly supplied by:

Dr. Evija Elsberga & Dr. Maija Radzina

Pauls Stradins Clinical University Hospital

Institute of Diagnostic Radiology

Riga, Latvia

*EFSUMB mēneša gadījums - FEBRUĀRIS*

## Muskuloskeletālā elastogrāfija: Ahilleja cīpsla

*John O Bamidele<sup>1,2</sup>, Christoph F Dietrich<sup>3</sup>, Rudolf Horn<sup>4</sup>, Mohamed Abdellah<sup>1</sup>, Andrea S. Klauser<sup>1</sup>*

*1. Department of Radiology, Medical University Innsbruck, Anichstrasse 35, 6020 Innsbruck, Austria. Andrea.klauser@i-med.ac.at. Tel.: +43-512-504-27088, Fax.: +43-512-504-27006.*

*2. The Department of Radiology, University of Ilorin Teaching Hospital, PMB 1459, Ilorin. Kwara state, Nigeria.*

*3. Department of Internal Medicine, Uhlandstr. 7, Caritas-Krankenhaus Bad Mergentheim, 97980 Bad Mergentheim, Germany*

*4. Spital Savognin, CH 7460 Savognin, Switzerland.*

### levads

Tendinopātija un cīpslu plīsumi ir bieži sastopami cīpslu bojājumi, kas var radīt nozīmīgu saslimstību un nespēju [1]. Tendinopātijai, kas radusies pārslodzes dēļ, histoloģiski ir raksturīga kolagēna šķiedru dezorganizācija, mukoīda un lipoīda deģenerācija, kā arī izteikta celulāra, vaskulāra un neirāla proliferācija [2,3]. Tiek uzskatīts, ka šīs pārmaiņas vājina kolagēna šķērssaites un samazina cīplā elasticitāti, kas, savukārt, predisponē cīpslu daļējam vai pilnīgam plīsumam [4]. Neizmanīti cīpas audi ir blīvi un nespējami, taču izmainīti cīpslas audi kļūst mīkstāki un saspiežamāki, kas ir pamatā elastogrāfijas izmeklējumam. Precīza un savlaicīga cīpslas bojājuma diagnoze ir nozīmīga, lai varētu uzsākt konservatīvu ārstēšanu pirms ir sasniegta cīpslas plīsuma stadija. Sonoelastogrāfija (SE) var būt noderīga konvencionālās US diagnostisko iespēju uzlabošanai, atšķirot ievainotas cīpslas un apkārtējo veselo audu dažādo blīvumu, kam pelēkās skalas US var būt identisks izskats [4].

Cīpslas plīsums var rasties spontāni, tiešas traumas, paātrinājuma traumas vai pārstiepšanas rezultātā. Lai gan Ahilleja cīpslas plīsums parasti rodas sporta traumas rezultātā [5], histopatoloģiski lielākā daļā gadījumu pie cīpslu plīsumiem ir pārliecinošas deģenerācijas pazīmes, kas liecina, ka cīpslas plīsums ir cieši saistīts ar fonā esošu hronisku deģeneratīvu procesu [6].

Ahilleja cīpsla ir lielākā cīpsla cilvēka ķermenī, kas lokalizēta virspusēji, un tā ir labi piemērota izvērtēšanai ar SE, līdz ar to līdz šim ir visvairāk pētīta [7-12]. Šajā dokumentā apskatīti SE

klīniskie pierādījumi Ahilleja cīpslas izvērtēšanā gan normālā, gan izmainītā stāvoklī. Mūsu mērķis ir dot mūsdienīgu ieskatu Ahilleja cīpslas biomehānisko pārmaiņu attēlošanā, izmantojot SE, kā arī sniegt atbalstu turpmākai izpētei un jauniem šīs metodes lietotājiem.

## Sonoelastogrāfijas tehnika

SE pirmo reizi aprakstīja Ophir et al. 1991. gadā [13]. SE tehniskās detaļas nav iekļautas šajā apskatā, detalizētāk ar SE fizikālajiem principiem un klīnisko pielietojumu var iepazīties EFSUMB vadlīnijās un pārskata dokumentā [14-16]. Tomēr ir jāizceļ daži pamatprincipi. Klīniskajā praksē tiek izmantoti divi galvenie elastogrāfijas veidi: deformācijas elastogrāfija un bīdes viļņu elastogrāfija. Attēla veidošanai tiek izmantoti dati, kurus iegūst no audu deformācijas, kas tiek radīta ārējas palpācijas vai iekšējas kustības rezultātā, piemēram, kardiovaskulārās kustības. Lai attēlotu deformāciju, attēls tiek kodēts krāsās, kas ir apgriezti saistīts ar audu blīvumu. Aksiālā deformācijas elastogrāfija attēlo deformācijas datu subjektīvo izplatību elastogrammā, kas rodas audu kompresijas rezultātā, taču bīdes viļņu elastogrāfija dod daudz objektīvākus, kvantitatīvus iekšējās audu elasticitātes mērījumus, izmantojot akustisko grūdienu pulsu [17].

Mīkstas struktūras saspiežas vairāk kā cietas un saspieduma pakāpe tiek apzīmēta par deformāciju. Pirms tam definētā interesējošā reģiona deformācijas izplatība tiek noteikta balstoties uz radiofrekvenču signālu salīdzinājumu, kas tiek iegūti pirms un pēc audu deformācijas [18]. Vizuāli tas tiek attēlots kā elastogramma, kas ir pārklāta pāri B-režīma attēlam. Konkrētas vietas deformācija attēlā var tikt kodēta krāsās, kur sarkanās krāsas toņi attēlo mīkstākos audus (īpaši mīkstus); dzeltens attēlo vidēju blīvumu (viegli mīkstus) un zils/zaļš norāda uz blīviem audiem. Lai gan muskulotendinozās struktūras var izvērtēt, izmantojot gan deformācijas, gan bīdes viļņu elastogrāfiju, taču pārsvarā pieejamos pierādījumos ir izmantota deformācijas elastogrāfija.

Aksiālajā deformācijas SE, zondes kustības ātrumam un attālumam ir izšķiroša nozīme, lai iegūtu vislabākās elastogrammas. Drakonaki un līdzstrādnieki atklāja, ka labu līdz teicamu deformācijas elastogrāfijas atkārojamību neizmainītai Ahilleja cīpsai var iegūt, izmantojot kvalitatīvu divu līdz trīs līmeņu skalu, taču zemu, izmantojot daļēji kvantitatīvu mērījumu [10].

## Ahilleja cīpslas anatomija

Ahilleja cīpsla ir lielākā un spēcīgākā cilvēka ķermeņa cīpsla, kas atiet no *m. gastrocnemius* un *m. soleus* aponeirozēm un piestiprinās pie *tuberositas calcanei posterior* vidusdaļas [19]. Šo divu muskuļu cīpslainās komponentes garums ir variabls, *m. soleus* cīpsla saplūst ar pārklājošo *m. gastrocnemius* cīpslu 5 līdz 6 cm proksimāli no piestiprināšanās pie papēža kaula. Ahilleja cīpslas platums arī ir variabls, tas var būt no 1,2 cm līdz 2,5 cm piestiprināšanās vietā [20].

Ahilleja cīpslu neapņem īsta sinoviāla cīpslas maksts, taču to apņem paratenons, tie ir vaļīgi areolārie audi, kas sastāv no viena šūnu slāņa. Šie bagātīgi apasiņotie audi ir atbildīgi par ievērojamu daļu no cīpslas asins apgādes, kas notiek caur šķērsvinkulām jeb koridoriem [21].

## B-režīms

B-režīma ultraskaņā neizmainīta Ahilleja cīpsla sagitālajā plaknē izskatās kā homogēna, ehogēna, blīva fibrilāra struktūra, kas paplašinās un saplacinās virzienā uz papēža kaula

piestiprināšanās vietu [22]. Aksiālajā plaknē fascīkulas ir izkārtotas regulārā bišu šūnu rakstā. Neizmainītas cīpslas biezums (anterioposteriorais diametrs) veseliem asimptomātiskiem cilvēkiem variē no 4 līdz 6,7 mm, taču ir zināms, ka sportistiem cīpsla var būt biežāka [20]. Pang un Yang [23] ziņoja, ka nav statistiski ticama atšķirība Ahilleja cīpslas biezumā dažādās vecuma grupās, tika izvērtētas 80 Ahilleja cīpslas un vidējais cīpslas šķērsriezuma laukums bija  $60,78 \pm 13,09 \text{ mm}^2$  (diapazons, 33-95  $\text{mm}^2$ ).

## Krāsu doplers

Krāsu doplerā un kontrasta ultraskaņā parasti redz perpendikulāru asinsvadu invāziju cīpslā. Detalizēts krāsu doplera apraksts nav paredzēts šajā mēneša klīniskajā gadījumā.

## Elastogrāfija

Reālā laika US elastogrāfija ir nesen pētīta normālas Ahilleja cīpslas izvērtēšanā [9,10], šī cīpsla ir visvairāk pētītā muskuloskeletālā struktūra, izmantojot deformācijas elastogrāfiju. Deformācijas elastogrāfijā krāsu kodētajos attēlos neizmainīta cīpsla ir blīva un attēlota zilos un zaļos toņos (1. attēls), taču patoloģisku izmaiņu rezultātā cīpslas blīvums samazinās un tad tā ir attēlota dzeltenos un sarkanos toņos, attiecīgi no vidēja līdz izteiktam blīvuma samazinājumam [8]. Izvērtējot cīpslu ar elastogrāfiju, ir jāņem vērā, ka Ahilleja cīpslu neapņem cīpslas maksts.

*De Zordo et al.* pētīja asimptomātisku Ahilleja cīpslu elastogrāfijas izskatu, izmantojot reālā laika aksiālu deformācijas elastogrāfiju un salīdzināja savu atradni ar konvencionālo B-režīma US [8]. Atkarībā no elastības īpašībām, cīpslas tika iedalītas trīs pamata tipos: 1. tips - zils (blīvākie audi); 2. tips - zils/zaļš (blīvi audi); un 3. tips - zaļš (vidēji blīvi audi). Papildus tika izdalītas trīs apakšgrupas - homogēns, relatīvi homogēns un heterogēns. Divos atsevišķos pētījumos 1. tips (zils līdz zaļš) tika atrasts 94-96% neizmainītu cīpslas proksimālajās daļās un 95-100% neizmainītu cīpslu distālajās daļās [8,9]. Homogēnās cīpslās nebija redzama sarkanā krāsa, taču relatīvi homogēnās cīpslās bija redzamas sarkanas svītras paralēli cīpslas gareniskajai asij. Turpretī heterogēnās cīpslās bija izklidēti traipveidīgi laukumi pār dominanto cīpslas rakstu [8,9].

Šajā konkrētajā pētījumā *Babic* un *Lenarcic* pierādīja, ka *triceps surae* kompleksa *m. soleus* un *m. gastrocnemius* komponentēm ir atšķirīgas viskoelastīgās struktūras, turklāt *m. soleus* viskozitāte varbūt vienāda vai lielāka par *m. gastrocnemius* viskozitāti [24]. Elastogrāfijas izmeklējumā šīs īpašības efekta rezultātā var rasties dažādu krāsu izplatība starp cīpslas segmentiem.

Izmaiņas, ko var novērot asimptomātisku Ahilleju cīpslu vidusdaļā deformācijas elastogrāfijas izmeklējumā, kas neatbilst konvencionālās ultraskaņas atradnei, vēl ir jāprecizē. Tiek domāts, ka šī ir viltus pozitīva atradne vai arī tā atbilst agrīnām izmaiņām [17].

## Ahilleja cīpslas patoloģija

Mīkstas struktūras saspiežas vairāk nekā blīvas struktūras, kompresijas pakāpi apzīmē par deformāciju. Attēlā konkrētas vietas deformācija tiek kodēta krāsās un krāsu attēls pārklāts pāri pelēkās skalas ultraskaņas attēlam. Neizmainītas cīpslas audi ir blīvi un nespējami, pārsvarā kodēti zilā vai zaļā krāsā. Patoloģijas gadījumā cīpslas audi kļūst mīkstāki un saspiežamāki, līdz ar to elastogrāfijas attēlā redzamas dzeltenas un sarkanas zonas. Lai gan ir ziņota ļoti laba

korelācija starp US un sonoelastogrāfijas atradni pie simptomātiskas Ahilleja tendinopātijas, elastogrāfijas izmeklējuma mērķis ir uzlabot izoehogēno izmaiņu raksturošanu, ko nav iespējams vizualizēt, izmantojot B-režīmu; šis var būt īpaši svarīgi pie agrīno tūskaino pārmaiņu savlaicīgas atklāšanas.

Pie simptomātiskas hroniskas Ahilleja tendinopātijas cīpslas parasti satur lielus, labi norobežotus mīkstus reģionus, kas atbilst mukoīdās deģenerācijas zonām un daļējiem plīsumiem (2. attēls), turpretī pie ķirurģiski ārstētiem Ahilleja cīpslu plīsumiem, cīpslas dzīšanas rezultātā, var rasties paaugstināta blīvuma reģioni [15].

Iekaisīgu reimatisku pārmaiņu gadījumā, Ahilleja cīpslas piestiprināšanās vietā pie *tuberositas calcanei*, ir iespējams novērot erozijas, kā arī Ahilleja cīpslas iesaisti ar tūsku un strukturālu nehomogenitāti. Cīpslas plīsums parasti notiek 3 - 5 cm proksimāli no Ahilleja cīpslas piestiprināšanās vietas pie papēža kaula vāji apasiņotajā robežzonā [25]. Šajā vietā attīstās viziteiktākās regresīvās pārmaiņas, ko var novērot arī elastogrāfijas attēlos. Pie daļējiem cīpslu plīsumiem elastogrāfijā ir redzamas mīkstināšanās zonas, kas atbilst fokāliem defektiem standarta B režīma attēlos. Šī atradne norāda uz to, ka pastāv korelācija starp cīpslu bojājumu zonām, kas ir redzamas konvencionālās ultraskaņas attēlos, un mehāniskās deformācijas īpašībām, ko var atklāt ar elastogrāfiju.

Sonoelastogrāfija var būt nozīmīga Ahilleja cīpslas distālās trešdaļas izmaiņu atklāšanā, ir ziņots, ka šī daļa ir visbiežāk skarta pacientiem ar ankilozējošo spondilītu, salīdzinot ar veselīgiem cilvēkiem, kuriem visbiežāk skarta ir vidējā trešdaļa [26]. Tas var būt klīniski nozīmīgi, lai diferencētu šīs slimības tendinopātiju no citiem iemesliem.

Nesen veiktā *cadaver* pētījumā tika salīdzināta aksiālās deformācijas sonoelastogrāfijas un konvencionālās US precizitāte, izmantojot histoloģiju par zelta standartu [7]. Cīpslas deģenerācija ar elastogrāfiju tika atklāta visos 14 (100%) histoloģiski verificētos Ahilleja cīpslas segmentos, turpretī ar B-režīma ultraskaņu atklāja 85,7% gadījumus, kas norāda, ka elastogrāfija ir potenciāli jūtīgāka Ahilleja tendinozes histopatoloģiskās deģenerācijas pazīmju atklāšanā, kā B-režīms. Autori secināja, ka aksiālā deformācijas sonoelastogrāfija ir potenciāli jūtīgāka par konvencionālo US deģeneratīvas Ahilleja tendinopātijas pazīmju noteikšanā [7]. Pie atbilstoša klīniskā konteksta, tas var palīdzēt uzsākt agrīnu ārstēšanu un izvairīties no tendinopātijas progresijas hroniskās stadijās, kur cīpslas ir vairāk rezistentas pret ārstēšanu [27,28].

Aksiālajai deformācijas sonoelastogrāfijai un bīdes viļņa elastogrāfijai var būt praktiska nozīme pie cīpslas atjaunošanās novērošanas pēc plīsuma, diferencējot dzīstošas (blīva) un ievainotas cīpslas (mīksta) biomehāniskās īpašības. Precīzas diagnozes uzstādīšanu ar konvencionālo B-režīma US bieži apgrūtina rētaudu un fibrotisko audu veidošanās plīsuma vietas malās. Konvencionālās US papildināšana ar aksiālo slodzes sonoelastogrāfiju vai bīdes viļņa elastogrāfiju var palīdzēt klīnicistiem labāk plānot skartās Ahilleja cīpslas ārstēšanu un noteikt elites sportistu spēju atgriezties pie sporta aktivitātēm pēc cīpslu ievainojumiem [17].

## Tehniskie apsvērumi

Lai iegūtu labas kvalitātes elastogrammas, ir jāņem vērā daži tehniskie ieteikumi. Aksiālajā deformācijas elastogrāfijā (saukta arī par brīvās rokas kompresijas elastogrāfiju) audu deformācija tiek panākta cīpslu saspiežot manuāli, izmantojot rokā turamu US zondi [29]. Šī

tehnika ir "relatīva", kur rezultējošais deformācijas punktu skaits tiek noteikts, balstoties uz visu audu, kas ir iekļauti lietotāja definētā logā, vidējo elasticitāti [9,11]. Loga lielums var ietekmēt elastogrammas deformācijas izplatību, lai varētu iegūt atkārtojamus rezultātus starp pētījumiem, logu ir nepieciešams standartizēt [9,30]. Gareniskajām elastogrammām iesaka izmantot logu, kura optimālais dziļums ir vismaz trīs reizes lielāks par cīpslas izmēru un platumam jāaptver aptuveni trīs ceturtdaļas no ekrāna [9]. Nesen dažām komerciāli pieejamām US sistēmām uz ekrāna ir pievienots spiediena indikators, kas dod reālā laika atgriezenisko saiti, atkarībā no tā, kādu spiedienu rada izmeklējuma veicējs. Tas palīdz samazināt mainīgumu attēla iegūšanā starp novērotājiem un novērotāju vidū [8,9]. Zondei ir jāatrodas perpendikulāri pret cīpslu, lai izvairītos no anizotropijas, kā arī jāņem vērā, ka B-režīma izskats ietekmē elastogrammu kvalitāti. Jāsaglabā ir vairāki (vismaz 3) saspiešanas-atlaišanas cikli un tad izvērtēšanai jāizvēlas labākā elastogramma. Svarīgs apsvērums: no ādas līdz elastogrammas attēlam ir jābūt vismaz 1,2 mm attālumam [8-10,31], lai palielinātu attālumu starp zondi un ādu, īpaši ļoti tieviem cilvēkiem, tiek izmantoti speciāli akustiski spilventiņi.

Nesen *Chen et al.* publicēja pirmo pētījumu par bīdes viļņa elastogrāfijas pielietojumu asimptomātisku un plīsušu Ahilleja cīpslu izvērtēšanā [12]. Asimptomātiskas Ahilleja cīpslas bīdes viļņa elastogrammās uzrādīja homogēnas un relatīvi blīvas īpasības, turpretī akūti plīsušas cīpslas bija heterogrāns ar samazinātu elasticitāti (mīkstu struktūru). Atšķirībā no aksiālās deformācijas sonoelastogrāfijas, kas ir balstīta uz manuālu kompresiju un mēra audu nobīdi, bīdes viļņa elastogrāfija rēķina bīdes viļņu iespiešanās ātruma izplatību, kas rodas fokusēta akustiska grūdienu pulsa rezultātā, lai papildus deformācijas attēlojumam varētu rekonstruēt audu elastības kvantitatīvos datus kilopaskālos (kPa) [18,29]. Autori secināja, ka bīdes viļņa elastogrāfija nav atkarīga no izmeklējuma veicēja iemaņām, kā arī tai iespējams ir diagnostiska vērtība Ahilleja cīpslas funkcionālās integritātes izvērtēšanā [12]. Izmeklējot ar aksiālo deformācijas sonoelastogrāfiju vai bīdes viļņa elastogrāfiju, interesējošai cīpslai ir jābūt atbrīvotā pozīcijā, lai izvairītos no cīpslas noslodzes, kā rezultātā mākslīgi var tikt ietekmēts cīpslas blīvuma punktu skaits.

Svarīga ir sonoelastogrāfijas artefaktu atpazīšana, lai izvairītos no nepareizas attēlu interpretācijas. "Audu nobīdes" artefakts rodas, kad interesējošais reģions saspiešanas un atlaišanas ciklos izkustas ārpus plaknes [8,9]. Gareniskās elastogrammas malās ir dokumentētas pastāvīgas deformācijas izplatības svārstības, kas, visticamāk, rodas nevienmērīga spiediena pielikšanas rezultātā [9]. Nepieciešams iegūt pārklājošas elastogrammas tā, lai malu rezultāti tiek izslēgti no elastogrammas analīzes [9].

## Ieteikumi

Šobrīd aktuālajās EFSUMB elastogrāfijas vadlīnijās tiek ieteikts, ka elastogrāfiju var izmantot kā papildinošu metodi konvencionālajai US izmeklēšanai, lai palielinātu Ahilleja tendinopātijas diagnostisko ticamību [15]. Lai panāktu minimālu mainīgumu starp novērotājiem un novērotāju vidū un izvairītos no pārejošām temporālām svārstībām Ahilleja cīpslā, mērījumus nepieciešams balstīt uz pilnīgu kino cilpas izvērtēšanu, nevis uz vienu statisku attēlu. Bīdes viļņa elastogrāfija var uzlabot elastogrāfijas datu atkārtojamību, taču pagaidām par šo tēmu ir publicēts tikai viens pētījums. Nepieciešams veikt vairāk pētījumus, lai turpmāk noskaidrotu bīdes viļņa

elastogrāfijas klīnisko nozīmi un iespējamās priekšrocības Ahilleja cīpslas bojājumu diagnostikā, pirms šo metodi var plaši ieviest ikdienas klīniskajā praksē.

## Secinājumi

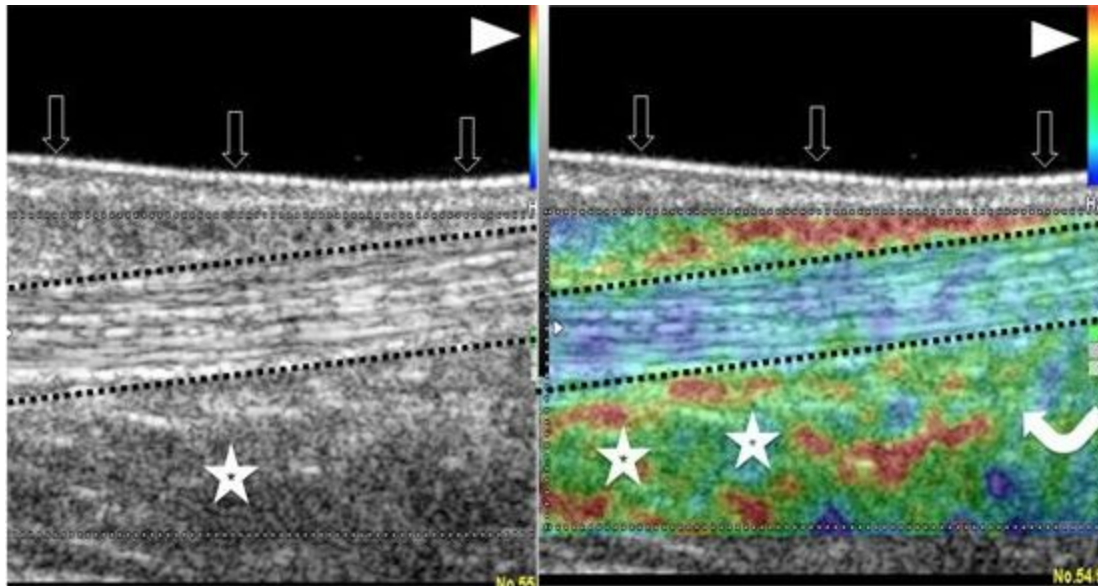
Ar sonoelastogrāfiju ir iespējams agrīnāk atklāt subklīniskus bojājumus; šo metodi potenciāli var izmantot arī kā skrīninga metodi, lai izmainītu sportistu treniņrežīmu un izvairītos no cīpslas bojājuma. Lai gan patoloģiskās izmaiņas, ko var atklāt ar sonoelastogrāfiju bez atbilstošas B-režīma atradnes, var izskaidrot ar sonoelastogrāfijas augstāku jūtību Ahilleja cīpslas bojājumu atklāšanā, ar sonoelastogrāfiju atklāto Ahilleja cīpslas bojājumu klīnisko nozīmi ir nepieciešams izvērtēt liela mēroga garengriezuma pētījumos. Tiek uzsvērts, ka pieejamās literatūras daudzums par šo tēmu šobrīd ir nepietiekošs un ir nepieciešami turpmāki pētījumi, lai iegūtu visaptverošu uz pierādījumiem balstītu apskatu.

## Atsauces

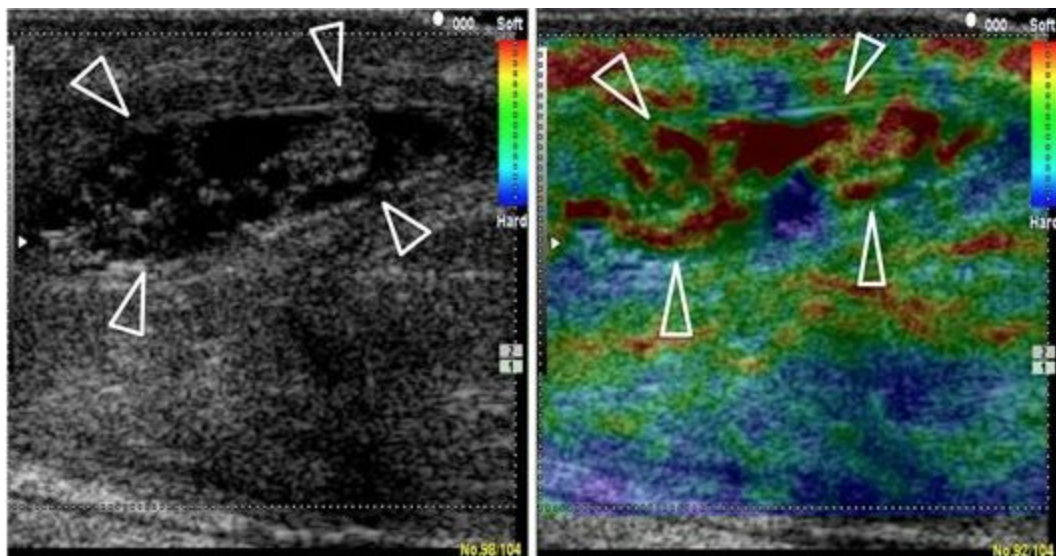
- 1.Lee KS. Musculoskeletal sonography of the tendon. J Ultrasound Med 2012 Dec;31(12):1879-84
- 2.Maffulli N, Kenward MG, Testa V, et al. Clinical diagnosis of Achilles tendinopathy with tendinosis. Clin J Sport Med 2003 Jan;13(1):11-5
- 3.Khan KM, Cook JL, Bonar F, Harcourt P, Astrom M. Histopathology of common tendinopathies. Update and implications for clinical management. Sports Med 1999 Jun;27(6):393-408
- 4.Arya S, Kulig K. Tendinopathy alters mechanical and material properties of the Achilles tendon. J Appl Physiol (1985) 2010 Mar;108(3):670-5
- 5.Leadbetter WB. Cell-matrix response in tendon injury. Clin Sports Med 1992 Jul;11(3):533-78
- 6.Kannus P, Jozsa L. Histopathological changes preceding spontaneous rupture of a tendon. A controlled study of 891 patients. J Bone Joint Surg Am 1991 Dec;73(10):1507-25
- 7.Klauser AS, Miyamoto H, Tamegger M, et al. Achilles tendon assessed with sonoelastography: histologic agreement. Radiology 2013 Jun;267(3):837-42
- 8.De Zordo T, Chhem R, Smekal V, et al. Real-time sonoelastography: findings in patients with symptomatic achilles tendons and comparison to healthy volunteers. Ultraschall Med 2010 Aug;31(4):394-400
- 9.De Zordo T, Fink C, Feuchtner GM, et al. Real-time sonoelastography findings in healthy Achilles tendons. AJR Am J Roentgenol 2009 Aug;193(2):W134-8
- 10.Drakonaki EE, Allen GM, Wilson DJ. Real-time ultrasound elastography of the normal Achilles tendon: reproducibility and pattern description. Clin Radiol 2009 Dec;64(12):1196-202
- 11.Sconfienza LM, Silvestri E, Cimmino MA. Sonoelastography in the evaluation of painful Achilles tendon in amateur athletes. Clin Exp Rheumatol 2010 May-Jun;28(3):373-8
- 12.Chen XM, Cui LG, He P, et al. Shear wave elastographic characterization of normal and torn achilles tendons: a pilot study. J Ultrasound Med 2013 Mar;32(3):449-55
- 13.Ophir J, Céspedes I, Ponnekanti H, Yazdi Y, Li X. Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues. Ultrason Imaging 1991 Apr;13(2):111-34
- 14.Bamber J, Cosgrove D, Dietrich CF, et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology. Ultraschall Med 2013 Apr;34(2):169-84

15. Cosgrove D, Piscaglia F, Bamber J, et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 2: Clinical applications. *Ultraschall Med* 2013 Jun;34(3):238-53
16. Klauser AS, Miyamoto H, Bellmann-Weiler R, et al. Sonoelastography: musculoskeletal applications. *Radiology* 2014 Sep;272(3):622-33
17. Ooi CC, Malliaras P, Schneider ME, Connell DA. "Soft, hard, or just right?" Applications and limitations of axial-strain sonoelastography and shear-wave elastography in the assessment of tendon injuries. *Skeletal Radiol* 2014 Jan;43(1):1-12
18. Garra BS. Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound. *Ultrasound Q* 2007 Dec;23(4):255-68
19. Dong Q, Fessell DP. Achilles tendon ultrasound technique. *AJR Am J Roentgenol* 2009 Sep;193(3):W173
20. Calleja M, Connell DA. The Achilles tendon. *Semin Musculoskelet Radiol* 2010 Sep;14(3):307-22
21. Carr AJ, Norris SH. The blood supply of the calcaneal tendon. *J Bone Joint Surg Br* 1989 Jan;71(1):100-1
22. Kainberger FM, Engel A, Barton P, et al. Injury of the Achilles tendon: diagnosis with sonography. *AJR Am J Roentgenol* 1990 Nov;155(5):1031-6
23. Pang BS, Ying M. Sonographic measurement of achilles tendons in asymptomatic subjects: variation with age, body height, and dominance of ankle. *J Ultrasound Med* 2006 Oct;25(10):1291-6
24. Babic J, Lenarcic J. In vivo determination of triceps surae muscle-tendon complex viscoelastic properties. *Eur J Appl Physiol* 2004 Aug;92(4-5):477-84
25. Ibrahim G, Groves C, Chandramohan M, et al. Clinical and ultrasound examination of the Leeds enthesitis index in psoriatic arthritis and rheumatoid arthritis. *ISRN Rheumatol* 2011;2011:731917
26. Turan A, Tufan A, Mercan R, et al. Real-time sonoelastography of Achilles tendon in patients with ankylosing spondylitis. *Skeletal Radiol* 2013 Aug;42(8):1113-8
27. Cook JL, Purdam CR. Is tendon pathology a continuum? A pathology model to explain the clinical presentation of load-induced tendinopathy. *Br J Sports Med* 2009 Jun;43(6):409-16
28. Fredberg U, Bolvig L. Significance of ultrasonographically detected asymptomatic tendinosis in the patellar and achilles tendons of elite soccer players: a longitudinal study. *Am J Sports Med* 2002 Jul-Aug;30(4):488-91
29. Li Y, Snedeker JG. Elastography: modality-specific approaches, clinical applications, and research horizons. *Skeletal Radiol* 2011 Apr;40(4):389-97
30. Klauser AS, Faschingbauer R, Jaschke WR. Is sonoelastography of value in assessing tendons? *Semin Musculoskelet Radiol* 2010 Sep;14(3):323-33
31. De Zordo T, Lill SR, Fink C, et al. Real-time sonoelastography of lateral epicondylitis: comparison of findings between patients and healthy volunteers. *AJR Am J Roentgenol* 2009 Jul;193(1):180-5

## Attēlu apraksti



**1. att.** Duālā režīma pelēkās skalas US (pa kreisi) un aksiālās deformācijas sonoelastogramma (pa labi) asimptomātiskam futbolistam. Garengriezuma pelēkās skalas US attēlā redzama neizmainīta, homogēna, lineāri fibrilāra Ahilleja cīpslas vidējās trešdaļas ehotekstūra. Atbilstošajā aksiālās deformācijas sonoelastogrammā redzama zili-zaļu toņu cīpsla, kas atbilst neizmainītai, blīvai cīpslas struktūrai (punktētās melnās līnijas). Bultiņas norāda uz ādu. Kāģera trijstūris zem cīpslas ir mīksts un reģistrējas kā sarkans un dzeltens (zvaigznes) uz zilu/zaļu blīvāku saistaudu fona (izliektā bultiņa). Elastogrāfijas krāsu kartes stabiņš ir redzams attēla labajā augšējā stūrī (bultiņas galvas).



**2. att.** 52 gadus vecs futbolists ar labās Ahilleja cīpslas sāpēm. Garengriezuma US (pa kreisi) redzama Ahilleja cīpslas vidējās daļas fuziforma sabiezēšanās ar hipohogēnām mukoīdās deģenerācijas zonām un intratendinozu delamināciju (bultiņas galvas). Atbilstošajā aksiālajā



slodzes sonoelastogrāfijā (pa labi) redzama sarkanas krāsas cīpsla, kas atbilst mīkstām Ahilleja cīpslas šķiedrām pacientam ar daļēju Ahilleja cīpslas plīsumu.