

## Indikacije i liječenje udarnim valom u fizikalnoj medicini i rehabilitaciji – novije spoznaje

### *Indications and treatment with shock wave in physical medicine and rehabilitation - recent knowledge*

Filip Begić, Valentina Delimar, Nadica Laktašić Žerjavić, Porin Perić\*

---

#### Sažetak

Izvantjelesna terapija udarnim valom ima brojne fiziološke učinke, poput smanjenja bola i poticanja cijeljenja tkiva, zbog čega danas ima široku primjenu u mišićno-koštanoj patologiji. Postoje dva osnovna oblika udarnog vala, fokusirani i radijalni, a razlikuju se po tome što fokusirani udarni val najveću energiju postiže u žarištu na željenoj dubini, dok se kod radijalnog udarnog vala najveća energija stvara na mjestu ulaska u tretiranu regiju tijela, te slabi daljnjim prodiranjem u tkivo. Sam mehanizam djelovanja udarnog vala nije do kraja razjašnjen, a pretpostavlja se da mehanička stimulacija dovodi do stanične migracije, proliferacije, diferencijacije ili apoptoze stanica, s tim da visoka razina energije može djelovati i razorno, umjesto da posluži kao mehanički stimulus, zbog čega je nužna prilagodba energije, ovisno o tretiranom području. Modulacija bola objašnjava se „gate control“ teorijom i hiperstimulacijskom analgezijom. Osim ustaljenih indikacija poput epikondilitisa, tendinopatija, plantarnog fascitisa, kalcificirajućeg tendinitisa, udarni val danas nalazi sve širu primjenu, te se upotrebljava i u terapiji spasticiteta, poremećenog cijeljenja kosti, kronične križobolje, smrznutog ramena, osteoartritisa koljena, sindroma trkačke potkoljenice, škljocavog prsta, sindroma bolnoga trohantera, te kod sindroma miofascijalne boli. Međutim, potrebno je provesti dodatna istraživanja kako bi se utvrdila stvarna vrijednost i mjesto udarnog vala u liječenju navedenih bolesti i stanja.

**Ključne riječi:** Udarni val, rehabilitacija, fizikalna medicina

---

#### Summary

Extracorporeal shockwave therapy has numerous physical effects, such as pain reduction and tissue healing induction, which gives its way for therapeutic implementation in various musculoskeletal conditions. There are two main forms of shockwaves, focused and radial, the main difference being that focused shockwaves achieve the highest energy at certain tissue depth, while radial shockwaves have the highest energy at the entry point into the tissue. The underlying mechanism is still not fully elucidated, but it is presumed that mechanical stimuli cause cellular migration, proliferation, differentiation and apoptosis. Given in mind that this high energy can be disruptive instead being a mechanical stimulus, which calls for individual energy adjustment depending on the structure treated. Pain modulation is explained according to the gate control theory and hyperstimulation analgesia. Besides standard indications such as epicondylitis, tendinopathies, plantar fasciitis and calcific tendinitis, shockwave therapy is nowadays used more broadly, such as for treating spasticity, disrupted bone healing, chronic low back pain, frozen shoulder, knee

---

\***Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu** (Filip Begić, dr.med., prof.dr.sc. Nadica Laktašić Žerjavić, dr.med., prof.dr.sc. Porin Perić, dr.med.); **Specijalna bolnica za medicinsku rehabilitaciju, Krapinske Toplice** (Valentina Delimar, dr.med.); **Klinički bolnički centar Zagreb, Klinika za reumatske bolesti i rehabilitaciju** (prof.dr.sc. Nadica Laktašić Žerjavić, dr.med., prof.dr.sc. Porin Perić, dr.med.)

Adresa za dopisivanje / *Corresponding address:* Prof.dr.sc. Porin Perić, dr.med., Klinički bolnički centar Zagreb, Klinika za reumatske bolesti i rehabilitaciju, Kišpatičeva 12, 10 000 Zagreb E-mail: [porin.peric@gmail.com](mailto:porin.peric@gmail.com)

Primljeno/Received 2022-09-01; Ispravljeno/Revised 2023-05-02; Prihvaćeno/Accepted 2022-05-29

osteoarthritis, medial tibial stress syndrome, trigger finger, greater trochanteric pain syndrome and myofascial pain syndrome. However, further research is needed to determine the exact value and place of extracorporeal shockwave therapy in treating these conditions.

**Key words:** extracorporeal shockwave therapy, rehabilitation, physical medicine

Med Jad 2023;53(2):105-116

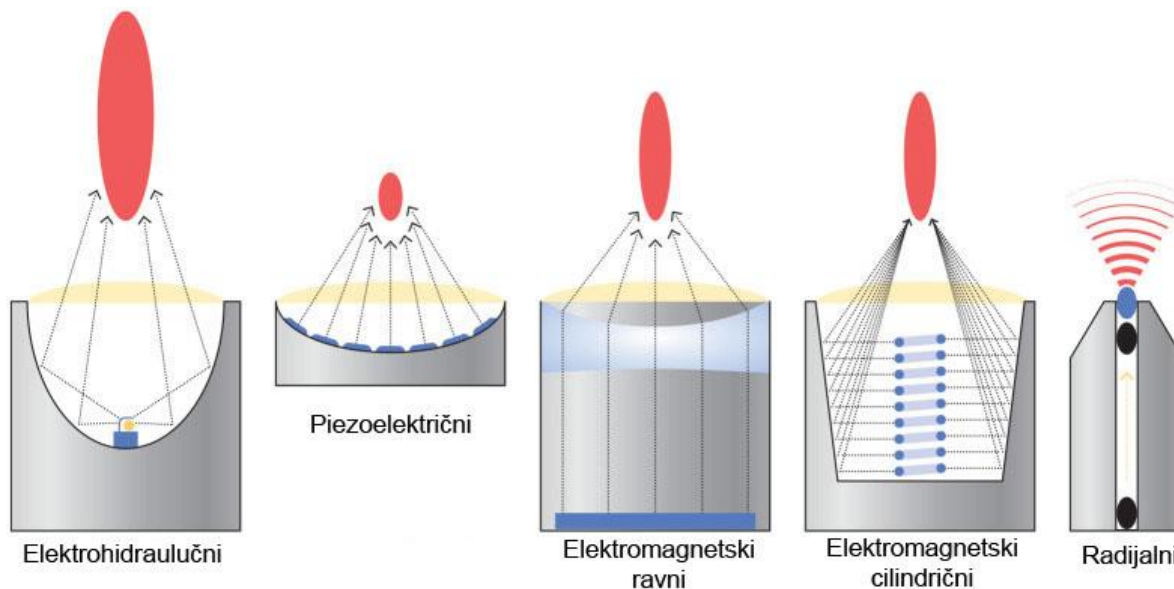
### Uvod

Izvantjelesna terapija udarnim valom (engl. *Extracorporeal Shock Wave Therapy*, ESWT) je neinvazivni postupak koji se 1980-ih prvotno počeo koristiti u urologiji za razbijanje bubrežnih kamenaca.<sup>1</sup> Obzirom na to da su primijećeni pozitivni učinci na okolno tkivo, u smislu bržeg cijeljenja, provedena su daljnja istraživanja kojima je otkriveno da fiziološki učinci udarnog vala mogu djelovati na mišićno-koštani sustav u vidu smanjenja bola i poticanja cijeljenja tkiva, te danas ESWT ima široku primjenu u mišićno-koštanoj patologiji.<sup>2</sup> Cilj ovoga preglednog rada je prikazati mehanizam djelovanja, te nove spoznaje o indikacijama za liječenje ESWT-om.

#### Mehanizam djelovanja i oblici udarnog vala

Udarni val je oblik energije koji ima biološki učinak opisan na razini stanice, tkiva i organa.<sup>2</sup>

Gustoću energije (engl. energy flux density, EFD) određuje protok energije kroz područje okomito na smjer širenja vala i izražava se u milidžulima (mJ). EFD ESWT-a tako može biti niska ( $<0.08 \text{ mJ/mm}^2$ ), srednja ( $<0.28 \text{ mJ/mm}^2$ ) ili visoka ( $<0.60 \text{ mJ/mm}^2$ ).<sup>3</sup> Fizikalni učinak ESWT-a vezan je upravo uz EFD, odnosno proizveden maksimalni pozitivni tlak, što se može smatrati ESWT dozom.<sup>2</sup> Postoje dva tipa udarnog vala: fokusirani i radijalni. Kod fokusiranog udarnog vala puls tlaka velike amplitude generira se izvan tijela i njegova energija se koncentrira na ciljno područje u tijelu. Valovi imaju inicijalno visoki pozitivni tlak (do 80 MPa) s brzim usponom vala (30-120 ns), nakon čega slijedi negativni val nižeg tlaka (5-10 MPa).<sup>4</sup> Trajanje impulsa je kratko, oko 5  $\mu\text{s}$ .<sup>5</sup> Generatori fokusiranog udarnog vala mogu biti elektrohidraulični, elektromagnetski i piezoelektrični, o čemu ovisi dubina prodiranja (Slika 1.). Elektrohidraulični generator prodire do dubine od 7 do 60 mm, elektromagnetski od 2,5 do 30 mm, a piezoelektrični od 2,4 do 17 mm.



Slika 1. Različite vrste generiranja udarnih valova proizvode različiti uređaji za ESWT

(Izvor: EFORT Open Rev 2020;5:584-592)

Figure 1 - Different types of shock wave generation are produced by different ESWT devices

(Source: EFORT Open Rev 2020;5:584-592)

Energija vala se oslobađa se na mjestima dodira dvaju tkiva različite akustičke impendancije, što dovodi do kompresivnog i smičnog opterećenja, te dolazi do tzv. fenomena kavitacije – stvaranja

mikroskopskih mjehurića plina koji kolabiraju u intersticijskoj tkivnoj tekućini, što stvara lokalizirani stres, odnosno mehaničku stimulaciju.<sup>6</sup> Najveća energija postiže se u žarištu na željenoj dubini, dok su

koža i potkožno tkivo pošteđeni iritacije visokom energijom.<sup>7</sup> Kod radijalnog udarnog vala najveća energija se generira na mjestu ulaska u tretiranu regiju tijela, a slabi daljnjim prodiranjem u tkivo. EFD radijalnog ESWT-a iznosi 0,01-0,23 mJ/mm<sup>2</sup>, tlak koji aplikator generira na tkivo iznosi 1-4 bara, a dubina prodiranja je 0-35 mm. Radijalni udarni val se koristi uglavnom zbog trofičkih sposobnosti, izazivanja hiperemije tkiva, te jačanja vaskularnog protoka.<sup>8</sup> Dio autora drži kako se radijalni ESWT ne može opisati kao pravi izvantjelesni udarni val s obzirom na to da nema određene fizikalne karakteristike, te se predlaže drugačija nomenklatura, poput radijalne terapije valom pod tlakom (engl. radial pressure wave therapy).<sup>2</sup> Unatoč brojnim provedenim istraživanjima i pozitivnim iskustvima vezano za tretiranje različite mišićno-koštane patologije, točan mehanizam djelovanja ESWT-a nije do kraja razjašnjen. Stanična mehanotransdukcija (mehanoterapija) govori kako mehanička stimulacija može dovesti do stanične migracije, proliferacije, diferencijacije ili apoptoze. Visoka razina energije može rezultirati disruptivnim, smičnim stresom, umjesto da posluži kao mehanički stimulus. Stoga je nužna individualna prilagodba energije, ovisno o tretiranom području. Modulacija bola, pak, može uzrokovati stanične promjene, što se objašnjava principima hiperstimulacijske analgezije.<sup>2</sup> Postoji više pretpostavljenih mehanizama djelovanja ESWT-a na staničnoj razini. Smatra se da dolazi do povećane sinteze kolagena uslijed pojačane proliferacije fibroblasta. Do stanične proliferacije i cijeljenja rane dolazi uslijed povećanja razine tenocita, pojačanog otpuštanja ATP-a i smanjenja ekstra celularne aktivacije kinaze, jačanja osteogeneze, te remodelacije tetiva posredovanog djelovanjem interleukina (IL) 6 i IL-8. Smanjenje bola objašnjava se „gate control“ teorijom (podraživanjem aferentnih osjetnih vlakana perifernih živaca mehaničkim stimulusom zatvaraju se vrata za nociceptivni bolni signal), modificiranjem otpuštanja supstance P, te smanjenjem CGRP-a (engl. calcitonin gene-related peptide). Poticanje neovaskularizacije objašnjava se indukcijom TGFβ1 (engl. transforming growth factor β1) i faktora rasta sličnog inzulinu 1. Također je zabilježen utjecaj na smanjenje kalcifikata mekih tkiva i smanjenje upale.<sup>9,10,11</sup> Pretpostavljeni mehanizmi djelovanja na razini tetiva su: smanjenje edema i infiltracije upalnih stanica, regeneracija tkiva konverzijom mehaničkog stimulusa u biokemijski signal, stimulacija tenocita i proliferacija kolagena povećanjem proizvodnje TGFβ1 i faktora rasta sličnog inzulinu 1, proliferacija protuupalnih citokina, povećana proliferacija i migracija tenocita, smanjena ekspresija metaloproteinaza, smanjena

razina upalnih IL.<sup>10,12</sup> Na razini kosti djelovanje se objašnjava poboljšanjem angiogeneze i neovaskularizacije kosti, osteogenezom i remodelacijom kosti uslijed otpuštanja faktora rasta (koštani morfogenetski protein 2, vaskularni endotelni faktor rasta) i promocijom periostalnog stvaranja kosti (smanjena je aktivnost osteoklasta, a povećana aktivnost osteoblasta).<sup>13</sup> Na razini zgloba (koljena) se radi o smanjenju upale i edema, poboljšanja arhitekture subhondralne kosti i povećanja aktivnosti hondrocita.<sup>14</sup> Djelovanje na spasticitet objašnjava se učinkom na razini mišića i neuromuskularne spojnice smanjenjem rigidnosti vezivnog tkiva i stimulacijom sinteze dušikovog oksida (formiranje neuromuskularne spojnice i neovaskularizacija).<sup>15</sup> Istraživanja na životinjama pokazala su da ESWT može povećati koštano-cementnu površinu, pojačati osteogeni odgovor i poboljšati zarastanje prijeloma.<sup>16</sup> Valchanova je još 1991. godine pokazao povoljan utjecaj ESWT-a za nesrasle prijelome.<sup>17</sup> Prva izvješća o uspješnom liječenju bolesnika sa zakašnjelim koštanim cijeljenjem ili nesraslim prijelomima objavljena su 1991. g., te su pokazala da je primjenom ESWT-a došlo do poticanja cijeljenja prijeloma u 85% slučajeva.<sup>2</sup> Wang i sur. pokazali su da udarni valovi uzrokuju značajnu neovaskularizaciju u tretiranome tkivu, a bez provociranja pogoršanja stanja. Cijeljenje kosti stimulirano je regulacijom ekspresije različitih pro-angiogenih i pro-osteogenih čimbenika rasta, te je utvrđeno da dolazi do porasta neovaskularnih, angiogenih i osteogenih biljega rasta poput vaskularnog endotelnog faktora rasta (VEGF), endotelne dušik oksid sintaze (eNOS), jezgrin antigen proliferirajućih stanica (PCNA), te koštanog morfogenetskog proteina 2 (BMP 2).<sup>18,19</sup>

#### *Indikacije za primjenu udarnog vala*

Primjena ESWT-a je do sada najviše istražena u liječenju kroničnih tendinopatija i plantarnog fascitisa.<sup>2</sup> ESWT je generalno sigurna procedura koju bolesnici dobro toleriraju, a moguće lokalne nuspojave obuhvaćaju bol na mjestu primjene, eritem kože, nastanak hematoma ili površinske otekline, iritacija živaca, dok su od sistemnih moguće glavobolja ili migrena.<sup>2</sup> Ozbiljnije komplikacije su rijetko zabilježene u literaturi, primjerice Costa i sur. prijavili su dva slučaja rupture Ahilove tetive unutar 2 tjedna od primjene ESWT-a kod žena starijih od 60 godina.<sup>20</sup> Za bolove nakon tretmana ne savjetuje se uporaba nesteroidnih protuupalnih lijekova u prvoj fazi zbog mogućeg utjecaja na mehanizme cijeljenja.<sup>9</sup> Općenito, nakon tretmana bolesnicima se preporučuje dozirana fizička aktivnost, ovisno o tome koja

patologija i područje je bilo tretirano, upravo zbog rizika rupture tetiva.<sup>2</sup> Kontraindikacije za primjenu ESWT-a prema International Society for Medical Shockwave Therapy (ISMST) mogu se podijeliti na apsolutne – aktivna infekcija, maligni tumor (fokusirani ESWT), trudnoća; relativne – fokus terapije moždano tkivo ili živci, plućno tkivo ili pleura, epifizealna ploča rasta, značajna koagulopatija. Čimbenici na koje je potrebno posebno obratiti pozornost su prisutnost pacemakera ili drugih implantata, aktualna terapija nesteroidnim protuupalnim lijekovima, uporaba antikoagulansa, nedavne injekcije glukokortikoida.<sup>11</sup>

### *Lateralni epikondilitis*

Lateralni epikondilitis je bolni sindrom koji se javlja u području lakta, a nastaje kao posljedica uzastopnih mikrotrauma uslijed ponavljanih kretnji. U općoj populaciji incidencija mu iznosi 1-3%, a u profesionalnih tenisača čak 5-10%, zbog čega se još naziva i teniskim laktom. Osim u sportaša, često se može susresti kao profesionalna bolest zidara, postolara, kuhara, kirurga i stomatologa.<sup>21</sup> Glavni simptomi su smanjena snaga stiska šake i snaga podlaktice, te bolovi u području lakta, koji su najintenzivniji prilikom palpacije lateralnog epikondila. Lateralni epikondilitis predstavlja izazov u liječenju, jer su recidivi česti, a liječenje može trajati i nekoliko mjeseci (prosjek trajanja tipične epizode je 6-24 mjeseca).<sup>22</sup> Liječenje je važno započeti što ranije. Konzervativno liječenje obuhvaća mirovanje i poštedu od radnih i sportskih aktivnosti, uz primjenu oralnih nesteroidnih protuupalnih lijekova. Nakon što se postigne osnovni cilj - kontrola bola, kreće se s vježbama za jačanje miškulature i povećanje opsega pokreta. ESWT se kod lateralnog epikondilitisa koristi primarno zbog svog analgetskog učinka. Prema metaanalizi Yao i sur. (13 radova i 1035 bolesnika, od čega je 501 bolesnik podvrgnut ESWT-u, a 534 drugim metodama), ESWT je učinkovito ublažio bol i smanjio funkcionalno oštećenje, te djelovao povoljno na snagu stiska šake, uz ukupno bolji sigurnosni profil u odnosu na druge metode poput lokalne infiltracije glukokortikoida.<sup>23</sup> Devrimsel i sur. usporedili su učinak terapije laserom i ESWT-om u bolesnika s lateralnim epikondilitisom. Iako su se obje metode pokazale učinkovitima, ESWT je bio učinkovitiji u smanjenju bola i poboljšanju funkcije.<sup>24</sup> Također, Turgay i sur. usporedili su učinak fokusiranog ESWT-a s laserom male izlazne snage (engl. low level laser therapy, LLLT), te pokazali da je, iako su oba načina liječenja bila učinkovita, ESWT bio učinkovitiji u ublažavanju bola i funkcionalnom

oporavku.<sup>25</sup> Vulpiani i sur. pokazali su da je ESWT bio učinkovitiji od krioultrazvuka, uz bolje kliničke rezultate nakon 6 i 12 mjeseci praćenja.<sup>26</sup> Ozturan i sur. procijenili su kratkoročne, srednjoročne i dugoročne učinke lokalne infiltracije kortikosteroida, autologne krvi i terapiju fokusiranim ESWT-om u liječenju lateralnog epikondilitisa. I dok je kortikosteroidna terapija imala bolje učinke četiri tjedna nakon terapije, autologna injekcija krvi i terapija fokusiranim ESWT-om dale su bolje dugoročne rezultate, posebno uzimajući u obzir visoku stopu recidiva kod primjene lokalne infiltracije glukokortikoida. Nakon 52 tjedna uspješnost glukokortikoidne infiltracije je bila 50%, dok je učinkovitost ESWT-a bila 89%.<sup>27</sup> Međutim, postoje istraživanja koja nisu izvijestila o dobrom učinku fokusiranog ESWT-a ili je taj učinak bio manji i usporediv s placebom. Primjerice, Guler i sur. provedli su randomizirano, placebom kontrolirano, dvostruko slijepo, prospektivno istraživanje na 40 bolesnika, od kojih je 20 primilo ESWT, a 20 placebo ESWT, te nisu utvrdili postojanje razlike u snazi stiska šake između skupina nakon primijenjene terapije.<sup>28</sup> Lee i sur. su kod 22 bolesnika s novodijagnosticiranim lateralni ili medijalni epikondilitisom usporedili učinak ESWT-a (12 bolesnika) i infiltracije glukokortikoida (10 bolesnika). Utvrdili su da ESWT nije bio učinkovitiji u odnosu na infiltraciju glukokortikoida neposredno nakon terapije, niti nakon vremena praćenja od 8 tjedana.<sup>29</sup>

### *Plantarni fascitis*

Plantarni fascitis karakterizira bol na prednjem dijelu pete koja nastaje zbog natezanja plantarne fascije, što se često javlja kod osoba sa spuštenim stopalima ili kod prevelikog mehaničkog opterećenja. Češće se javlja u sportaša, osobito trkača.<sup>21</sup> Konzervativno liječenje provodi se ortopedskim ulošcima, lokalnom infiltracijom anestetika s glukokortikoidom, te različitim modalitetima fizikalne terapije. Kod otprilike 10-20% bolesnika s plantarnim fascitisom konzervativnim se liječenjem ne postižu zadovoljavajući rezultati.<sup>30</sup> ESWT se u liječenju plantarnog fascitisa zbog neinvazivnosti i praktičnosti primjene počeo koristiti kao alternativna opcija liječenja, kako bi se odgodio operativni zahvat. U meta-analizi Al-Siyabi i sur. (7 istraživanja s ukupno 369 bolesnika) je uspoređen učinak ESWT-a i terapije ultrazvukom u bolesnika s plantarnim fascitisom. Rezultati ukazuju na to da je ESWT superiorna opcija u liječenju bolesnika s plantarnim fascitisom, zbog toga što smanjuje intenzitet bola tijekom aktivnosti.<sup>31</sup> Meta-analiza Suna i sur. je

također pokazala bolju učinkovitost fokusiranog ESWT-a.<sup>32</sup> Malliaropoulos i sur. proveli su istraživanje individualiziranog protokola radijalnog ESWT-a, te procjene stope uspješnosti i stope recidiva tijekom razdoblja od jedne godine nakon liječenja. Bol se procjenjivala pomoću vizualne analogne skale (VAS) nakon 1-mjesečnog, 3-mjesečnog i 1-godišnjeg praćenja. Stope uspjeha procijenjene su kao postotak bolesnika koji imaju više od 60% smanjenja VAS bola na svakom praćenju. Stope uspjeha procijenjene su na 19% (1 mjesec), 70% (3 mjeseca) i 98% (1 godina). Jednogodišnja stopa recidiva bila je 8%. Autori su zaključili da individualizirani radijalni ESWT protokol predstavlja prikladan tretman plantarnog fasciitisa.<sup>33</sup> Li i sur. proveli su meta-analizu kojoj je cilj bio procijeniti učinak osam različitih terapija plantarnoga fascitisa - nesteroidnih protuupalnih lijekova, lokalne infiltracije glukokortikoide, autologne pune krvi, plazme bogate trombocitima, fokusiranog ESWT-a, ultrazvučne terapije, botulinum toksina A i tzv. „dry needlinga“. Procijenili su učinak na smanjenje bola prema VAS skali u četiri vremenske točke nakon terapije (1, 2, 4 i 6 mjeseci nakon terapije), te utvrdili da je ESWT imao najbolju ukupnu učinkovitost od svih oblika terapije.<sup>34</sup> Pozitivne rezultate dobili su i Dizon i sur. u svojoj meta-analizi, gdje je pokazana učinkovitost fokusiranog ESWT-a umjerenog i visokog intenziteta u vidu smanjenja bola i poboljšanja funkcije.<sup>35</sup> Okur i sur. su proveli prospektivno randomizirano kontrolirano istraživanje u kojem su usporedili učinak ESWT-a s individualnim ortopedskim ulošcima za stopala u liječenju plantarnog fascitisa, te zaključili da su oba modaliteta liječenja jednako kratkoročno i srednjeročno učinkovita u smanjenju bolova, poboljšanju funkcije i očuvanja zdravlja stopala.<sup>36</sup>

#### *Kalcificirajući tendinitis rotatorne manšete*

Kalcificirajući tendinitis rotatorne manšete (engl. rotator cuff calcific tendinitis, RCCT) je poremećaj koji se očituje nakupljanjem kalcijeva hidroksiapatita u području hvatišta tetiva za kost uz spontanu resorpciju kalcifikata i cijeljenje tetive. Ovo stanje se češće javlja u žena i u dijabetičara. Depozit kalcija je najčešće lokaliziran unutar tetive mišića supraspinatusa i nije u dodiru s kosti. Glavni simptomi su bol u ramenu za vrijeme formiranja kalcifikata, zbog čega posljedično dolazi do smanjene pokretljivosti ramena.<sup>21</sup> ESWT izaziva hiperemiju tkiva i neoangiogenezu, te utječe na smanjenje veličine i razgradnju kalcifikata.<sup>7</sup> Li i sur. proveli su placebo kontrolirano istraživanje u kojem su na 84 bolesnika s RCCT ispitali učinak ESWT-a, te utvrdili

da ESWT može smanjiti intenzitet bola u ramenu i poboljšati funkciju ramena.<sup>37</sup> Fatima i sur. su također pokazali da je ESWT doveo do smanjenja bola, poboljšanja funkcionalnosti i kvalitete života ispitanika, te smanjenja veličine kalcificiranih naslaga.<sup>38</sup> Carlisi i sur. ispitali su učinak fokusiranog ESWT-a i ekscentričnih vježbi u terapiji RCCT-a. Utvrdili su da je fokusirani ESWT učinkovit u smanjenju bola u ramenu i poboljšanju funkcije bolesnika, te da dodavanje ekscentričnih vježbi ne pridonosi povoljnim učincima ESWT-a.<sup>39</sup> Frassanito i sur. su u svom istraživanju koristili ESWT u kombinaciji s kinesiotapingom (KT), te su zaključili da primjena KT, uz ESWT, ubrzava oporavak ispitanika u odnosu na primjenu samo ESWT-a.<sup>40</sup> Lee i sur. usporedili su učinak ESWT-a sintraartikularnom infiltracijom glukokortikoida pod kontrolom ultrazvuka. Utvrdili su da je ESWT siguran i učinkovit za liječenje tendinitisa ramena, a da intraartikularna aplikacija glukokortikoida nije učinkovitija od samog ESWT-a. S obzirom na potencijalne komplikacije i nuspojave koje nosi intraartikularna aplikacija glukokortikoida, ESWT se smatra boljom i sigurnijom terapijom.<sup>41</sup> Malliaropoulos i sur. proveli su retrospektivnu kohortnu analizu na 67 bolesnika (79 ramena) s RCCT-om o učinku radijalnog ESWT-a. Rezultati su pokazali visoke stope uspjeha i niske stope recidiva godinu dana nakon primjene ESWT terapije.<sup>42</sup> Abo Al-Khair i sur. usporedili su učinak fokusiranog, radijalnog ESWT-a, te kombinirane terapije ESWT-om. Bolesnici su podijeljeni u tri skupine, obzirom na primljenu terapiju: fESWT, rESWT ili kombinirani ESWT. U svim skupinama došlo je do značajnog smanjenja veličine kalcifikata, bola u ramenu i poboljšanja aktivnog opsega pokreta tjedan dana nakon završetka liječenja i nakon tri mjeseca praćenja, s time da je najbolje rezultate imala kombinirana fokusirana i radijalna ESWT terapija.<sup>43</sup> Avancini-Dobrović i sur. usporedili su učinkovitost radijalnog i fokusiranog ESWT-a na 60 bolesnika s RCCT-om, podijeljenih u dvije skupine od po 30 ispitanika. Svaki bolesnik primio je 3 do 5 tretmana u razmaku od barem tjedan dana. Terapija je dovela do vrlo dobre i brze regresije bola kod obje vrste ESWT-a, no valja naglasiti da je kod fokusiranog bila izraženija supresija bola i nakon 6 mjeseci. Nakon tretmana nisu bile zabilježene nepoželjne komplikacije niti nuspojave. Zbog smanjenja bola došlo je do povećanja opsega pokreta i poboljšanja funkcije ramenoga obruča. Radiološkom obradom nakon 6 mjeseci dokazano je značajno smanjenje veličine kalcifikata ramena nakon obje vrste terapije. Kod jednog dijela bolesnika liječenih fokusiranim ESWT-om došlo je do potpune regresije kalcifikata.

Također, prednost fokusiranoga ESWT-a nad radijalnim očitovala se i u smanjenju gustoće kalcifikata, dok je kod primjene radijalnog ESWT-a došlo do povećanja gustoće. Zaključno, autori su utvrdili da je u liječenju RCCT-a dokazana učinkovitost obiju vrsta ESWT-a sa statistički značajno boljim rezultatima fokusiranog ESWT-a.<sup>44</sup>

#### *Ahilova tendinopatija i skakačko koljeno*

Ahilova tendinopatija kliničko je stanje koje karakterizira bol i oteklina u Ahilovoj tetivi i oko nje, a često se javlja kod sportaša, te osoba srednje životne dobi s prekomjernom tjelesnom težinom. U posljednja tri desetljeća učestalost Ahilove tendinopatije porasla je kao rezultat većeg sudjelovanja u rekreativnom i natjecateljskom sportu.<sup>45</sup> "Skakačko koljeno", koje se naziva i patelarna tendinopatija, bolno je stanje koljena uglavnom vezano uz prekomjernu aktivnost, te se obično javlja u sportskim aktivnostima koje zahtijevaju učestale skokove poput košarke, odbojke, skoka u vis i u dalj, te trčanja i skijanja. Razdori su obično uzrokovani učestalim naprezanjem na tetivi kvadricepsa ili patelarnom ligamentu.<sup>46</sup> Istraživanja su pokazala da ESWT potiče neovaskularizaciju, diferencijaciju mezenhimalnih matičnih stanica i lokalno oslobađanje angiogenih faktora rasta u kostima i tetivama. Neovaskularizacija može igrati ulogu u poboljšanju krvne opskrbe i cijeljenju tetiva. Pretpostavlja se da udarni valovi ublažavaju bol u tendinopatiji mehanizmom hiperstimulacijske analgezije. ESWT smanjuje ekspresiju visoke razine upalnih medijatora, te stoga ESWT proizvodi regenerativni učinak i učinak obnavljanja tkiva u mišićnokoštanom tkivu.<sup>47</sup> Prema pregledu literature Gerdesmeyera i sur. pokazana je učinkovitost ESWT-a u kroničnoj Ahilovoj tendinopatiji. Randomizirana, placebom kontrolirana ispitivanja potvrdila su izvrsne rezultate u pogledu funkcije i bola, te se smatra da je terapija ESWT-om najučinkovitija terapijska opcija kod kronične Ahilove tendinopatije.<sup>48</sup> Feeney i sur. su u svom pregledu literature došli do sličnih zaključaka o ESWT-u kao sigurnom i učinkovitom načinu liječenja Ahilove tendinopatije. ESWT se pokazao djelotvornim u smanjenju bola i poboljšanju funkcije kod osoba s tendinopatijom Ahilove tetive, a ukazao je i na to da kombinacija ESWT-a s ekscentričnim vježbama i vježbama istezanja može biti čak i učinkovitija od samog ESWT-a.<sup>49</sup> U svojoj meta-analizi Fan i sur. pokazali su da ESWT može dovesti do smanjenja bola i boljeg funkcionalnog ishoda za bolesnike s Ahilovom tendinopatijom od drugih nekirurških tretmana.<sup>50</sup> Leal i sur. su pregledom literature utvrdili

pozitivne učinke ESWT-a i kod patelarne tendinopatije. Prema njihovim saznanjima liječenje udarnim valom za kronične tendinopatije patele koje nisu reagirale na konzervativne mjere i fizikalnu terapiju, je učinkovit i siguran postupak. Također smatraju da se ESWT mora promatrati kao dio protokola liječenja, a ne kao izolirani tretman, te da se najbolji rezultati dobivaju kada se ESWT koristi u kombinaciji s ekscentričnim vježbama i standardiziranim protokolima fizikalne terapije.<sup>51</sup> Wheeler je proveo istraživanje gdje je za patelarnu tendinopatiju koristio radijalni ESWT, te je učinak ove terapije usporedio s autolognim injekcijama krvi. U konačnici, ova prospektivna kohortna studija pokazala je poboljšanje u bolesnika s kroničnom tendinopatijom patele nakon liječenja autolognim injekcijama krvi i radijalnim ESWT-om, u smislu smanjenja bola i poboljšanja funkcije, u vremenu praćenja od šest tjedana i tri mjeseca po primjeni terapije.<sup>52</sup> Mani-Babu i sur. proveli su meta-analizu koja je sveukupno obuhvatila 13 studija. Utvrdili su da je ESWT učinkovitiji od alternativnih neoperativnih tretmana, uključujući nesteroidne protuupalne lijekove, fizikalnu terapiju i program vježbanja, te da je dugoročno jednako učinkovit poput operativnog zahvata tenotomije patele za patelarnu tendinopatiju. Također, utvrdili su da je ESWT učinkovitiji od terapije ekscentričnim vježbama za Ahilovu tendinopatiju, te da postoje umjereni dokazi da kombinacija ESWT-a i ekscentričnog opterećenja kod Ahilove tendinopatije može proizvesti bolje rezultate nego samo ekscentrično opterećenje. Terapija ESWT-om učinkovita je intervencija i treba je razmotriti za patelarnu i Ahilovu tendinopatiju, posebno kod neuspjeha drugih neoperativni tretmana.<sup>53</sup>

#### *Spasticitet*

Spastičnost se odnosi na abnormalni porast tonusa mišića uzrokovan ozljedom gornjeg motoneurona.<sup>54</sup> Česta je posljedica moždanog udara, ozljeda kralježnične moždine, cerebralne paralize i multiple skleroze. Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije iz 2019. godine, moždani udar bio je drugi najčešći uzrok smrti u svih ljudi u svijetu.<sup>55</sup> Trenutno postoji više načina liječenja spastičnosti nakon moždanog udara, a neke od metoda su fizikalna terapija, farmakološka terapija antispazmoliticima i kemijska blokada živaca, te uporaba botulinum toksina.<sup>56</sup> Napretkom ESWT tehnologije uvidjela se mogućnost primjene i u području neurološke rehabilitacije. Tako su Taheri i sur. proveli istraživanje s ciljem procjene učinka fokusiranog ESWT-a na spastičnost u bolesnika nakon



preboljelog moždanog udara. Ispitanike su podijelili u dvije skupine, obje su primile peroralne antispazmolitike i vježbe istezanja, dok je ispitivana skupina primila i jedan fokusirani ESWT tretman tjedno kroz razdoblje od tri tjedna. Nakon jednog, tri i dvanaest tjedana, rezultati su uspoređeni temeljem Modificirane Ashworthove ljestvice (MAS), rezultata klonusa, pasivnog opsega pokreta (engl. range of motion, ROM) zgloba, razine bola, mjerenja hodne pruge od 3 m i funkcionalnog rezultata donjih ekstremiteta (LEFS). Nakon jedne sesije ESWT tretmana, MAS, bol, ROM i LEFS značajno su se poboljšali u usporedbi s početnim vrijednostima. Nakon tri tjedna ESWT tretmana, MAS, bol i hodna pruga od 3 m značajno su se poboljšali u usporedbi s prvim tjednom. U 12. tjednu MAS, bol, ROM, hodna pruga od 3 m i LEFS značajno su se poboljšali u usporedbi s kontrolnom skupinom. Autori su zaključili kako bi fokusirani ESWT mogao biti izuzetno koristan dodatni modalitet liječenja u kombinaciji s oralnim antispazmoliticima i vježbama istezanja za poboljšanje spastičnosti kod bolesnika nakon preboljelog moždanog udara.<sup>57</sup> Hsu i sur. proveli su meta-analizu koja je istraživala učinkovitost *botulinum toxin* injekcija (BoNT) u odnosu na ESWT u liječenju spastičnosti nakon moždanog udara, koristeći dokaze iz randomiziranih kliničkih studija. Rezultati su pokazali da su BoNT injekcije, fokusirani ESWT i radijalni ESWT bili učinkoviti u ublažavanju spasticiteta tijekom najmanje 12 tjedana u usporedbi s kontrolnim tretmanima. Radijalni ESWT je vjerojatno imao najbolji antispastični učinak među ispitivanim tretmanima.<sup>58</sup> Prema meta-analizi Jia i sur., fokusirani ESWT je pokazao dugoročne učinke na ublažavanje spastičnosti, istodobno smanjujući bol, poboljšanje ROM-a i motoričke funkcije kod bolesnika nakon preboljelog moždanog udara.<sup>59</sup> Brojni noviji podaci iz literature također potvrđuju korisnost ESWT-a u terapiji spasticiteta.<sup>60-62</sup> Opara i sur. stoga su u siječnju 2021. godine učinili pregled literature koji je obuhvatio razdoblje od siječnja 2000. godine do prosinca 2020. godine i uključio ukupno 22 istraživanja, odnosno 468 bolesnika nakon preboljelog moždanog udara. Pokazali su da fokusirani ESWT učinkovito snižava tonus mišića kod ljudi sa spastičnim udom kao posljedicom moždanog udara. Nadalje, pokazali su kako je ESWT siguran i bez neželjenih nuspojava. Mehanizam djelovanja ESWT-a na mišiće zahvaćene spastičnošću još uvijek nije poznat. Do danas nisu utvrđeni standardni parametri ESWT-a u spastičnosti nakon moždanog udara s obzirom na intenzitet, učestalost, mjesto i broj potrebnih sesija. Potrebna su daljnja istraživanja koja udovoljavaju najvišim

standardima, kako bi se uspostavili ujednačeni parametri stimulacije mišića pomoću ESWT-a.<sup>63</sup>

#### *Ostale indikacije i recentna istraživanja*

Posljednjih godina, temeljem pozitivnih učinaka kod prethodno navedenih indikacija, ESWT se počinje sve više primjenjivati i kod različitih drugih mišićno-koštanih patologija. Primjerice, poremećeno posttraumatsko cijeljenje kosti je komplikacija prijeloma, a standardno liječenje je kirurška revizija. Hempe i sur. proveli su pregled literature, te su pronašli ukupno 97 bolesnika s ovim stanjem kod kojih je primijenjen ESWT. Došli su do zaključka da je ESWT obećavajuća alternativa za liječenje poremećenog cijeljenja kosti, ali kako su potrebna daljnja istraživanja kako bi se identificirali čimbenici rizika lošeg ishoda, te povećala stopa uspješnosti primjene.<sup>64</sup> Yue i sur. proveli su meta-analizu (10 randomiziranih kliničkih studija s ukupno 455 bolesnika) čiji je cilj bio procijeniti učinkovitost i sigurnost ESWT-a za liječenje kronične križobolje (engl. chronic low back pain, CLBP). Utvrdili su da uporaba ESWT-a u bolesnika s CLBP-om rezultira značajnim i mjerljivim smanjenjem bola i onesposobljenosti u kratkom roku.<sup>65</sup> Sun i sur. proveli su istraživanje gdje su usporedili učinkovitost i sigurnost ESWT-a niskog intenziteta naspram srednjeg intenziteta u ispitanika s CLBP. Utvrdili su da je tretman ESWT-om niskog intenziteta s više sesija bio učinkovitiji u ublažavanju bola i kratkoročnom poboljšanju onesposobljenosti, od tretmana srednjeg intenziteta s manje sesija, pod istom ukupnom dozom energije.<sup>66</sup> Zhang i sur. uradili su pregled literature kako bi procijenili potencijal ESWT-a kao dodatne terapije za smrznuto rame. ESWT se pokazao kao učinkovita metoda u pogledu smanjenja bola i povećavanja funkcije ramena, te su sugerirali da bi se ESWT mogao koristiti kao dodatna terapija, uz rutinske tretmane, iako je kvaliteta uključenih kliničkih studija bila ometena značajnom heterogenošću u pogledu dugotrajne analgezije i opsega pokreta zglobova.<sup>67</sup> Zhao i sur. proveli su istraživanje o procjeni učinkovitosti ESWT-a u 70 bolesnika s osteoartritisom (OA) koljena tijekom 12 tjedana, u usporedbi s placebo. ESWT se pokazao učinkovitim u smanjenju bola i poboljšanja funkcije koljena, no preporučuje se provesti dodatna istraživanja kako bi se utvrdilo u kojoj fazi OA je primjena ESWT-a najpogodnija i treba li ga koristiti samostalno ili kao dodatan modalitet uz konvencionalnu terapiju.<sup>68</sup> Prema meta-analizi Liaoa i sur. o primjeni ESWT-a kod osteoartritisa koljena, ESWT se pokazao učinkovitim u kombinaciji s fizikalnom terapijom i tradicionalnom kineskom

medicinom u smislu smanjenja bola, povećavanja funkcije, te smanjenja upale.<sup>69</sup> Forogh i sur. su pak u svom pregledu literature istražili učinke ESWT-a kod sindroma trkačke potkoljenice, tzv. shin splints, odnosno medijalnog tibijalnog stres sindroma (engl. medial tibial stress syndrome, MTSS). Na temelju ograničenog broja dostupnih istraživanja, pokazalo se da ESWT može smanjiti bol, skratiti trajanje oporavka, te povećati zadovoljstvo bolesnika MTSS-om. Nijedno istraživanje nije zabilježilo štetne učinke ESWT-a.<sup>70</sup> Dogru i sur. istražili su, pak, učinak radijalnog ESWT-a na liječenje škljocavog prsta (engl. trigger finger), te utvrdili da je radijalni ESWT učinkovita metoda za smanjenje bola i poboljšanje opsega pokreta i snage stiska šake kod ovih bolesnika. No, s obzirom na to da se radilo o manjoj kohorti od 18 bolesnika, potrebna su dodatna randomizirana, kontrolirana ispitivanja, kako bi se dobilo više dokaza o učinkovitosti ESWT-a za ovu indikaciju.<sup>71</sup> Ramon i sur. proveli su randomiziranu kliničku studiju o učinku fokusiranog ESWT-a u 103 bolesnika sa sindromom bolnog trohantera (engl. greater trochanteric pain syndrome, GTPS). Fokusirani ESWT se u kombinaciji sa specifičnim programom vježbanja pokazao sigurnim i učinkovitim za liječenje GTPS-a, sa stopom uspješnosti od 86,8% dva mjeseca nakon provedenoga tretmana.<sup>72</sup> Carlisi i sur. su u svom istraživanju usporedili učinak fokusiranog ESWT-a s terapijom ultrazvukom, te su njihovi rezultati također podržali tezu da je fokusirani ESWT učinkovit u smanjenju bola, te dovodi do poboljšanja funkcije donjeg ekstremiteta, s tim da se nije pokazao superiorniji terapiji ultrazvukom.<sup>73</sup> Paoletta i sur. ispitali su učinke ESWT-a na sindrom miofascijalne boli (engl. miofascial pain syndrome, MPS) i fibromialgiju (FM), dva podcijenjena bolna mišićno-koštana stanja koja mogu izuzetno utjecati na funkciju i kvalitetu života. Uključeno je 19 kliničkih studija, od kojih je u njih 12 korišten radijalni ESWT, a u sedam fokusirani ESWT za MPS. Utvrdili su povoljan učinak ESWT-a na poboljšanje kliničkog i funkcionalnog ishoda kod osoba s MPS-om, dok za FM nisu pronađeni dokazi. Autori su predložili da je mogući mehanizam djelovanja ESWT-a preko modulacije bioloških mehanizama bola, upale i angiogeneze u bolesnika s MPS-om.<sup>74</sup>

### Zaključak

Brojna istraživanja potvrdila su povoljno djelovanje ESWT-a u liječenju različite mišićno-koštane patologije. Kao glavni učinak izdvaja se smanjenje bola, te poboljšanje funkcije zahvaćenog dijela tijela. Prednost ESWT-a je to što se radi o neinvazivnoj metodi liječenja koja omogućuje brz

oporavak i povratak aktivnostima svakodnevnog života, uz malu stopu komplikacija. Primjena ESWT-a je danas već ustaljena za određene indikacije poput tendinopatija, epikondilitisa i plantarnog fascitisa, no zahvaljujući znanstvenom napretku i provedenim istraživanjima, ESWT se sve više primjenjuje i kod drugih stanja poput kalcificirajućeg tendinitisa ramena, te čak i spasticiteta kod bolesnika nakon moždanoga udara. Novija istraživanja sugeriraju pozitivne učinke ESWT-a i kod poremećenog cijeljenja kosti, kronične križobolje, smrznutog ramena, osteoartritisa koljena, sindroma trkačke potkoljenice, škljocavog prsta, sindroma bolnoga trohantera, te kod sindroma miofascijalne boli. Potrebno je, međutim, provesti dodatna istraživanja kako bi se utvrdila stvarna vrijednost i mjesto ESWT-a u liječenju navedenih bolesti.

### Literatura

1. Delius, M. Medical applications and bioeffects of extracorporeal shock waves. *Shock Waves* 1994;4:55–72.
2. Tenforde AS, Borgstrom HE, DeLuca S. et al. Best practices for extracorporeal shockwave therapy in musculoskeletal medicine: Clinical application and training consideration. *PM R* 2022;14: 611-619.
3. Rompe JD, Kirkpatrick CJ, Küllmer K, Schwitalle M, Krischek O. Dose-related effects of shock waves on rabbit tendo Achillis. A sonographic and histological study. *J Bone Joint Surg Br* 1998 May;80:546-52.
4. Poenaru D, Sandulescu MI, Cinteza D. Biological effects of extracorporeal shockwave therapy in tendons: A systematic review. *Biomed Rep* 2022;18:15.
5. Sturtevant B: Shock wave physics of lithotriptors. In: *Smith's Textbook of Endourology*. Smith A, Badlani GH, Bagley DH et al (eds): St. Louis: Quality Medical Publishing Inc, 1996; 529-552.
6. Brümmer F., Bräuner T, Hülser, D.F. Biological effects of shock waves. *World J Urol* 1990; 8:224–232.
7. Đ. Babić-Naglić i sur. *Fizikalna i rehabilitacijska medicina*. Zagreb: Medicinska naklada, 2013.
8. Zati A, Valent A i sur. *Terapia fisica. Nuove tecnologie in Medicina Riabilitativa*. Edizioni Minerva Medica, 2006.
9. Reilly JM, Bluman E, Tenforde AS. Effect of Shockwave Treatment for Management of Upper and Lower Extremity Musculoskeletal Conditions: A Narrative Review. *PM R* 2018 ;10:1385-1403.
10. Leone L, Vetrano M, Ranieri D et al. Extracorporeal Shock Wave Treatment (ESWT) improves in vitro functional activities of ruptured human tendon-derived tenocytes. *PLoS One*. 2012;7:e49759.
11. ISMST Guidelines: [https://www.shockwavetherapy.org/fileadmin/user\\_upload/ISMST\\_Guidelines.pdf](https://www.shockwavetherapy.org/fileadmin/user_upload/ISMST_Guidelines.pdf)
12. Crevenna R., Mickel M., Schuhfried O. et al. Focused



- Extracorporeal Shockwave Therapy in Physical Medicine and Rehabilitation. *Curr Phys Med Rehabil Rep* 2021;9: 1–10.
13. Furia JP, Rompe JD, Cacchio A, Maffulli N. Shock wave therapy as a treatment of nonunions, avascular necrosis, and delayed healing of stress fractures. *Foot Ankle Clin*. 2010; 15:651-62.
  14. An S, Li J, Xie W, Yin N, Li Y, Hu Y. Extracorporeal shockwave treatment in knee osteoarthritis: therapeutic effects and possible mechanism. *Biosci Rep* 2020 ;40:BSR20200926.
  15. Martínez IM, Sempere-Rubio N, Navarro O, Faubel R. Effectiveness of Shock Wave Therapy as a Treatment for Spasticity: A Systematic Review. *Brain Sci* 2020;11:15.
  16. Haupt G, Haupt A, Ekkernkamp A, Gerety B, Chvapil M. Influence of shock waves on fracture healing. *Urology* 1992;39:529-32.
  17. Valchanou VD, Michailov P. High energy shock waves in the treatment of delayed and nonunion of fractures. *Int Orthop* 1991;15:181-4.
  18. Wang CJ, Wang FS, Yang KD. et al. Shock wave therapy induces neovascularization at the tendon-bone junction. A study in rabbits. *J Orthop Res* 2003;21:984-9.
  19. Wang CJ, Wang FS, Yang KD. Biological effects of extracorporeal shockwave in bone healing: a study in rabbits. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008; 28:879-84.
  20. Costa ML, Shepstone L, Donell ST, Thomas TL. Shock wave therapy for chronic Achilles tendon pain: a randomized placebo-controlled trial. *Clin Orthop Relat Res* 2005;440:199-204.
  21. Pećina M i sur. *Ortopedija*, Zagreb: Naklada Ljevak, 2004.
  22. Murtagh JE. Tennis elbow. *Aust Fam Physician* 1988;17:90-1, 94-5.
  23. Yao G, Chen J, Duan Y, Chen X. Efficacy of Extracorporeal Shock Wave Therapy for Lateral Epicondylitis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biomed Res Int* 2020 ;2020:2064781.
  24. Devrimsel G, Turkyilmaz A, Yildirim M, Ulaşlı A. A Comparison of Laser and Extracorporeal Shock Wave Therapies in Treatment of Lateral Epicondylitis. *Türkiye Fiziksel Tip ve Rehabilitasyon Dergisi* 2014;60:194-198.
  25. Turgay T, Karadeniz PG, Sever GB. Comparison of low level laser therapy and extracorporeal shock wave in treatment of chronic lateral epicondylitis. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2020; 54:591-595.
  26. Vulpiani MC, Nusca SM, Vetrano M. Extracorporeal shock wave therapy vs cryoultrasound therapy in the treatment of chronic lateral epicondylitis. One year follow up study. *Muscles Ligaments Tendons J* 2015;5:167-74.
  27. Ozturan KE, Yucel I, Cakici H, Guven M, Sungur I. Autologous blood and corticosteroid injection and extracorporeal shock wave therapy in the treatment of lateral epicondylitis. *Orthopedics* 2010;3:84-91.
  28. Guler NS, Sargin S, Sahin N. Efficacy of extracorporeal shockwave therapy in patients with lateral epicondylitis: A randomized, placebo-controlled, double-blind clinical trial. *North Clin Istanb* 2018;5:314-318.
  29. Lee SS, Kang S, Park NK. Effectiveness of initial extracorporeal shock wave therapy on the newly diagnosed lateral or medial epicondylitis. *Ann Rehabil Med*. 2012;36:681-7.
  30. Rompe JD, Furia J, Weil L, Maffulli N. Shock wave therapy for chronic plantar fasciopathy. *Br Med Bull* 2007;81-82:183-208.
  31. Al-Siyabi Z, Karam M, Al-Hajri E, Alsaif A, Alazemi M, Aldubaikhi AA. Extracorporeal Shockwave Therapy Versus Ultrasound Therapy for Plantar Fasciitis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus* 2022;14:e20871.
  32. Sun K, Zhou H, Jiang W. Extracorporeal shock wave therapy versus other therapeutic methods for chronic plantar fasciitis. *Foot Ankle Surg* 2020;26:33-38.
  33. Malliaropoulos N, Crate G, Meke M. et al. Success and Recurrence Rate after Radial Extracorporeal Shock Wave Therapy for Plantar Fasciopathy: A Retrospective Study. *Biomed Res Int*. 2016;2016:9415827.
  34. Li H, Lv H, Lin T. Comparison of efficacy of eight treatments for plantar fasciitis: A network meta-analysis. *J Cell Physiol* 2018;234:860-870.
  35. Dizon JN, Gonzalez-Suarez C, Zamora MTG, Gambito ED. Effectiveness of extracorporeal shock wave therapy in chronic plantar fasciitis: a meta-analysis. *Am J Phys Med Rehabil* 2013; 92:606-20.
  36. Çağlar Okur S, Aydın A. Comparison of extracorporeal shock wave therapy with custom foot orthotics in plantar fasciitis treatment: A prospective randomized one-year follow-up study. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2019;19:178-186.
  37. Li W, Zhang SX, Yang Q, Li BL, Meng QG, Guo ZG. Effect of extracorporeal shock-wave therapy for treating patients with chronic rotator cuff tendonitis. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96:e7940.
  38. Fatima A, Ahmad A, Gilani SA, Darain H, Kazmi S, Hanif K. Effects of High-Energy Extracorporeal Shockwave Therapy on Pain, Functional Disability, Quality of Life, and Ultrasonographic Changes in Patients with Calcified Rotator Cuff Tendinopathy. *Biomed Res Int* 2022;2022:1230857.
  39. Carlisi E, Lisi C, Dall'Angelo A. et al. Focused extracorporeal shock wave therapy combined with supervised eccentric training for supraspinatus calcific tendinopathy. *Eur J Phys Rehabil Med* 2018;54:41-47.
  40. Frassanito P, Cavalieri C, Maestri R, Felicetti G. Effectiveness of Extracorporeal Shock Wave Therapy and kinesio taping in calcific tendinopathy of the shoulder: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med* 2018;54:333-340.
  41. Lee HW, Kim JY, Park CW, Haotian B, Lee GW, Noh KC. Comparison of Extracorporeal Shock Wave Therapy and Ultrasound-Guided Shoulder Injection Therapy in Patients with Supraspinatus Tendinitis. *Clin Orthop Surg* 2022;14:585-592.

42. Malliaropoulos N, Thompson D, Meke M. et al. Individualised radial extracorporeal shock wave therapy (rESWT) for symptomatic calcific shoulder tendinopathy: a retrospective clinical study. *BMC Musculoskelet Disord* 2017;18:513.
43. Abo Al-Khair MA, El Khouly RM, Khodair SA, Al Sattar Elsergany MA, Hussein MI, Eldin Mowafy ME. Focused, radial and combined shock wave therapy in treatment of calcific shoulder tendinopathy. *Phys Sportsmed* 2021;49:480-487.
44. Avancini-Dobrović V, Pavlović I, Frlan-Vrgoč Lj, Schnurrer-Luke-Vrbanić T. Klinička primjena ekstrakorporalnog udarnog vala u liječenju kalkificirajućeg tendinitisa ramena: fokusirani vs. radijalni udarni val. *Med Flum* 2012; 48:480-487.
45. Longo UG, Ronga M, Maffulli N. Achilles Tendinopathy. *Sports Med Arthrosc Rev* 2018 ;26:16-30.
46. Santana JA, Mabrouk A, Sherman AL. Jumpers Knee. 2021 Mar 17. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan-. PMID: 30422564.
47. Notarnicola A, Moretti B. The biological effects of extracorporeal shock wave therapy (eswt) on tendon tissue. *Muscles Ligaments Tendons J* 2012;2:33-7.
48. Gerdesmeyer L, Mittermayr R, Fuerst M. et al. Current evidence of extracorporeal shock wave therapy in chronic Achilles tendinopathy. *Int J Surg* 2015;24:154-9.
49. Feeney KM. The Effectiveness of Extracorporeal Shockwave Therapy for Midportion Achilles Tendinopathy: A Systematic Review. *Cureus* 2022;14:e26960.
50. Fan Y, Feng Z, Cao J, Fu W. Efficacy of Extracorporeal Shock Wave Therapy for Achilles Tendinopathy: A Meta-analysis. *Orthop J Sports Med* 2020 ;8:2325967120903430.
51. Leal C, Ramon S, Furia J, Fernandez A, Romero L, Hernandez-Sierra L. Current concepts of shockwave therapy in chronic patellar tendinopathy. *Int J Surg* 2015;24:160-4.
52. Wheeler PC. Novel interventions for recalcitrant patella tendinopathy: Results may favour autologous blood injection (ABI) over radial-extra-corporeal shockwave therapy (r-ESWT) - A prospective cohort study. *J Clin Orthop Trauma* 2022;26:101781.
53. Mani-Babu S, Morrissey D, Waugh C, Screen H, Barton C. The effectiveness of extracorporeal shock wave therapy in lower limb tendinopathy: a systematic review. *Am J Sports Med* 2015;43:752-61.
54. Sheean G. The pathophysiology of spasticity. *Eur J Neurol.* 2002;9 (Suppl 1):3-9; discussion 53-61.
55. WHO.int; Dostupno na: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
56. Francisco GE, McGuire JR. Poststroke spasticity management. *Stroke.* 2012 ;43:3132-6.
57. Taheri P, Vahdatpour B, Mellat M, Ashtari F, Akbari M. Effect of Extracorporeal Shock Wave Therapy on Lower Limb Spasticity in Stroke Patients. *Arch Iran Med* 2017;20:338-343.
58. Hsu PC, Chang KV, Chiu YH, Wu WT, Özçakar L. Comparative Effectiveness of Botulinum Toxin Injections and Extracorporeal Shockwave Therapy for Post-Stroke Spasticity: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *EClinicalMedicine* 2021 ;43:101222.
59. Jia G, Ma J, Wang S et al. Long-term Effects of Extracorporeal Shock Wave Therapy on Poststroke Spasticity: A Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2020 ;29:104591.
60. Cabanas-Valdés R, Calvo-Sanz J, Urrütia G, Serra-Llobet P, Pérez-Bellmunt A, Germán-Romero A. The effectiveness of extracorporeal shock wave therapy to reduce lower limb spasticity in stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *Top Stroke Rehabil* 2020 ;27:137-157.
61. Mihai EE, Dumitru L, Mihai IV, Berteanu M. Long-Term Efficacy of Extracorporeal Shock Wave Therapy on Lower Limb Post-Stroke Spasticity: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Clin Med* 2020;10:86.
62. Xiang J, Wang W, Jiang W, Qian Q. Effects of extracorporeal shock wave therapy on spasticity in post-stroke patients: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Rehabil Med* 2018 ;50:852-859.
63. Opara J, Taradaj J, Walewicz K, Rosińczuk J, Dymarek R. The Current State of Knowledge on the Clinical and Methodological Aspects of Extracorporeal Shock Waves Therapy in the Management of Post-Stroke Spasticity-Overview of 20 Years of Experiences. *J Clin Med* 2021;10:261.
64. Hempe S, Bieler D, Braunegger G. et al. Die extrakorporale Stoßwellentherapie als Therapiealternative bei posttraumatischer verzögerter Knochenheilung. *Unfallchirurgie* 2022. <https://doi.org/10.1007/s00113-022-01225-5>
65. Yue L, Sun MS, Chen H, Mu GZ, Sun HL. Extracorporeal Shockwave Therapy for Treating Chronic Low Back Pain: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Biomed Res Int* 2021;2021:5937250.
66. Sun H, Chen H, Mu G, Fu H, Yue L. Comparison of Different Treatment Regimens of Extracorporeal Shockwave Therapy in Chronic Low-back Pain: A Randomized Controlled Trial. *Pain Physician* 2022;25:E1211-E1218. PMID: 36375191.
67. Zhang R, Wang Z, Liu R, Zhang N, Guo J, Huang Y. Extracorporeal Shockwave Therapy as an Adjunctive Therapy for Frozen Shoulder: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthop J Sports Med* 2022;10:23259671211062222.
68. Zhao Z, Jing R, Shi Z, Zhao B, Ai Q, Xing G. Efficacy of extracorporeal shockwave therapy for knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *J Surg Res* 2013 ;185:661-6.
69. Liao CD, Huang YY, Chen HC, Liou TH, Lin CL, Huang SW. Relative Effect of Extracorporeal Shockwave Therapy Alone or in Combination with Noninjective Treatments on Pain and Physical Function

- in Knee Osteoarthritis: A Network Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Biomedicines* 2022;10:306.
70. Forogh B, Karimzad Y, Babaei-Ghazani A. et al. Effect of extracorporeal shockwave therapy on medial tibial stress syndrome: a systematic review. *Curr Orth Pract* 2022; 33: 384-392.
71. Dogru M, Erduran M, Narin S. The Effect of Radial Extracorporeal Shock Wave Therapy in the Treatment of Trigger Finger. *Cureus* 2020;12:e8385. .
72. Ramon S, Russo S, Santoboni F. et al. Focused Shockwave Treatment for Greater Trochanteric Pain Syndrome: A Multicenter, Randomized, Controlled Clinical Trial. *J Bone Joint Surg Am* 2020;102:1305-1311.
73. Carlisi E, Cecini M, Di Natali G, Manzoni F, Tinelli C, Lisi C. Focused extracorporeal shock wave therapy for greater trochanteric pain syndrome with gluteal tendinopathy: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2019;33:670-680.
74. Paoletta M, Moretti A, Liguori S, Toro G, Gimigliano F, Iolascon G. Efficacy and Effectiveness of Extracorporeal Shockwave Therapy in Patients with Myofascial Pain or Fibromyalgia: A Scoping Review. *Medicina (Kaunas).* 2022;58:1014.

