

Vladka Salapura¹

Perkutani intervencijski posegi na mišično-kostnem sistemu

Percutaneous Interventional Procedures on the Musculoskeletal System

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: perkutana biopsija, perkutana ablacija, ablacija mišično-kostnih sprememb, perkutano zdravljenje kostnih zasevkov

Vloga perkutanih posegov se je v zadnjem desetletju povečala predvsem zaradi tehnološkega razvoja aparatov za slikovni nadzor in sodobne materialne opreme, kar je bistveno prispevalo k varnejšemu, natančnejšemu in učinkovitejšemu izvajanju posegov na mišično-kostnem sistemu. Perkutane diagnostične posege izvajamo predvsem za etiološko opredelitev kostnih ali mehkotivnih patoloških sprememb. Najpomembnejši diagnostični minimalno invazivni poseg je perkutana biopsija kostnih in mehkotivnih struktur, s katero želimo postaviti dokončno diagnozo bolezni. Namen novejših terapevtskih tehnik ablacije je izvajanje paliativnega ali kurativnega zdravljenja kostnih tumorskih ali tumorjem podobnih sprememb. Najpogosteje se srečujemo s paliativnim zdravljenjem kostnih zasevkov. Največkrat gre za zasevke karcinoma prostate, pljuč, ledvic in ščitnice. Vodilni klinični simptom pri teh bolnikih je bolečina, ki je težko obvladljiva in močno vpliva na zmanjšanje kakovosti življenja pri že tako ogroženi skupini bolnikov. Pomemben zaplet je pojav patološkega zloma, kar najpogosteje zasledimo na vretencih hrbtenice ali dolgih kosteh. Perkutane ablacije benignih tumorskih ali tumorjem podobnih sprememb se izvajajo predvsem pri spremembah, ki povzročajo simptomatiko in so klinično pomembne. Standardne metode zdravljenja vključujejo radioterapijo, kirurško zdravljenje in kombinirano medikamentozno terapijo. Novejše tehnike perkutane ablacije tumorskih sprememb na mišično-kostnem sistemu ponujajo dodatno možnost izvajanja manj invazivne terapije ob obstoječih standardnih metodah in pomembno prispevajo k zdravljenju.

ABSTRACT

KEY WORDS: percutaneous biopsy, percutaneous ablation, ablation of musculoskeletal lesions, percutaneous treatment of bone metastases

Extensive technological advancements in imaging scanners and material equipment lead to the more important role of percutaneous procedures on the musculoskeletal system, which became more precise, safer and more efficient during the past decade. The aim of percutaneous diagnostic procedures is to etiologically define skeletal or soft tissue lesions.

¹ Doc. dr. Vladka Salapura, dr. med., Klinični inštitut za radiologijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Zaloška cesta 7, 1000 Ljubljana; salapura@siol.net

The most important percutaneous diagnostic procedure is percutaneous bone or soft tissue biopsy by which we want to delineate the definitive diagnosis of disease. The purpose of recent therapeutic ablation techniques is to perform palliative or curative treatment of bone tumours and tumour-like lesions. Palliative treatment of bone metastases is the most frequently performed procedure. The origin of bone metastases is most often from carcinoma of prostate, lungs, kidneys and thyroid gland. The leading clinical symptom is excruciating pain, which highly affects the quality of life in this particularly vulnerable group of patients. An important complication is the occurrence of a pathological fracture that usually appears on vertebral bodies and long bones. Percutaneous ablation of benign tumours and tumour-like lesions are performed according to their clinical importance. Traditional treatment options are radiotherapy, operative treatment, and combined medicamentous therapy. Current percutaneous ablation methods used in management of tumour lesions of the musculoskeletal system offer an additional opportunity for a less invasive treatment accompanied by standard therapeutic options and present an important contribution to therapy.

UVOD

V zadnjih dveh desetletjih je opazen velik porast perkutanih diagnostičnih in terapevtskih intervencijskih posegov na mišično-kostnem sistemu. Vloga perkutanih posegov se je povečala predvsem z razvojem aparatur za slikovni nadzor in sodobne materialne opreme, kar je bistveno prispevalo k natančnejšemu, varnejšemu in učinkovitejšemu izvajanju posegov na mišično-kostnem sistemu. Perkutane diagnostične posege izvajamo predvsem za etiološko opredelitev kostnih ali mehkotivnih patoloških sprememb, ki jih predhodno nismo uspeli določiti z nobeno izmed radioloških in nuklearno-medicinskih slikovnih diagnostičnih metod. Med najpomembnejši diagnostični minimalno invazivni poseg prištevamo perkutano biopsijo kostnih in mehkotivnih struktur. Z biopsijo želimo postaviti natančno diagnozo in dokončno ugotoviti naravo bolezni ter njen stadij. Namen novejših terapevtskih tehnik ablacije je izvajanje paliativnega ali kurativnega zdravljenja kostnih tumorskih ali tumorjem podobnih sprememb. Najpogosteje se srečujemo s paliativnim zdravljenjem kostnih zasevkov, ki prizadenejo 10–30 % bolnikov z razširjenim rakavim obolenjem (1). Naj-

večkrat gre za zasevke karcinoma prostate, pljuč, ledvic in ščitnice, ki predstavljajo 80 % vseh kostnih zasevkov (1, 2). Vodilni klinični simptom pri teh bolnikih je bolečina, ki je težko obvladljiva in močno vpliva na zmanjšanje kakovosti življenja pri že tako ogroženi skupini bolnikov. Pomemben zaplet je tudi pojav patološkega zloma kar najpogosteje zasledimo na vretencih hrbtenice ali dolgih kosteh. Standardne metode zdravljenja vključujejo radioterapijo, kirurško zdravljenje in kombinirano medikamentozno terapijo (3). Kljub temu pri določenem številu bolnikov ne dosežemo zadovoljivega rezultata ali posameznih vrst terapije ne moremo izvajati. Možnosti radioterapije so lahko izčrpane zaradi že prejetega sevanja na tarčni predel telesa ali ker bolniki niso sposobni za kirurški poseg. Perkutane ablacije benignih tumorskih ali tumorjem podobnih sprememb se izvajajo predvsem pri spremembah, ki povzročajo klinične težave, kot so bolečina, omejitve gibljivosti ali v primeru, da grozi zlom kosti. Vse diagnostične in terapevtske perkutane posege na mišično-kostnem sistemu izvajamo v strogo aseptičnih pogojih. Novejše tehnike perkutane ablacije tumorskih sprememb na mišično-kostnem sistemu

ponujajo dodatno možnost izvajanja manj invazivne terapije ob obstoječih standardnih metodah zdravljenja in pomembno prispevajo k učinkovitejšemu in hitrejšemu zdravljenju.

SLIKOVNO VODENE DIAGNOSTIČNE BIOPSIJE MIŠIČNO-KOSTNEGA SISTEMA

Med osnovne indikacije za perkutano biopsijo mišično-kostnega sistema prištevam odvoz tkivnega vzorca za opredelitev tumorskih sprememb, odvoz materiala za mikrobiološke preiskave pri sumu na vnetno dogajanje in odvoz tkiva pri metaboličnih boleznih kosti (4). Zelo pomembno je, da pred biopsijo izpeljemo vso potrebno slikovno diagnostiko in se za biopsijo odločimo le, če diagnoze na neinvaziven način ne moremo postaviti (5). Z biopsijo želimo pridobiti zadostno količino tkivnega vzorca, ki je primerne kvalitete za mikrobiološko, citološko ali patohistološko preiskavo. Pričakujemo, da nam preiskava poda odločilne podatke o naravi bolezni in njenem stadiju ter da usmerimo nadaljnje zdravljenje (6).

Radiološke metode slikovnega nadzora

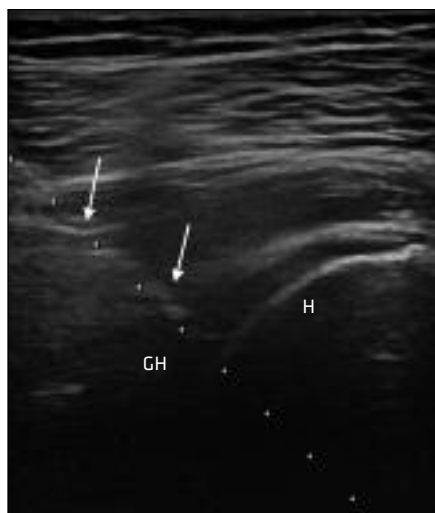
Za izvajanje slikovnega nadzora perkutanih biopsij uporabljamo različne preiskovalne metode, kot so UZ, fluoroskopija, CT ali MRI. Osnovna prednost slikovno vodenih biopsij je dokazano nižja raven zapletov v primerjavi z odprtimi biopsijami (slikovno vodene biopsije imajo 16-krat nižjo raven zapletov) in manjša možnost razsoja malignih celic v okolna tkiva (6, 7).

UZ je metoda izbora za biopsije površinskih mehkotkivnih sprememb, ker omogoča zelo natančen prikaz povrhnjih tkiv in nadzor položaja igle med izvajanjem same biopsije (angl. *real time imaging*) (slika 1). Metoda ni primerna za izvajanje biopsije kosti ali majhnih, globoko ležečih struktur (6).

Fluoroskopija omogoča relativno dober prikaz kostnih struktur, medtem ko je pri-

kaz mehkih tkiv slabši in jo zato uporabljamo za nadzor pri lažje dostopnih kostnih strukturah. Uporaba C-loka nam omogoča prikaz v različnih projekcijah, kar nam omogoča boljši nadzor pri biopsijah vretenc, medtem ko mehkotkivne spremembe lahko punktiramo le, če so zelo velike in ne ležijo v bližini vitalnih struktur (6).

CT omogoča zelo dober prikaz tako kostnih kot mehkotkivnih struktur v poljubnih ravninah (slika 2). Zaradi velike prostorske ločljivosti CT-nadzor večinoma uporabljamo za biopsije kostnih sprememb in globoko ležečih ter majhnih mehkotkivnih sprememb. Posebna različica CT-nadzora je uporaba CT z uporabo stožčastega snopa. Sistem uporablja stožčasto obliko snopa žarkov in ploščate detektorje, kar omogoča tridimenzionalen prikaz predela telesa že z eno polkrožno rotacijo (8, 9). Pomembna stopnja razvoja je sistem, ki združuje CT z uporabo stožčastega snopa in C-loka, kar omogoča samodejno združevanje fluoroskopskih posnetkov z ustrezno projekcijo predhodno



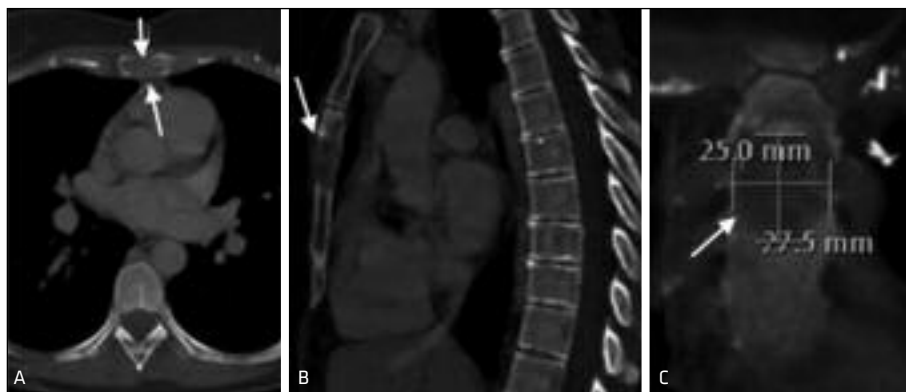
Slika 1. UZ-vodena punkcija glenohumeralnega sklepa. UZ-vodenje omogoča uvajanje punkcijske igle po predhodno označeni poti (točkasta linija) in natančen nadzor igelne poti med samim uvajanjem (beli puščici). H – glavica nadlahtnice, GH – posteriorni glenohumeralni recessus.

opravljenega CT z uporabo stožčastega snopa ali drugimi predhodno opravljenimi preiskavami (klasično CT ali MRI) (10). Sodobna programska oprema sistem še nadgradi z možnostjo optimalnega načrtovanja in nadzorovanja virtualne biopsijske poti, kar pomembno prispeva k natančnosti, tehnični uspešnosti in varnosti izvajanja biopsij (slika 3) (11, 12).

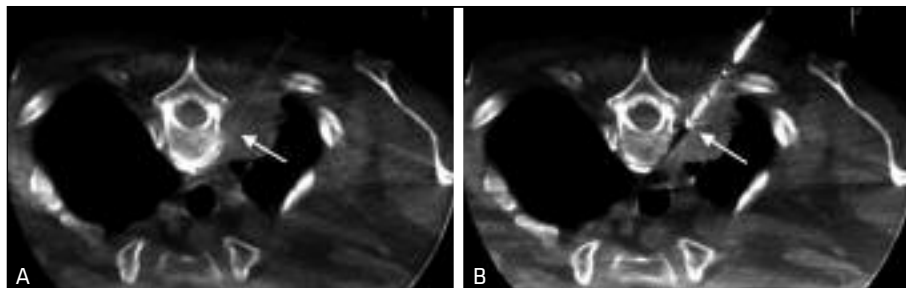
MRI je slikovna metoda, ki ima največjo prostorsko ločljivost in daje najboljši prikaz globokih mehko tkivnih struktur. Kljub temu je njena uporaba za izvajanje biopsij omejena. Preiskava zahteva poseben material, ki je združljiv z uporabo v močnem magnetnem polju, je zamudna in težje dostopna (6).

Tehnika biopsije

V uporabi sta večinoma enoiželna in koaksialna tehnika biopsije. Enoigelne tehnike se poslužujemo pri biopsijah povrhnjih mehkih tkiv (slika 4). Za histološke punkcije uporabljamo igle premera 18–20 gauge (G), medtem ko pri citoloških odvzemih uporabljamo še tanjše igle s premerom 21–22 G. Uporabljamo igle z avtomatskim ali polavtomatskim sproženjem. Pri avtomatskih iglah je sprožilni mehanizem vnaprej pripravljen in ga sprožimo z enostavnim pritiskom na gumb. Koaksialna tehnika uporablja dve igli, od katerih je širša igla vodilna (14–17 G) in ožja biopsijska (18–20 G). Vodilna igla ima svojo zunanjo kanilo in



Slika 2. CT-slika prsnice v treh ravninah – transverzalno (A), sagitalno (B) in koronarno (C). Rekonstrukcija CT-slik pokaže kostno razredčitev v zgornjem delu telesa prsnice (bele puščice). Programska oprema omogoča opredelitev velikosti spremembe (C).

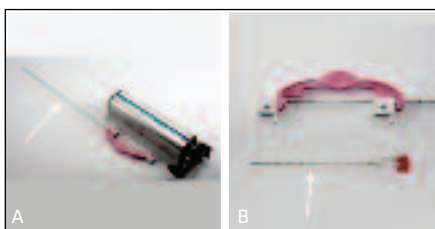


Slika 3. CT z uporabo stožčastega snopa. Siva linija prikazuje načrtano virtualno biopsijsko pot, ki jo poljubno označimo z uporabo programske opreme XperGuide (Allura, Philips) (bela puščica) (A). Uvajanje punkcijske igle po načrtovani poti v področje mehko tkivne mase paravertebralno (bela puščica) poteka pod fluoroskopsko kontrolo (B).

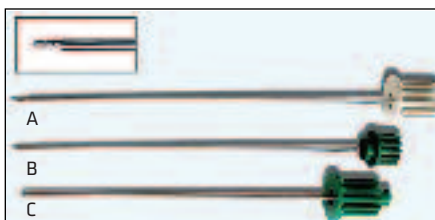
ostro notranje trikotno bodalo, imenovano stileta (slika 5). Skozi zunanjo kanilo lahko biopsijsko iglo uvedemo večkrat, zato skozi isto punkcijsko mesto lahko odvezemo več vzorcev. V primeru dostopa skozi kostnino moramo uporabiti še kladivce, ki omogoča lažjo uvedbo vodilne igle. Pri zelo



Slika 4. Polavtomatska biopsijska igla Shuttle (Vigeo Healthcare Solutions, S. Biago, Italija). Enoigelna tehnika za punkcijo povrhnjih mehkotkivnih struktur se izvede s sprožitvijo bata, ki ga predhodno ročno napnemo, kar sprosti ostro igelno konico za odvzem tkiva.



Slika 5. Koaksialna biopsijska tehnika. Avtomatska biopsijska igla Pro-mag Ultra Angiotech Device (PBN Medicals, Danska) (dolga bela puščica) s sprožitveno pištolo (kratka bela puščica) (A). Vodilna kanila z notranjo stileto (bela puščica) omogoča večkratno odvzem tkivnih vzorcev skozi isto vbodno mesto (B).



Slika 6. Sistem za kostno biopsijo Bonopty (Aprio-Med AB, Uppsala, Švedska). A – igelni vrtalnik, B – stileta z ostro konico, C – vodilna kanila za koaksialno uporabo.

trdi, sklerotični kostnini je smiselna uporaba igelnega vrtalnika (slika 6). Koaksialna tehnika je primerna tako za kostne biopsije kot tudi za biopsije globokih mehkotkivnih struktur (13).

PERKUTANA ABLACIJA TUMORJEV

Ablacija tumorjev pomeni, da lokalno v področje tumorske mase neposredno dovedemo kemično ali fizikalno snov za uničenje tumorja. V zadnjih dveh desetletjih so se razvile različne tehnike ablacije tumorjev. Glede na uspešnost zdravljenja tumorskih sprememb na drugih organskih sistemih (ledvice, pljuča, jetra, prostata) so se določene tehnike pričele uspešno izvajati tudi na področju mišično-kostnega sistema (14). Med najširše uporabljene tehnike ablacije mišično-kostnega sistema prištevamo alkoholno ablacijo, lasersko fotokoagulacijo, radiofrekvenčno ablacijo (RFA), ablacijo z uporabo mikrovalov, krioblacijo in radiofrekvenčno ionizacijo (15). Največkrat je namen perkutane ablacije paliativno zdravljenje bolečih kostnih zasevkov zaradi napredovalega rakavega obolenja ali kurativno zdravljenje benignih tumorskih sprememb. Zdravljenje največkrat uporabljamo pri benignih osteoidnih osteomih ali bolnikih z enim samim zasevkom, ki niso primerni za operativni poseg (14).

Alkoholna ablacija

Perkutana ablacija z etanolom je enostavno izvedljiva in poceni metoda zdravljenja. Alkohol povzroči nekrozo tumorskih celic neposredno z dehidracijo celic in posredno z nastankom žilne tromboze in ishemije tkiva. V tkivo uvedemo tanko, 22 G iglo, skozi katero najprej vbrizgamo mešanico jodnega kontrastnega sredstva (25 %) in anestetik, 1 % lidokain (75 %). Pod fluoroskopsko kontrolo nadzorujemo razporeditev kontrastnega sredstva za izključitev žilne aplikacije zdravila ali difuzne razporeditve v bližini občutljivih struktur. V drugi fazi

vbrizgamo 96 % etanol (3–30 ml) v tumorsko tkivo (14).

Aplikacijo etanola danes uporabljamo za zdravljenje obsežnih hemangiomov v vretencih hrbtenice s paravertebralnim ali epiduralnim širjenjem v kombinaciji z vertebroplastiko (14, 16).

Laserska fotokoagulacija

Pri laserski ablaciji uporabljamo absorbirano energijo infrardeče svetlobe za nastanek močne toplote, ki povzroči uničenje tumorskega tkiva. Z energijo svetlobe 2,0 W povzročimo 1,6 cm veliko področje ablacije v kosti. Za ablacijo večjega področja je treba uporabiti več laserskih vlaken, ki jih razporedimo glede na obseg in obliko tumorske mase na približno 2 cm oddaljenosti. Tehnika je združljiva z izvajanjem pod nadzorom MRI (17).

Zaradi majhnega področja ablacije tehniko uporabljamo za zdravljenje malih tumorjev, kot so osteoidni osteomi, ki so po definiciji manjši od 1 cm ter zato predstavljajo eno izmed najboljših indikacij za to vrsto ablacije. Lasersko vlakno uvedemo pod CT-nadzorom v nidus osteoidnega osteoma. V primerih, ko je nidus osteoidnega osteoma obdan s sklerotičnim robom kostnine, uporabimo igelni vrtnik ter lasersko vlakno uvedemo koaksialno skozi vodilno kanilo vrtnika. Pri subperiostalnih spremembah lasersko vlakno uvedemo skozi 18 G iglo za zaščito optičnega vlakna. Po končani postavitvi izvajamo ablacijo s kontinuirano energijo 2 W 6–10 min, odvisno od velikosti nidusa. Uspešnost tehnike je visoka in primerljiva z rezultati RFA (18). Perkutana termalna ablacija je danes zlati standard za zdravljenje osteoidnih osteomov in je zamenjala odprto operativno tehniko. Uspešnost metode je 95 %, višja stopnja ponovitev je zabeležena pri zdravljenju intraartikularnih osteoidnih osteomov (19). Poseg se izvaja v splošni ali spinalni anesteziji. Neposredno po posegu lahko bolečino nadzorujemo z uporabo nesteroidnih antirevmatikov.

Radiofrekvenčna ablacija

RFA se je pričela uporabljati v 90. letih prejšnjega stoletja za zdravljenje jetrnih tumorjev in je ena izmed najbolj obetajočih tehnik. Termalno elektrodo (ravno ali ekspandilno) uvedemo perkutano v središče tumorske spremembe. Z dovajanjem visokofrekvenčnega toka (450–600 kHz) v tarčno področje sprožimo vznurjenje ionskih molekul tkiva, kar povzroči nastanek toplotnega trenja. Električna zanka je zaprta z ozemljitvenimi obliži, pritrjenimi na stegna. Temperatura tkiva lokalno naraste na 60–90 °C, kar povzroči denaturacijo proteinov in takojšnjo celično smrt. Učinek RFA lahko omejuje prisotnost večjih visoko pretočnih žil, ki odvajajo toploto in povzročijo lokalno znižanje temperature (14). Razvoj novih bipolarnih RFA-elektrod je področje indikacij razširilo na zdravljenje spinalnih in paraspinalnih sprememb. Pri bipolarni metodi teče električni tok med vrhovoma elektrodo in ozemljitvene blazine ne potrebujemo. Metoda omogoča hitrejšo ablacijo in natančnejši nadzor področja ablacije z manjšo možnostjo poškodbe okolnih vitalnih struktur (20). Danes so na voljo tudi multipolarne elektrode, ki jih lahko poljubno aktiviramo med posegom in so namenjene hitri in učinkoviti ablaciji večjih tumorskih mas (14).

RFA v zdravljenju kostnih tumorskih sprememb večinoma uporabljamo za paliativno zdravljenje kostnih zasevkov in v določeni meri za kurativno zdravljenje. Pri zdravljenju zasevkov je namen uničiti mejno področje med tumorskim in kostnim tkivom, kjer je lokalizirano primarno območje nastanka bolečine. Redkeje lahko RFA uporabimo za kurativno zdravljenje edinega zasevka omejene velikosti. Uspešnost protibolečinskega zdravljenja zasevkov je dosežena v več kot 75 %, vendar je metoda indicirana le pri bolnikih z določenim številom zasevkov in z lokalno bolečino. RFA je tudi alternativna tehnika za zdravljenje osteoidnih osteomov, pri čemer uporabimo

elektrodo, ki ima aktivno konico velikosti le 1 cm. Uporabimo nizko energijo (približno do 5 W) in cikel ablacije izvajamo 6 min. Uspešnost tehnike je primerljiva z lasersko ablacijo (> 85 %) (18).

Pri zdravljenju tumorjev v neposredni bližini nevroloških struktur ali drugih občutljivih vitalnih struktur je potrebna termalna zaščita. Pri tem lahko uporabimo termalne elektrode za nadzor temperature v okolici ali eno izmed tehnik povečanja izolacije med obravnavanim območjem in okolnimi strukturami – hidrodisekcijo, CO₂-insuflacijo ali balonski kateter (21). Rezultati *in vivo* in *ex vivo* raziskav so nedvomno pokazali, da tumorska infiltracija zadnje ploskve telesa vretenca neposredno izpostavi živčne korenine in hrbtenjačo previsoki temperaturi (nad 45 °C) in termalni poškodbi. Zato je pri zdravljenju sprememb v bližini hrbteničnega kanala tudi v primerih ohranjenega korteksa vretenca potreben nenehen temperaturni nadzor nevroloških struktur (22).

Ablacija z uporabo mikrovalov

Mikrovalovna ablacija je tehnika v razvoju, ki uporablja elektromagnetne valove (900 MHz) skozi anteno, ki je neposredno vstavljena v tarčno področje. Elektromagnetno valovanje povzroči vznurjenje ionskih molekul tkiva in toplotno trenje, ki povzroči nekrozo tkiva. V primerjavi z RFA je metoda manj odvisna od tkivne upornosti in prisotnosti večjih visoko pretočnih žil. Sočasno se lahko aktivirajo tri antene za hitrejšo izvajanje ablacije večjih tumorskih sprememb. Metoda je hitrejša in jo lahko uporabljamo za zdravljenje večjih tumorskih sprememb kot pri RFA (14).

Tehnika je vzbudila zanimanje pri zdravljenju večjih jetrnih in pljučnih tumorjev. Na področju mišično-kostnega sistema obstajajo podatki o uporabi metode kot dodatek kirurškemu zdravljenju osteosarkoma, vendar za zdaj drugih objavljenih rezultatov o uporabi na mišično-kostnem sistemu še ni (14, 23).

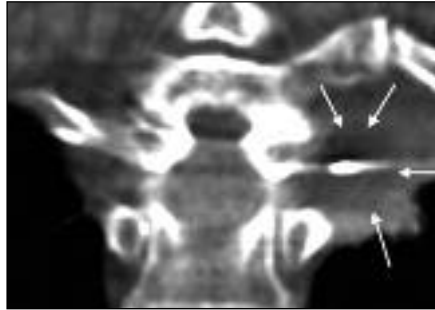
Krioablacija

Krioablacija je metoda, ki za uničenje tumorskega tkiva uporablja izjemno nizko temperaturo. Uporabnost tehnike se je povečala predvsem z uvedbo nizkoprofilnih kriosond premera 1,2–2,4 mm (17 G), ki jih perkutano uvajamo pod CT- ali MRI-nadzorom (slika 7). Hitra ekspanzija visokotlačnega plina argona, ki ga do tkiva dovajamo skozi kriosondo, povzroči izjemno hitro ohladitev tkiva do –183 °C (Joules-Thompsonov učinek; v nasprotju, hitra ekspanzija helija povzroči porast temperature do +33 °C, kar omogoča hitro odtajanje tkiva). Celično smrt sistematično dosežemo z ohladitvijo tkiva na temperaturo od –40 do –20 °C. Da bi se izognili negotovi nekrozi celic v območju temperature med –20 in 0 °C, je treba cikel zamrzovanja ponoviti po protokolu »zamrzovanje–odtajanje–zamrzovanje«. Ledeni kristali so med prvim ciklom zamrzovanja večinoma zunajcelični. V času odtajanja voda zaradi osmotskega gradienta s pomočjo difuzije prehaja znotrajcelično in v drugem ciklu zamrzovanja pride do oblikovanja znotrajceličnih kristalov ledu, ki povzročijo dokončno celično smrt. Daljša kot je faza segrevanja, bolj zagotovo povzročimo poškodbo celic (14). Ponovitev ciklov povezujemo z obsežnejšo in bolj gotovo celično nekrozo (24). Poleg toplotne poškodbe povzročijo ledeni kristali trombozo žil in ishemijo tkiva (25). Običajen protokol predvideva prvi cikel zamrzovanja, ki traja 10 min in mu sledi 10-minutni cikel segrevanja, ter nato drugi 10-minutni cikel zamrzovanja. Po drugem ciklu zamrzovanja kriosonde segrevamo nekaj minut aktivno z dovajanjem helija ter pasivno vse do popolnega odtajanja in nemotene odstranitve kriosond iz tkiva. Največja prednost metode je v natančnem nadzoru področja ablacije. V času krioablacije tarčno področje nadzorujemo s CT, ki jo ponavljamo v časovnih presledkih (običajno vsake 4 min) (26). Na CT vidimo nastanek nizkogostotnega, ovalnega predela ablacije (»ledeno krogló«), ki se od

okolnih mehkotkivnih, visokogostotnih struktur dobro loči (W (angl. window) 400, L (angl. level) 40) (slika 8). Takojšnji prikaz slik v poljubnih ravninah omogoča dodatno oceno meje med ledeno kroglo in okolnim tkivom ter nam takoj poda informacije o uspešnosti zajetja tumorskega tkiva in razdalje od okolnih vitalnih struktur. Kriosonde se med seboj razlikujejo glede na prostornino ledene krogle, ki jo lahko oblikujejo. Kriosonde z največjo močjo oblikujejo ledeno kroglo velikosti do 3,5 cm (27). Sistem omogoča hkratno uporabo več kri sond, kar omogoča zdravljenje večjih tumorskih mas. Pri načrtovanju posega pod CT-nadzorom sonde razporedimo tako, da sledijo obliki tumorja in so med seboj oddaljene približno 2 cm (slika 9). Pri kurativnem zdravljenju mora rob ledene krogle segati 3–5 mm čez rob tumorja (slika 10). Zmanjšanje bolečine med posegom in takoj po njem je velika prednost krioablacije pred RFA. Krioablacija se lahko izvaja tudi v terapiji skleroznih sprememb, le da je prikaz ledene krogle pri tem slabši. Neposredna bližina operativnega materiala ni ovira za izvajanje krioablacije, kot je bilo opisano pri RFA. Varnost vseh termalnih tehnik ablacije se lahko poveča z uporabo termosenzorjev ali s CO₂-insuflacijo, medtem ko hidrodisekcija ni primerena za krioablacijo (14). Poseg lahko izvajamo v področni ali splošni anesteziji, kar je predvsem odvisno od mesta in velikosti spremembe ter splošnega stanja bolnika. Rezultati paliativnega zdravljenja kostnih zasevkov so zelo dobri. V do sedaj največji objavljeni klinični raziskavi je v prvem tednu po posegu pri 49 % bolnikov prišlo do padca intenzitete bolečine za najmanj dve enoti v primerjavi z najhujšo intenziteto bolečine pred posegom; 75 % bolnikov pa je poročalo o 90 % olajšanju bolečin v enakem času. Kontrola bolečine je ostala enaka po 24 mesecih, pri čemer je le pri 14 % bolnikov prišlo do ponovitve bolečin enake intenzitete kot pred posegom. Zmanjšana uporaba opioidnih zdravil je bila



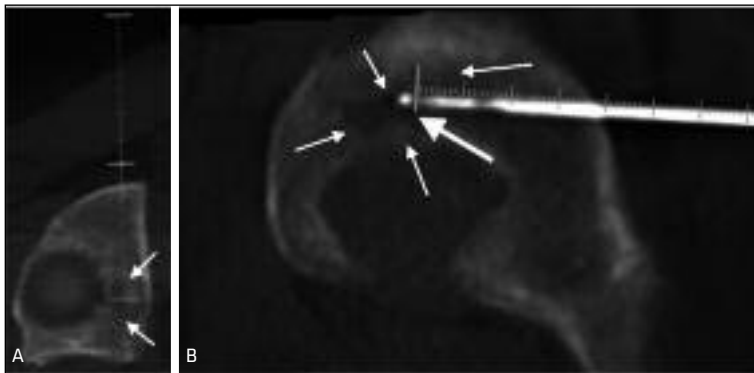
Slika 7. Kriosonde IceRod Plus (Galil Medical, MN, ZDA). Na koncih kri sond se vidita oblikovani ledeni krogi za izvajanje aktivne krioablacije. Prostornina ledene krogle se razlikuje glede na tip uporabljene igle.



Slika 8. CT z uporabo stožčastega snopa. Okroglo področje »ledene krogle« je pri kontrolnem CT vidno kot hipodenzno področje (bele puščice), obdano z okolnim hiperdenznim tkivom. V središču »ledene krogle« je prikazana konica kri sonde.



Slika 9. CT z uporabo stožčastega snopa. V središču hipodenznega predela ablacije je videti dve konici kri sond. Meja zdravljenega področja je označena z belimi puščicami.



Slika 10. CT z uporabo stožčastega snopa. Hipodenzna ovalna sprememba, obdana z ozkim pasom skleroze, predstavlja meje osteoidnega osteoma, ki leži subhondralno nad streho acetabuluma (bele puščice). Siva silinija označuje virtualno načrtovano biopsijsko pot s pomočjo programa XperGuide (A). Področje ledene kroglice po končanem posegu je označeno s tanjšimi belimi puščicami in sega čez meje osteoidnega osteoma. Konica kriosonde, ki je položena v središču tumorja, je označena z debelejšo belo puščico (B).

zabeležena pri 83 % bolnikov, 40 % bolnikov pa ni potrebovalo protibolečinskih zdravil (28).

Radiofrekvenčna ionizacija

Radiofrekvenčna ionizacija (RFI) uporablja nizkotemperaturno bipolarno tehniko, ki na konici elektrode proizvede plazmatsko polje. Visokoenergetska ionizirana plazma povzroči pretrganje molekularnih vezi in posledično v tkivu nastane kavitacija, ki povzroči padec tlaka v tkivu. Postopek poteka na relativno nizki temperaturi, od 40 do 70 °C v primerjavi s klasično RFA. Proces ionizacije porabi večino toplote in skozi ciljano tkivo neposredno ne teče električni tok. Rezultat je odstranitev tumorja z zanesljivo uničenjem sosednjih tkiv. Tehnika je široko uporabljena v otolaringološki in srčni kirurgiji, artroplastiki in odstranitvi jedra medvretenčne ploščice. Nedavno je bila tehnika predstavljena za uporabo pri znižanju tlaka, povzročene zaradi tumorjev v mišično-kostnem sistemu. Bipolarna elektroda velikosti 16 G se uvede koaksialno v predel tumorja skozi vodilni kostni sistem. S pomočjo stranskega katetra, ki je povezan z elektrodo, se počasi vbrizgava fiziološka raztopina za aktivacijo plaz-

matskega polja. Zakrivljena konica elektrode, ki jo lahko prostoročno rotiramo, omogoča tvorbo več kanalov skozi tumorsko tkivo. Postopek nadzorujemo fluoroskopsko ali po potrebi s kombinacijo CT- in fluoroskopskega nadzora (14).

Najprimernejši bolniki za RFI so bolniki z bolečimi zasevki v hrbtenici, ki niso sposobni za operativni poseg in pri katerih je tumorsko tkivo izbočeno v predel hrbteničnega kanala ter zato obstaja tveganje za pretrganje zadajšnje plošče vretenca pri vstavitvi kostnega cementa v poškodovano vretenca, kar imenujemo vertebroplastika. Po končani kavitaciji, ki jo dosežemo z RFI, nadaljujemo s perkutano aplikacijo cementa za stabilizacijo vretenca med istim posegom (14, 29).

ZAKLJUČEK

Tehnološki napredek z uvedbo izboljššanega slikovnega nadzora in razvoj nizkoprofilnih perkutanih igel za diagnostično in terapevtsko uporabo ter nenehen razvoj novih perkutanih tehnik ablacije je pripeljal do bistveno širše uporabe minimalno invazivnih tehnik v zdravljenju bolnikov z zasevki v kosteh in primarnimi kostnimi tumorji. Način obravnave bolnikov se je zato

v zadnjem desetletju spremenil in novejše metode, ki že nadomeščajo standardne načine zdravljenja, se vse pogosteje uporabljajo v redni klinični praksi. Pri uvajanju izboljšanih diagnostičnih ali novih terapevtskih metod ablacije moramo dobro poznati prednosti in pomanjkljivosti tehnik ablacije, njihove posebnosti in indikacije za zdrav-

ljenje. Izbor najprimernejše metode zdravljenja zahteva celostno obravnavo bolnikov, ki vključuje natančno poznavanje narave in stopnje napredovanja bolezni, natančno opredelitev cilja zdravljenja in splošnega stanja bolnikov, razumevanje poteka bolezni ter anatomskih in drugih dejavnikov, ki vplivajo na varnost in učinkovitost zdravljenja.

LITERATURA

1. Hage WD, Aboulafia AJ, Aboulafia DM. Incidence, location, and diagnostic evaluation of metastatic bone disease. *Orthop Clin North Am.* 2000; 31: 515–28.
2. Wong DA, Fornasier L, MacNab I. Spinal metastases: the obvious, the occult, and the imposters. *Spine.* 1990; 15: 1–4.
3. Kassamali RH, Ganeshan A, Hoey ET, et al. Pain management in spinal metastases: the role of percutaneous vertebral augmentation. *Ann Oncol.* 2011; 22 (4): 782–6.
4. Fenton S, Czervionke LF. Image guided spine intervention. *Spine J.* 2004; 4: 248–9.
5. Gangi A, Guth S, Guermazi A. *Imaging in percutaneous musculoskeletal interventions.* Berlin: Springer; 2009.
6. Le H, Lee S, Munk P. Image-guided musculoskeletal biopsies. *Semin Intervent Radiol.* 2010; 27: 191–8.
7. Mitsuyoshi G, Naito N, Kawai A, et al. Accurate diagnosis of musculoskeletal lesions by core needle biopsy. *J Surg Oncol.* 2006; 94: 21–7.
8. Rimondi E, Staals E, Errani C, et al. Percutaneous CT guided biopsy of the spine: results of 430 biopsies. *Eur Spine J.* 2008; 17: 975–81.
9. Scarfe W, Farman A. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am.* 2008; 52: 707–30.
10. Braak S. *Cone-beam CT-guidance in interventional radiology [doktorsko delo].* Netherlands: University in Utrecht; 2012.
11. Davies A, Sundaram M, James S. *Imaging of bone tumors and tumor-like lesions.* Berlin: Springer-Verlag; 2009.
12. Racadio J, Babic D, Homan R, et al. Live 3D guidance in the interventional radiology suite. *AJR Am J Roentgenol.* 2007; 189: 357–64.
13. Peterson J, Fenton D, Czervionke L. *Image-guided musculoskeletal intervention.* Philadelphia: Saunders/Elsevier; 2008.
14. Gangi A, Buy X. Percutaneous bone tumor management. *Semin Intervent Radiol.* 2010; 27 (2): 124–36.
15. Tsoumakidou G, et al. Image-guided spinal ablation: a review. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2016; 39: 1229–38.
16. Gabal AM. Percutaneous technique for sclerotherapy of vertebral hemangioma compressing spinal cord. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2002; 25: 494–500.
17. Gangi A, Gasser B, De Unamuno S, et al. New trends in interstitial laser photocoagulation of bones. *Semin Musculoskelet Radiol.* 1997; 1: 331–8.
18. Rosenthal DI, Hornicek FJ, Torriani M, et al. Osteoid osteoma: percutaneous treatment with radiofrequency energy. *Radiology.* 2003; 229: 171–5.
19. Gangi A, Alizadeh H, Wong L, et al. Osteoid osteoma: percutaneous laser ablation and follow-up in 114 patients. *Radiology.* 2007; 242: 293–301.
20. Buy X, Basile A, Biery G, et al. Salineinfused bipolar radiofrequency ablation of high-risk spinal and paraspinous neoplasms. *AJR Am J Roentgenol.* 2006; 186 (Suppl 5): 322–6.
21. Buy X, Tok CH, Szwarc D, et al. Thermal protection during percutaneous thermal ablation procedures: interest of carbon dioxide dissection and temperature monitoring. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2009; 32: 529–34.
22. Callstrom MR, Charboneau JW, Goetz MP, et al. Image guided ablation of painful metastatic bone tumors: a new and effective approach to a difficult problem. *Skeletal Radiol.* 2006; 35: 1–15.
23. Fan QY, Ma BA, Zhou Y, et al. Bone tumors of the extremities or pelvis treated by microwave-induced hyperthermia. *Clin Orthop Relat Res.* 2003; 406: 165–75.
24. Gage AA, Baust JG. Cryosurgery for tumors. *J Am Coll Surg.* 2007; 205: 342–56.
25. Theodorescu D. Cancer cryotherapy: evolution and biology. *Rev Urol.* 2004; 6 Suppl 4: 9–19.
26. Beland MD, Dupuy DE, Mayo-Smith WW. Percutaneous cryoablation of symptomatic extraabdominal metastatic disease: preliminary results. *AJR Am J Roentgenol.* 2005; 184: 926–30.
27. Castaneda Rodriguez WR, Callstrom MC. Effective pain palliation and prevention of fracture for axial-loading skeletal metastases using combined cryoablation and cementoplasty. *Tech Vasc Interv Radiol.* 2011; 14: 160–9.
28. Callstrom MR, Dupuy DE, Solomon SB, et al. Percutaneous image-guided cryoablation of painful metastases involving bone. *Cancer.* 2013; 119: 1033–41.
29. Georgy BA, Wong W. Plasma-mediated radiofrequency ablation assisted percutaneous cement injection for treating advanced malignant vertebral compression fractures. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2007; 28: 700–5.