

Uporaba računalniške tomografske metode stožčastega snopa pri izvajanju biopsij na mišično-kostnem sistemu

Cone beam CT in percutaneous biopsies of the musculoskeletal system

Vladka Salapura,¹ Vida Mask,² Matija Smrečnik³

¹ Klinični inštitut za radiologijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Ljubljana

² Splošna Bolnišnica Izola, Izola

³ Splošna bolnišnica Novo mesto, Novo mesto

Korespondenca/ Correspondence:
Vladka Salapura,
e: salapura@siol.net

Ključne besede:
stožčasti snop CT;
intervencijska radiologija;
mišično-kostni sistem;
perkutana biopsija;
XperGuide

Key words:
cone-beam CT;
interventional radiology;
musculoskeletal system;
percutaneous biopsy;
XperGuide

Prispelo: 13. 6. 2017
Sprejeto: 25. 9. 2017

Izvleček

Izhodišče: Perkutane biopsije so zaradi tehnološkega napredka z izboljšanjem slikovnega nadzora v zadnjem desetletju postale nepogrešljiv del diagnosticiranja neopredeljenih mišično-kostnih sprememb. Ena najnovejših tehnologij za izvajanje perkutanih biopsij mišično-kostnih sprememb je uporaba računalniške tomografije s stožčastim snopom s programsko opremo za načrtovanje biopsijske poti.

Metode: V raziskavo smo vključili 28 bolnikov, ki so bili napoteni na računalniško vodeno perkutano biopsijo mišično-kostnega sistema, narejeno pod nadzorom računalniške tomografije s stožčastim snopom (Phillips Allura ND20) z uporabo računalniške programske opreme XperGuide in z namenom, da ocenimo diagnostično vrednost računalniško vodenih perkutanih biopsij mišično-kostnega sistema, njeno uspešnost in varnost ter sevalno obremenitev bolnikov.

Rezultati: Tehnična in histološka uspešnost sta znašali 90 % oz. 83,3 %. Histološka uspešnost je bila najvišja za posege v področju medenice oz. spodnjih udov. Specifičnost in občutljivost za razlikovanje med malignimi in benignimi spremembami sta bili 100 % in 83,3 %. Izračunana povprečna efektivna doza za posege je bila 13,4 mSv.

Zaključek: Izsledki raziskave kažejo, da so računalniško vodene perkutane biopsije, opravljene pod slikovnim nadzorom računalniške tomografije s stožčastim snopom z uporabo računalniške programske opreme XperGuide varna in uspešna metoda, ki ima nižjo sevalno obremenitev za preiskovanca v primerjavi s klasično računalniško tomografijo. Metoda je dobra alternativa standardno uporabljeni metodi perkutane biopsije pod nadzorom klasičnega CT.

Abstract

Background: Percutaneous biopsies have become an indispensable part in the diagnostics of musculoskeletal lesions owing to current technological advances in imaging control and performance. The newest technology used for percutaneous biopsies of musculoskeletal lesions is C-arm cone-beam computed tomography (CT) combined with a computer navigation system for needle guidance.

Methods: 28 patients who underwent computer-guided percutaneous biopsies of the musculoskeletal system using cone-beam CT (Phillips Allura ND20) with the XperGuide needle-navigation system were included in the study in order to determine the feasibility and diagnostic accuracy of computer-guided percutaneous biopsies and to evaluate the method's success rate, its safety, and patient irradiation exposure.

Results: Technical and histological success rates were 90 % and 89.3 %, respectively. The highest histological success rate was observed for lesions in the pelvis and in the lower extremities. Spe-

cificity and sensitivity for determining benign and malignant lesions were 100 % and 83.3 %, respectively. Mean patient effective dose was 13.4 mSv.

Conclusion: The results of our study confirm that C-arm cone-beam CT combined with a computer navigation system for needle guidance has proven to be a safe, sensitive and accurate method, with lower patient irradiation and complication rate compared to conventional CT. It is a good alternative to CT-guided percutaneous biopsies.

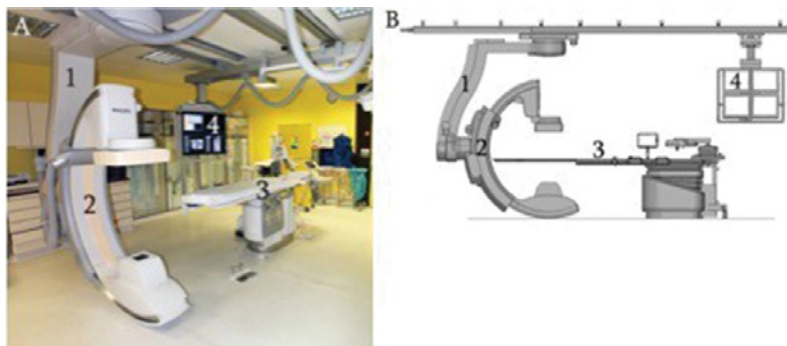
Citirajte kot/Cite as: Salapura V, Mask V, Smrečnik M. Uporaba računalniške tomografske metode stožčastega snopa pri izvajanju biopsij na mišično-kostnem sistemu. Zdrav Vestn. 2018;87(7-8):311-23.

DOI: 10.6016/ZdravVestn.2628

1. Uvod

Hiter tehnološki napredek z razvojem nove generacije računalniških tomografov in sodobne materialne opreme z uporabo nizkoprofilnih igel za perkutano uporabo so v zadnjem desetletju prispevali k natančnejšemu slikovnemu nadzoru in varnejšemu izvajanju perkutanih biopsij mišično-kostnega sistema, ki so danes postale nepogrešljive pri diagnosticiranju sprememb mišično-kostnega sistema (1,2). Slikovno vodene perkutane biopsije imajo 16-krat nižjo raven zapletov od odprtih biopsij, prav tako je bilo dokazano, da je možnost iatrogenega razsoja malignih celic v okolna tkiva v primerjavi z odprtimi biopsijami manjša (3-5). Za izvajanje slikovnega nadzora perkutanih biopsij uporabljamo različne slikovne možnosti. Izbira najprimernejše je odvisna od številnih dejavnikov, med katerimi so zlasti pomembni lega in velikost spremembe, njena dostopnost in ločljivost od okolnih struktur, ki se lahko razlikujejo glede na uporabljeno slikovno metodo. Radiološke metode, s katerimi izvajamo slikovni nadzor, so: ultrazvok (UZ), fluoroskopija, računalniška tomografija (CT) in magnetnorezonančno slikanje (MRI) (6). Za biopsije površinskih mehkotkivnih sprememb je metoda izbire UZ. Omogoča odličen prikaz povrhnjih mehkotkivnih struktur mišično-kostnega sistema in nadzor

igle med uvajanjem. Fluoroskopija predvsem omogoča prikaz kostnih struktur, medtem ko je prikaz mehkih tkiv slabši. Z uporabo loka C pri fluoroskopiji je mogoč prikaz v več ravninah, kar nam omogoča nadzor tudi pri biopsijah hrbtenice ali težje dostopnih kostnih struktur. CT omogoča zelo dober prikaz tako kostnih kot mehkotkivnih struktur v poljubnih ravninah. Zaradi zelo dobre prostorske ločljivosti ga večinoma uporabljamo za biopsije kostnih struktur na težje dostopnih mestih ter globoko ležečih in pri majhnih mehkotkivnih spremembah. Pri uporabi klasične CT-metode nadzora predstavljajo pomanjkljivost dolgo trajanje posega pri biopsiji majhnih ali težje dostopnih sprememb ter stopnja izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju (6,7). MRI ima največjo prostorsko ločljivost in omogoča najboljši prikaz globokih mehkotkivnih struktur. Preiskava pa je časovno zamudna, zahteva opremo, ki je primerna za uporabo v magnetnem polju, in je težje dostopna, zato jo uporabljamo redko (6,7). Pomembna stopnja razvoja nadzora z računalniško tomografijo je združitev CT-tehnologije s stožčastim snopom (CBCT) s sistemom za fluoroskopijo z lokom C (Slika 1) (8,9). Takšna kombinacija združuje visok kontrast in natančen trodimenzionalni (3D) prikaz



Slika 1: Angiografska naprava Philips Allura FD20 XperCT.

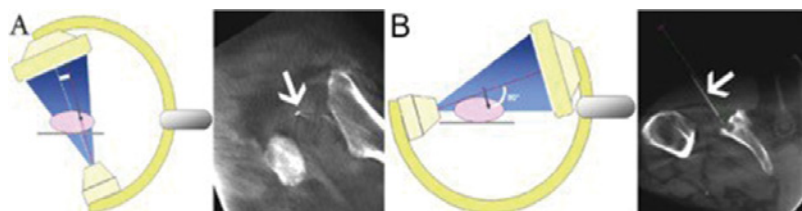
A. Allura ND20 XperCT aparatura na Kliničnem Inštitutu za radiologijo, Univerzitetni klinični center Ljubljana. B. Shema naprave: 1 – L-roka, 2 – C- lok, 3 – preiskovalna miza, 4 – zaslon. Dosegljivo na www.philips.si/helathcare

anatomije, možnost nadzora posega v dejanskem času ob nizki dozi in izjemno prostorsko prilagodljivost sistema loka C (6,8,9). Sistem CBCT z lokom C omogoča samodejno združevanje (fuzijo) fluoroskopskih posnetkov z ustrezno dvodimenzionalno (2D) ali 3D projekcijo predhodnega zajema s CBCT ali s prej opravljenimi slikovnimi preiskavami, ki se na podlagi značilnih anatomskih točk prilagodijo posnetkom, opravljenim med posegom. Tako združena slika nam omogoča spremljanje napredka igle v dejanskem času ter spremljanje posega ob boljšem prikazu anatomije in prostorski orientaciji, kot jo omogoča sama fluoroskopija (9,12,13). Ker se lahko CBCT in fluoroskopsko slikanje opravljata v isti

sobi na isti napravi, ni potrebe po premikanju bolnika oziroma opreme. To olajša izvedbo intervencijskega postopka in skrajša čas (10,11,14-16). Uporaba programske opreme XperGuide, ki je bil prvi komercialno dostopen sistem te vrste (Slika 2), omogoča optimalno načrtovanje in nadzorovanje virtualne biopsijske poti v poljubni smeri (15,17-19). Prikaz virtualne poti je možen tako fluoroskopsko kot tudi na združenem posnetku (9,11). Metoda zato hkrati omogoča natančnejši slikovni nadzor in omogoča krajši čas izvajanja posega, s čimer lahko pomembno zmanjšamo tudi sevalno obremenitev. Z našo raziskavo smo poskušali oceniti diagnostično vrednost računalniško vodenih perkutanih biopsij mišično-kostnega sistema, opravljenih pod nadzorom CT-slikanja s stožčastim snopom z uporabo računalniške programske opreme XperGuide. Želeli smo ovrednotiti uspešnost in varnost metode, njeno občutljivost in specifičnost ter oceniti sevalno obremenitev bolnikov in trajanje posega.

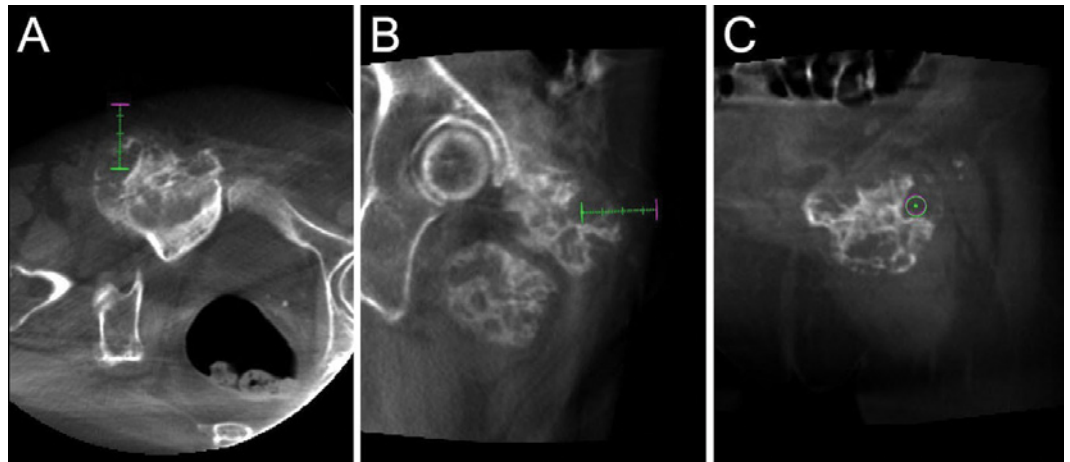
2. Bolniki in metode

V klinični raziskavi smo spremljali diagnostično vrednost računalniško vodenih perkutanih biopsij mišično-kostnega sistema, narejenih pod nadzorom CBCT z uporabo računalniške programske opreme XperGuide (Philips Medical Systems). Metodo smo na Kliničnem inštitutu za radiologijo, UKC Ljubljana, pričeli izvajati avgusta 2012. Leta 2015 smo pričeli raziskavo, s katero smo želeli opredeliti dosedanje uspešnost in diagnostično vrednost metode. Izvedbo raziskave je odobrila Komisija za medicinsko etiko RS, dne 13. 1. 2015 (sklep št. 76/01/15). V retrospektivni del raziskave so bili zajeti biopsijski posegi, opravljeni od 20. avgusta 2012 do konca leta 2014. V prospektivni del raziskave so bili za-



Slika 2: Sistem za načrtovanje biopsijske poti XperGuide.

A: Ko določimo virtualno biopsijsko pot, se lok C poravnava pravokotno na vstopno mesto igle (pogled »entry point«), kar vidimo kot piko (puščica). Ko uvedemo iglo, se lok C poravnava vzporedno z načrtovano potjo igle, kar vidimo kot ravno črto (pogled »progress view«) (puščica). Dosegljivo na www.dspace.library.uu.nl.



Slika 3: Izdelava načrta biopsijske poti s programsko opremo XperGuide.

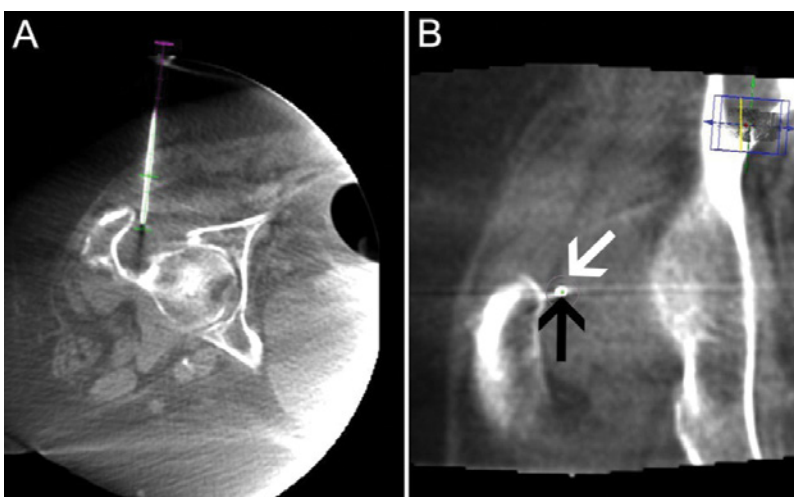
A. pogled v aksialni ravnini. B. pogled v sagitalni ravnini. C. pogled v koronalni ravnini. Z vijolično bravo je označeno vstopno mesto na koži, z zeleno barvo pa tarčno mesto. Virtualna biopsijska pot je označena z zeleno linijo, opremljena z merilno skalo, in je avtomatično določena v trenutku izbire vstopnega in tarčnega mesta.

jeti biopsijski posegi, opravljeni do 28. julija 2015. V raziskavo je bilo vključenih 28 posegov, opravljenih pri 28 bolnikih (15 moških in 13 žensk) s slikovno dokazano in etiološko neopredeljeno morfološko spremembo mišično-kostnega sistema, ki so bili za dokončno histološko opredelitev spremembe napoteni na perkutano biopsijo, in pri katerih za iz-

vedbo posega ni bilo kontraindikacij. Od 28 bolnikov jih je bilo 21 (75 %) na preiskavo napotenih s sumom na maligno spremembo, od tega 5 (17,8 %) s sumom na primarni maligni proces in 16 (57,1 %) s sumom na zasevek. Skupaj 7 (25 %) bolnikov je bilo na preiskavo napotenih s sumom na vnetno ali benigno tumorsko spremembo. V raziskavo nismo vključili bolnikov, pri katerih je bil poseg možno opraviti pod ultrazvočnim (UZ) ali fluoroskopskim nadzorom, ter bolnikov, ki so imeli poleg diagnostičnega postopka na istem mestu hkrati opravljen perkutani terapevtski poseg.

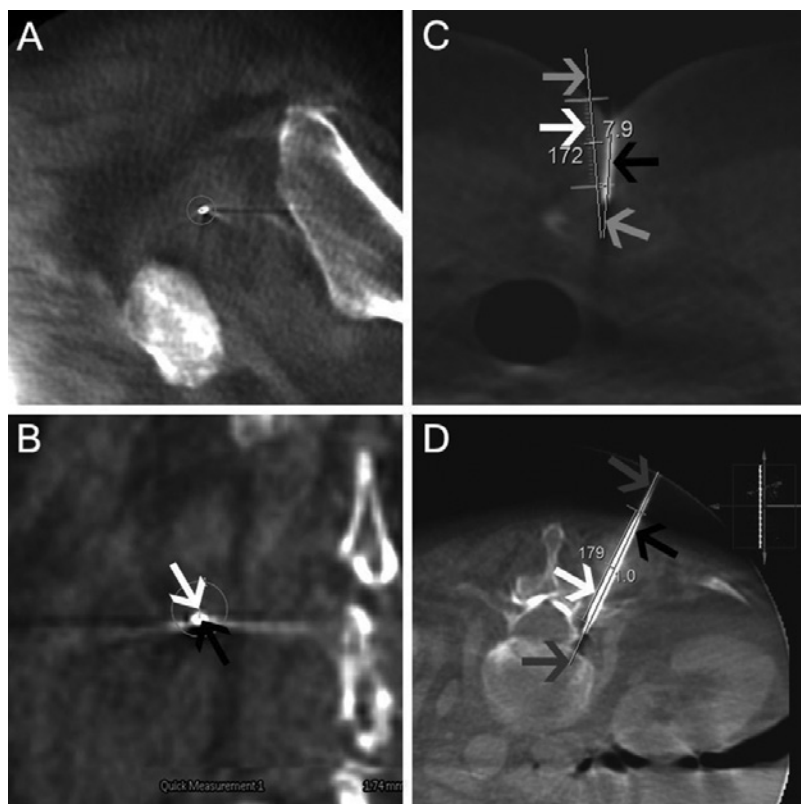
Izbor vrste anestezije pri bolnikih je bil odvisen od dostopnosti in velikosti spremembe, sposobnosti sodelovanja in splošnega stanja bolnikov. Po opravljenem posnetku CBCT smo s programsko opremo XperGuide izdelali načrt biopsijske poti. Na izbranih rezinah smo določili vstopno mesto na koži in tarčno mesto, med katerima je program avtomatsko izrisal virtualno biopsijsko pot (Slika 3), po kateri smo izvedli postopek (Slika 4).

Za biopsijo mehkih tkiv smo uporabljali avtomatske (Bard Magnum, Bard,



Slika 4: Izvedba biopsije po poteku virtualne biopsijske poti.

A. prikazuje pogled v aksialni ravnini (»progress view«). B. prikazuje pogled v koronalni ravnini (»Entry point« view). Bela puščica označuje tarčno krožnico, ki obdaja tarčo. Črna puščica označuje konico igle v središču tarče.



Slika 5: Meritev odmika konice igle v tarči in kota med virtualno biopsijsko potjo in iglo.

Slika A prikazuje konico igle v središču tarče v sagitalni ravnini. Slika B prikazuje meritev odmika med konico igle in tarčno točko, ki je znašala 1,74 mm. Bela puščica označuje tarčno točko, črna puščica pa konico igle. Sliki C in D prikazujeta meritvi kota med virtualno biopsijsko potjo in iglo v aksialni ravnini. Bela puščica označuje virtualno biopsijsko pot, črna puščica pa dejansko pot igle. Sivi puščici označujeta meritev kota, opravljeni s programsko opremo, ki je znašal 1°.

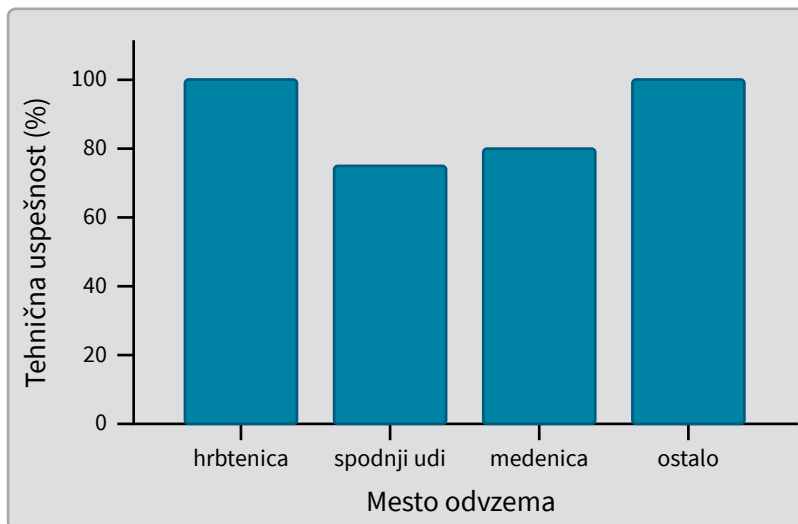
18–20G) ali polavtomatske (Shuttle, Vigeo, 16–20G) biopsijske igle. Za biopsije sprememb v kosteh smo uporabili igle za kostno biopsijo velikosti 13–15G in vodilne igle velikosti 11G (Confidence, DePuy). Biopsijski vzorec smo poslali na patohistološki pregled Inštitutu za patologijo Medicinske fakultete Univerze v Ljubljani.

2.1. Parametri ocenjevanja

Ocenili smo tehnično, histološko uspešnost in varnost posegov. Izmerili smo čas priprave, intervencije in celotnega postopka ter parametre sevalne obreme-

nitve. Tehnično uspešnost smo opredelili kot prisotnost konice igle znotraj tarče. Tarča je predstavljala načrtovano mesto odvzema, ki ga je obdajala krožnica s polmerom 5 mm (9,17). Odmik smo opredelili kot razdaljo med konico igle in središčem tarče. Merili smo ga v ravnini tarče, ki je pravokotna na virtualno biopsijsko pot (t.i. »entry point«). Rezultate smo izrazili v milimetrih (mm). Kot med virtualno biopsijsko potjo in iglo smo merili v ravnini, vzporedni z virtualno biopsijsko potjo, v kateri je bil kot največji, ter rezultate izrazili v stopinjah kotov (°) (Slika 5). Histološko uspešnost smo opredelili kot odzem biopsijskega vzorca primerne velikosti in kakovosti za postavitev dokončne patohistološke diagnoze (19). Patohistološka analiza vzorcev je bila narejena na Inštitutu za patologijo Medicinske fakultete Univerze v Ljubljani. Določili smo specifičnost in občutljivost metode za razlikovanje med malignimi in benignimi spremembami (20,21). Kot pravilno pozitivne rezultate smo upoštevali maligne spremembe, pri katerih se je malignost kasneje potrdila. Kot lažno pozitivne rezultate smo upoštevali maligne spremembe, ki so se kasneje izkazale za benigne. Kot pravilno negativne smo upoštevali benigne spremembe, pri katerih se je benigna narava bolezni kasneje potrdila.

Za lažno negativne rezultate smo upoštevali benigne spremembe, ki so se kasneje izkazale za maligne. Čas priprave smo definirali kot čas od sprejema do prvega slikanja CBCT, vključeval je standardno anesteziološko obravnavo bolnika in namestitev bolnika na preiskovalno mizo. Čas intervencije smo opredelili kot čas od prvega slikanja ciljanega predela z nadzorom CBCT do zaključka biopsijskega posega. Vključeval je celotno načrtovanje biopsijske poti in izvedbo biopsije. Čas celotnega postopka smo opredelili kot seštevek časa priprave in



Slika 6: Tehnična uspešnost posega za različna mesta odvzema.

časa intervencije. Kot glavni kazalec sevalne obremenitve smo izbrali efektivno dozo (ED), ki smo jo izračunali iz doze, pridobljene z zmnožkom doze in obsevalne površine (DAP) (8,11,16,22,23). Za vsako biopsijo je bil avtomatsko zabeležen čas fluoroskopije (DIA). Zaplete ob postopku smo opredelili kot zaplete, ki so nastali zgodaj po posegu in so bili posledica biopsije (24,25). Glede na klinični izid smo zaplete razdelili na manjše zaplete, ki niso zahtevali dodatnega

zdravljenja in niso puščali nobenih posledic, ter večje, ki niso minili spontano in so zahtevali dodatno zdravljenje, ker bi lahko povzročili trajne posledice.

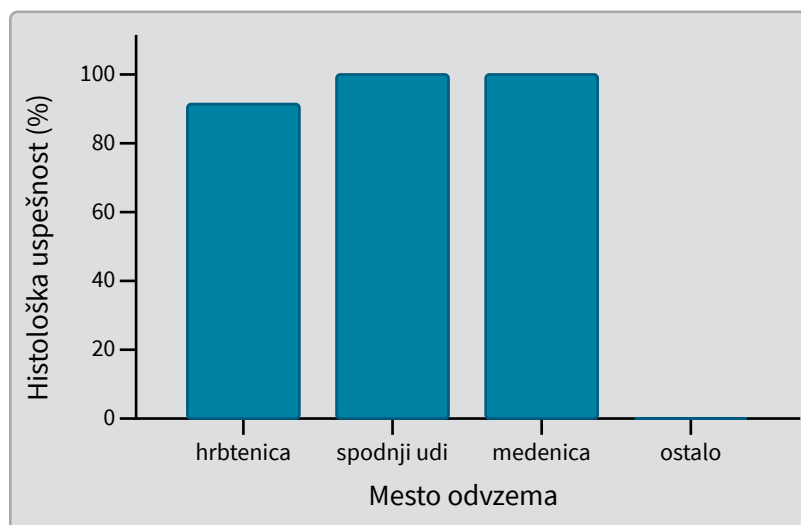
2.2. Analiza podatkov

Za statistično analizo smo uporabili orodje SPSS (IBM SPSS Statistics, verzija 20). Normalnost porazdelitve spremenljivk smo preverjali s testom Shapiro-Wilk. Statistično značilnost razlik med posameznimi skupinami smo testirali s Studentovim testom t za dve neodvisni spremenljivki (razlika v času celotnega postopka med odvzemi v mehkih tkivih in odvzemi v kosteh). Kadar ni bilo zadoščeno potrebnim predpostavkam za veljavnost testa t, pa smo uporabili test Mann Whitney U (razlika v času priprave med odvzemi v mehkih tkivih in odvzemi v kosteh). Statistične značilnosti razlik med več skupinami smo preverjali s testom ANOVA (kot med virtualno biopsijsko potjo in iglo glede na sklerotične oz. litične sprembe). Razlike med skupinami ordinalnih spremenljivk smo preverjali s testom χ^2 . Kjer so bile skupine premajhne za izvedbo testa χ^2 ,

Tabela 1: Stopnji histološke in tehnične uspešnosti, povprečne vrednosti za odmik konice igle od središča tarče ter kot med virtualno biopsijsko potjo in iglo za različna mesta odvzema.

Mesto odvzema (število glede na lokalizacijo)	Histološka uspešnost N = 28	Tehnična uspešnost N = 20	Razdalja (mm) N = 20	Kot (°) N = 20
Total	89,3 %	90 %	2,2	3,8
Medenica (10)	100 %	80 %	3,0	5,2
Spodnji okončini (4)	100 %	75 %	1,8	2,7
Hrbtenica (12)	92 %	100 %	1,7	3,2
Paravertebralno (7)	100 %	100 %	2,2	2,9
Telo vretenca (5)	80 %	100 %	1,2	3,5
Ostalo* (2)	0 %	100 %*	4*	7*

* Tehnična uspešnost za ostale lokalizacije je opredeljena le na odvzemih iz lopatice.



Slika 7: Histološka uspešnost posega za različna mesta odvzema.

smo uporabili Fisherjev eksaktni test (prisotnost litičnih oz. sklerotičnih sprememb za različna mesta odvzema). Kot statistično značilne smo upoštevali razlike s stopnjo tveganja $p \leq 0,050$.

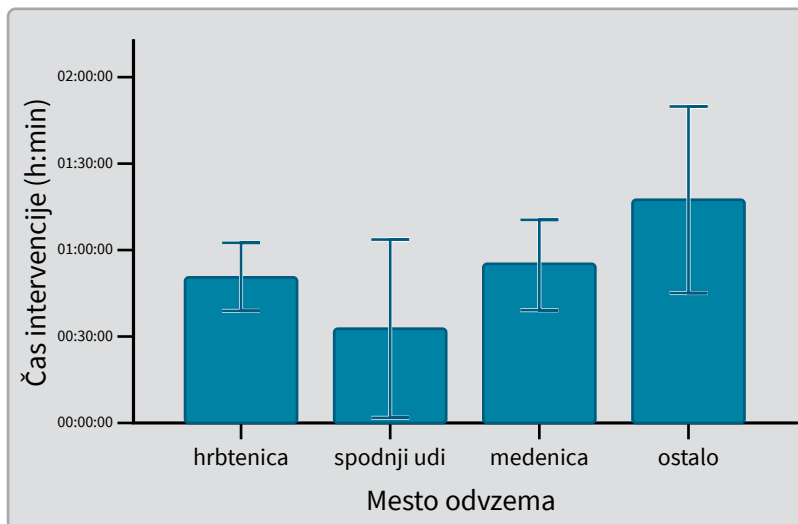
3. Rezultati

Povprečna starost bolnikov ob opravljenem posegu je bila 62,4 let (standardni odklon 17 let, razpon 18–87 let). Pri osmih bolnikih je zaradi nadgradnje programske opreme v letu 2013 prišlo do izgube dela slikovnega gradiva, zato zanje nismo mogli izmeriti vseh parametrov tehnične uspešnosti. Ker smo pridobili vse ostale parametre, jih iz študije nismo izključili, temveč smo v analizi rezultatov uporabili razpoložljive podatke. Glede na strukturne značilnosti sprememb na predhodnih radiografskih posnetkih je bilo v naši preiskovalni skupini 17 (60,7 %) sprememb strukturno litičnih, sedem (25 %) sklerotičnih, štiri (14,3 %) spremembe pa so bile mešane strukture (osteosklerotično-osteolitične). Sklerotične in mešane spremembe so bile značilno pogostejše prisotne v medenici, medtem ko so litične prevladoval v hrbtenici ($p = 0,026$, Fisherjev

test). Tehnična uspešnost posegov je znašala 90 % (95-odstotni interval zaupanja 86–100 %). Konica bopsijske igle je bila znotraj tarče v 18 primerih od 20, pri dveh posegih je konica igle segala izven tarče, odmika sta znašala 5,39 mm in 5,54 mm, oba posega sta bila kljub temu histološko uspešna. Histološka uspešnost je znašala 83,3 % (95-odstotni interval zaupanja 85–100 %). V 15 primerih je šlo za (53,6 %) maligni proces, v desetih primerih (35,7 %) pa za benigni tumorski oz. vnetni proces. Pri analizi vpliva mesta odvzema na tehnično uspešnost postopka smo ugotovili, da je bila tehnična uspešnost v naši raziskavi najnižja za posege v predelu spodnjih udov ter v medenici (Tabela 1, Slika 6). Histološka uspešnost je bila najvišja za posege v področju medenice oziroma spodnjih udov, nekoliko nižja pa v področju hrbtenice, najnižja pa v predelu reber in lopatice, kjer v obeh primerih odvzem ni bil uspešen (Tabela 1, Slika 7).

Sevalna obremenitev je razvidna iz Tabele 2, ki prikazuje podatke o vrednostih kumulativne doze sevanja (CUM), DAP, ED ter DIA. Povprečna ED je znašala 13,4 mSv (razpon vrednosti 1,2–51,7 mSv, standardni odklon 11,4 mSv, 95-odstotni interval zaupanja 7,1–19,9 mSv).

Povprečni odmik konice igle od središča tarče je znašal 2,2 mm (razpon vrednosti 0–5,5 mm, standardni odklon 2,1 mm), povprečni kot med biopsijsko iglo in virtualno biopsijsko potjo pa je znašal 3,5 ° (razpon 0,9–7,9 °, standardni odklon 2,2 °). Kot med virtualno biopsijsko potjo in iglo je bil najnižji (2,7 °) za litične spremembe, najvišji (7,2 °) za mešane oz. 5,1 ° za sklerotične spremembe ($p = 0,004$, ANOVA). Odmik konice igle od središča tarče se ni značilno razlikoval glede na mesto odvzema. Specifičnost in občutljivost za razlikovanje med malignimi in benignimi spremembami



Slika 8: Povprečen čas intervencije za različna mesta odvzema (+ 1 standardni odklon).

sta znašali 83,3 % (95-odstotni interval zaupanja 75,3–100 %) oz. 100 % (95-odstotni interval zaupanja 51,6–97,9 %). Povprečni čas priprave je znašal 49 min (razpon vrednosti 8 min do 1 h 39 min, standardni odklon 31 min, 95-odstotni interval zaupanja 27–57 min), povprečni čas intervencije je znašal 51 min (razpon vrednosti 6 min do 1 h 40 min, standardni odklon 20 min, 95-odstotni interval zaupanja 40 min do 1 h 2 min), povprečni čas celotnega postopka pa 1 h 40 min (razpon vrednosti 53 min do 2 h 37 min, standardni odklon 20 min, 95-odstotni interval zaupanja 1 h 19 min do 1 h 48 min). Čas intervencije se je značilno razlikoval glede na mesto odvzema.

Najkrajši je bil v predelu spodnjih udov ($p = 0,050$, ANOVA). Tabela 3 ter Slika 8 in 9 prikazujejo povprečni čas intervencije in čas celotnega postopka glede na mesto odvzema. Povprečni čas priprave za odvzeme iz mehkih tkiv je bil značilno krajši od časa priprave za odvzeme iz kosti ($p < 0,001$, test Mann Whitney U) (Slika 10), a tudi čas trajanja celotnega postopka ($p < 0,001$, Studentov test t). Pri nobenem od 28 posegov nismo zabeležili zapletov.

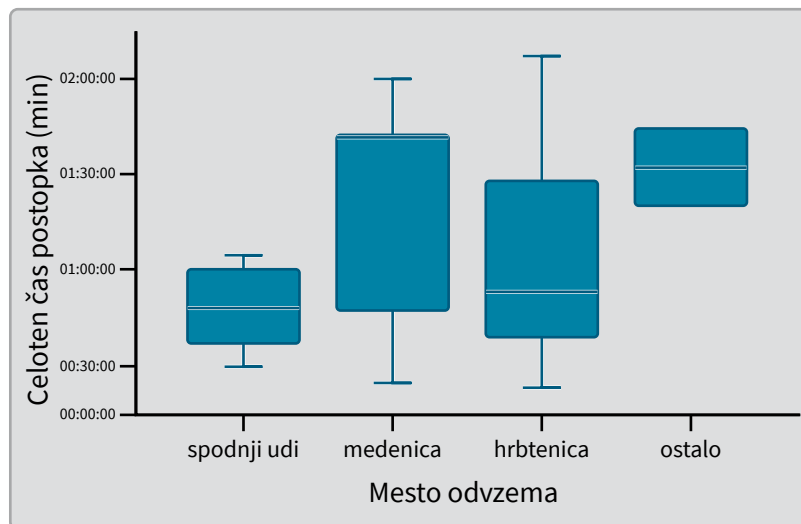
4. Razpravljanje

Minimalno invazivne perkutane biopsijske tehnike za diagnostično opredelitev sprememb na mišično-kostnem sistemu so se v zadnjem desetletju uspešno uveljavile v sodobni klinični praksi. Nenehni tehnološki napredek je omogočil izboljšave slikovnega nadzora, ki prispevajo k varnosti izvedbe posegov in manjši sevalni obremenitvi bolnikov in izvajalcev. Ena tovrstnih tehnik združuje uporabo CT-nadzora in fluoroskopije z uporabo naprav CBCT in virtualnega izračuna biopsijske poti. Namen našega prispevka je opisati diagnostično uspešnost in izvedljivost s CBCT vodenih biopsij mišično-kostnega sistema ter metodo priporočiti kot dobro in varno tehniko v redni klinični praksi. Rezultati naše raziskave kažejo, da je metoda per-

Tabela 2: Povprečne vrednosti doz (CUM; DAP; ED) in fluoroskopije: povprečna vrednost, standardni odklon in razpon.

	CUM (mGy)	DAP (Gycm2)	ED (mSv)	DIA (s)
Povprečna vred.	173,2	46,2	13,4	183
Standardni odklon	134,8	42,9	11,4	91
Razpon	14,9–518,4	3,9–178,2	1,2–51,7	22–417

CUM – kumulativna doza, DAP – “zmnožek doze in obsevalne površine”, ED – efektivna doza, DIA – čas fluoroskopije.



Slika 9: Povprečni čas celotnega postopka za različna mesta odvzema (+ 1 standardni odklon).

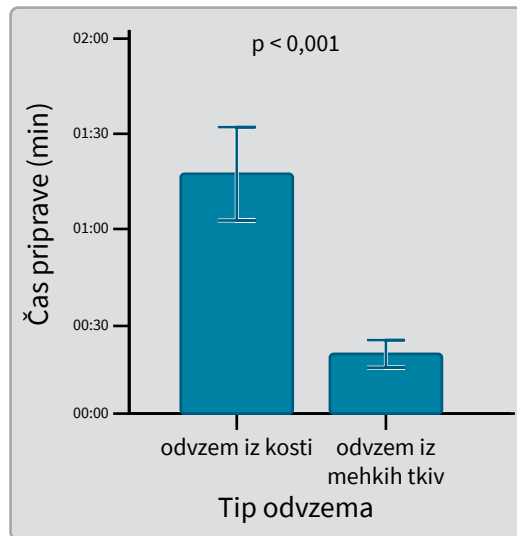
kutane biopsije mišično-kostnega sistema, opravljena pod nadzorom CBCT z uporabo računalniške programske opreme XperGuide, tehnično uspešna. Izračunani povprečni odmik igle iz središča je bil veliko manjši od vnaprej določenega največjega dovoljenega odmika od središča tarče. Pri obeh biopsijskih posegih, pri katerih ni bilo zadoščeno definiciji tehnične uspešnosti, je bilo iz biopsijskega vzorca kljub temu mogoče postaviti končno histološko diagnozo. Primerjava naših rezultatov tehnične uspešnosti z rezultati primerljivih raziskav računalniško vodenih perkutanih

biopsij mišično-kostnega sistema pod nadzorom CBCT je pokazala, da smo dosegli primerljivo tehnično uspešnost. Avtorji navajajo tehnično uspešnost posegov med 93 % in 100 %. Tzelikas in sodelavci v raziskavi z največjim naborom bolnikov navajajo 100-odstotno tehnično uspešnost (19).

Visok odstotek uspešnih histoloških diagnoz kaže, da je uporabljena metoda primerna za diagnosticiranje etiološko neopredeljenih sprememb mišično-kostnega sistema. Avtorji navajajo histološko uspešnost posega 82–100 % (11,16,20,22), kar je primerljivo z rezultati naše raziskave. Kljub temu, da smo v naši raziskavi pri vseh posegih položaj biopsijske igle v tarčni spremembi potrdili s kontrolno preiskavo CBCT, v 11 % histološka diagnoza ni bila uspešna. Možni vzroki za neuspeh so tehnično neustrezen vzorec (vzorec, odvzet zunaj spremembe, premajhen vzorec, izmalčeni vzorec) ali tehnično ustrezen vzorec, ki je nediagnostičen npr. zaradi same sestave spremembe, ki lahko vsebuje tudi manj diagnostična področja (tekočinski predeli, nekrotično tkivo) (26,27). Kot možen vzrok nepovednosti tehnično uspešnih posegov Braak in sodelavci navajajo tudi napake v nameščanju tarče, ki lahko nastanejo zaradi respiracijskega

Tabela 3: Prikaz povprečnega časa priprave, intervencije in celotnega postopka ter povprečnih vrednosti doz CUM, DAP in DIA glede na mesto odvzema.

Mesto odvzema (število glede na lokalizacijo)	Priprava (h:min)	Intervencija (h:min)	Postopek (h:min)	CUM (mGy)	DAP (Gycm2)	DIA (s)
Skupaj	0:51	0:49	1:40	173,2	46,2	183
Medenica (10)	0:57	0:54	1:51	206,9	52,4	168
Spodnji okončini (4)	0:45	0:32	1:17	173,8	54,6	166
Hrbtenica (12)	0:42	0:50	1:32	130,0	33,7	198
Paravertebralno (7)	0:32	0:49	1:21	121,2	34,4	181
Telo vretenca (5)	0:54	0:51	1:45	142,4	32,7	222
Ostalo (2)	0:45	1:17	2:02	262,4	73,5	191



Slika 10: Povprečen čas priprave pri različnih tipih odvzema (+ 1 standardni odklon).

pomika tarčne spremembe med 3D zajemanjem slike (9). Histološka uspešnost raziskav biopsij mišično-kostnega sistema pod nadzorom klasičnega CT se giblje med 71 % in 98,4 % (6,16,28-31).

V naši raziskavi zapletov, povezanih s posegom, nismo zabeležili. Tudi v primerljivih študijah Caraffiela in sodelavcev opisujejo izredno nizko stopnjo zapletov, medtem ko v raziskavi z največjim naborom bolnikov zapletov ni bilo (16). Raziskave perkutanih biopsij mišično-kostnega sistema pod nadzorom klasičnega CT poročajo o ravni zapletov med 0 in 2,1 %. V primerjavi s 16-odstotno stopnjo zapletov pri kirurških biopsijah mišično-kostnega sistema imajo perkutane biopsije pod nadzorom tako CBCT kot klasičnega CT izrazito nižjo stopnjo zapletov (27). Največji prispevek k varnosti predstavlja natančen nadzor in možnosti načrtovanja optimalne biopsijske poti, s čimer se izognemo vitalnim okolnim strukturam in nam hkrati omogoča varno izvajanje biopsije na težko dostopnih mestih ter na majhnih spremembah.

Metoda, uporabljena v naši raziskavi, se je izkazala za visoko specifično in občutljivo za razlikovanje med malignimi

in benignimi spremembami. Prav tako sta bili visoki pozitivna in negativna napovedna vrednost. Dobljene vrednosti za specifičnost in občutljivost v naši raziskavi se ujemajo z rezultati, objavljenimi v literaturi, tako za CBCT (91 % oziroma 100 %), kot za s CT vodeno punkcijo (94 % oziroma 100 %) (6,20).

Na čas priprave je pomembno vplivala anesteziološka predpriprava bolnikov. Najdaljše čase priprave smo izmerili pri odvzemih iz kosti medenice in hrbtenice, ki so zaradi zahtevnega dostopa in večje potrebe po natančnosti zahtevale splošno anestezijo. Rezultati primerljivih raziskav navajajo povprečni čas intervencije med 28 in 58 min ter povprečni čas celotnega postopka med 52 in 215 min (11,16,22,32). V ta časovni okvir spadajo tudi časi, izmerjeni v naši raziskavi. Povprečen čas intervencije za biopsije pod nadzorom klasičnega CT za mišično-kostni sistem znašajo med 30 min in 1 h (16,26,29). Leshka in sodelavci kot razlog za daljši čas priprave oz. intervencije za biopsije v področju medenice navajajo tudi položaj preiskovanca na trebuhu, kar podaljša nameščanje in otežuje uvedbo splošne anestezije. Uporabo splošne anestezije zato priporočajo za biopsijo majhnih sprememb ter za posege, pri katerih biopsijska pot poteka mimo pomembnih oz. tveganih telesnih struktur (19).

Povprečne vrednosti DAP v naši raziskavi so primerljive s podatki v literaturi, v kateri so opisane vrednosti med 34,4 in 66 Gy·cm² (11,16,22). Povprečne vrednosti za ED v literaturi so med 12,7 in 18,5 mSv. Tzelikas s sodelavci je z dozimetri na preiskovancih pri 23 biopsijah pod nadzorom CBCT in 23 biopsijah pod nadzorom CT izmerili povprečno dozo 45 oz. 136 mGy. V raziskavi umeščenost ali strukturne značilnosti spremembe niso vplivale na prejeto dozo (11,16,22). Povprečna vrednost DIA v naši raziska-

vi je nižja od vrednosti v literaturi, ko avtorji navajajo vrednosti med 3 min 37 s in 4 min 49 s, medtem ko je povprečna sevalna obremenitev v naši raziskavi nekoliko višja (11,16,22). To si lahko razlagamo z višjim številom slikanj CBCT zaradi velikega deleža biopsij v področju hrbtenice, kjer je dober topografski pregled še posebej pomemben. Dobljeno sevalno obremenitev smo primerjali z rezultati raziskav za biopsije pod nadzorom klasičnega CT, za katere avtorji navajajo povprečno efektivno dozo med 18,7 in 25 mSv oz. srednjo vrednost 23 mSv (16,23). ED biopsij mišično-kostnega sistema pod nadzorom klasičnega CT je v literaturi višja od ED, izmerjene v naši raziskavi. Prav tako pa je žal višja od ED za biopsije mišično-kostnega sistema pod nadzorom CBCT v literaturi (11,16,22). Sklenemo lahko, da imajo biopsije mišično-kostnega sistema pod nadzorom CBCT manjšo sevalno obremenitev v primerjavi z biopsijami pod nadzorom klasičnega CT. V literaturi je opisano znižanje sevalne obremenitve med 13 % in 42 %, kar smo potrdili tudi z rezultati naše raziskave (15).

Opazovali smo vpliv različnih opazovanih parametrov na uspešnost posegov. Osredinili smo se predvsem na vpliv odvzemnega mesta ter tipa biopsije. Za odvzeme s področja medenice smo opazili nekoliko nižjo tehnično uspešnost, večji kot med virtualno biopsijsko potjo in iglo ter daljši čas intervencije, kar pripisujemo predvsem večji zahtevnosti biopsij v tem področju. Kljub temu smo v naši raziskavi za odvzeme v področju medenice zabeležili visoko histološko uspešnost. Dupuy in sodelavci na podlagi 176 posegov poročajo, da so biopsijski odvzemi iz medenice tehnično bolj zahtevni in povezani z nižjo stopnjo histološke uspešnosti, kar pripisujejo težji dostopnosti medenice za biopsijske posege zaradi njene zapletene

anatomije (33). Dodatno odstopanje v rezultatih smo opazili tudi pri odvzemih s področja hrbtenice, kjer smo opazili visoko tehnično in nekoliko nižjo histološko uspešnost. Podobno ugotavljata tudi Dupuy in Hau, ki navajata, da so odvzemi s tega področja povezani z nižjo histološko uspešnostjo glede na druga odvzemna mesta (31,33). Za odvzeme v predelu spodnjih udov smo zabeležili visoko histološko uspešnost, krajši čas intervencije in celotnega postopka ter nizko sevalno obremenitev. Altunas in Lis s sod. navajajo najvišjo histološko uspešnost za odvzeme v predelu spodnjih udov, kar povezujejo z dobro dostopnostjo odvzemnega mesta, saj spremembe v predelu spodnjih udov večinoma ležijo na površini kosti in so zato odvzemi tehnično manj zahtevni (21,33).

Primerjava naše raziskave in primerljivih raziskav za slikovno vodene biopsije pod nadzorom CBCT z raziskavami za slikovno vodene biopsije pod nadzorom klasičnega CT kaže, da je diagnostična vrednost obeh metod primerljiva (14,26,29). Prav tako je med metodama primerljiv čas intervencije (16). Bistvena prednost uporabe CBCT je občutno nižja sevalna obremenitev bolnikov in operaterjev ter nižja raven in stopnja resnosti zapletov (16,21,23,30).

5. Zaključek

Rezultati naše raziskave, kot tudi rezultati primerljivih raziskav v tujini, kažejo, da je računalniško vodena perkutana biopsija mišično-kostnega sistema, opravljena pod nadzorom CBCT z uporabo programske opreme XperGuide, varna, tehnično in histološko uspešna diagnostična metoda pri obravnavi etiološko neopredeljenih sprememb mišično-kostnega sistema. V naši ustanovi smo metodo vpeljali v redno klinično prakso za vse spremembe, ki niso dostopne z

UZ-vodenimi biopsijami ali pa kadar fluoroskopski nadzor ne zadostuje za zaradi velikosti in lokalizacije sprememb varno in uspešno izvedbo posega.

Literatura

1. Maybody M, Stevenson C, Solomon SB. Overview of navigation systems in image-guided interventions. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2013 Sep;16(3):136–43.
2. Kagadis GC, Katsanos K, Karnabatidis D, Loudos G, Nikiforidis GC, Hendee WR. Emerging technologies for image guidance and device navigation in interventional radiology. *Med Phys*. 2012 Sep;39(9):5768–81.
3. Davies A, Sundaram M, James S. *Imaging of bone tumors and tumor-like lesions*. Berlin: Springer-Verlag; 2009.
4. Le HB, Lee ST, Munk PL. Image-guided musculoskeletal biopsies. *Semin Intervent Radiol*. 2010 Jun;27(2):191–8.
5. Mitsuyoshi G, Naito N, Kawai A, Kunisada T, Yoshida A, Yanai H, et al. Accurate diagnosis of musculoskeletal lesions by core needle biopsy. *J Surg Oncol*. 2006 Jul;94(1):21–7.
6. Rimondi E, Staals EL, Errani C, Bianchi G, Casadei R, Alberghini M, et al. Percutaneous CT-guided biopsy of the spine: results of 430 biopsies. *Eur Spine J*. 2008 Jul;17(7):975–81.
7. Fenton DS, Peterson JJ. Procedural similarities. In: Peterson JJ, Fenton DS, Czervionke LF, editors. *Image-guided musculoskeletal intervention*. 1st ed. Philadelphia: Saunders/Elsevier; 2008. pp. 1–15.
8. Le HB, Lee ST, Munk PL. Image-guided musculoskeletal biopsies. *Semin Intervent Radiol*. 2010 Jun;27(2):191–8.
9. Becker C, Nikolaou K. *Multislice CT*. Dordrecht: Springer; 2008.
10. Braak S. *Cone-beam CT-guidance in Interventional Radiology [Ph.D.]*. Univerza v Utrechtu, Nizozemska; 2012.
11. Wallace MJ, Kuo MD, Glaiberman C, Binkert CA, Orth RC, Soulez G; Technology Assessment Committee of the Society of Interventional Radiology. Three-dimensional C-arm cone-beam CT: applications in the interventional suite. *J Vasc Interv Radiol*. 2008 Jun;19(6):799–813.
12. Braak SJ, van Strijen MJ, van Leersum M, van Es HW, van Heesewijk JP. Real-Time 3D fluoroscopy guidance during needle interventions: technique, accuracy, and feasibility. *AJR Am J Roentgenol*. 2010 May;194(5):W445–51.
13. Spelle L, Ruijters D, Babic D, Homan R, Mielekamp P, Guillermic J, et al. First clinical experience in applying XperGuide in embolization of jugular paragangliomas by direct intratumoral puncture. *Int J CARS*. 2009 Nov;4(6):527–33.
14. Tam AL, Mohamed A, Pfister M, Chinndurai P, Rohm E, Hall AF, et al. C-arm cone beam computed tomography needle path overlay for fluoroscopic guided vertebroplasty. *Spine*. 2010 May;35(10):1095–9.
15. Orth RC, Wallace MJ, Kuo MD; Technology Assessment Committee of the Society of Interventional Radiology. C-arm cone-beam CT: general principles and technical considerations for use in interventional radiology. *J Vasc Interv Radiol*. 2008 Jun;19(6):814–20.
16. Racadio JM, Babic D, Homan R, Rampton JW, Patel MN, Racadio JM, et al. Live 3D guidance in the interventional radiology suite. *AJR Am J Roentgenol*. 2007 Dec;189(6):W357–64.
17. Tselikas L, Joskin J, Roquet F, Farouil G, Dreuil S, Hakimé A, et al. Percutaneous bone biopsies: comparison between flat-panel cone-beam CT and CT-scan guidance. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2015 Feb;38(1):167–76.
18. Davies A, Sundaram M, James S. *Imaging of bone tumors and tumor-like lesions*. Berlin: Springer-Verlag; 2009. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-77984-1>.
19. Braak SJ, Zuurmond K, Aerts HC, van Leersum M, Overtoom TT, van Heesewijk JP, et al. Feasibility study of needle placement in percutaneous vertebroplasty: cone-beam computed tomography guidance versus conventional fluoroscopy. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2013 Aug;36(4):1120–6.
20. Busser WM, Hoogveen YL, Veth RP, Schreuder HW, Balguid A, Renema WK, et al. Percutaneous radiofrequency ablation of osteoid osteomas with use of real-time needle guidance for accurate needle placement: a pilot study. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2011 Feb;34(1):180–3.
21. Carrafiello G, Fontana F, Mangini M, Ierardi AM, Cotta E, Floridi C, et al. Initial experience with percutaneous biopsies of bone lesions using XperGuide cone-beam CT (CBCT): technical note. *Radiol Med (Torino)*. 2012 Dec;117(8):1386–97.
22. Suzuki S, Furui S, Yamaguchi I, Yamagishi M, Watanabe A, Abe T, et al. Effective dose during abdominal three-dimensional imaging with a flat-panel detector angiography system. *Radiology*. 2009 Feb;250(2):545–50.
23. Leschka SC, Babic D, El Shikh S, Wossmann C, Schumacher M, Taschner CA. C-arm cone beam computed tomography needle path overlay for image-guided procedures of the spine and pelvis. *Neuroradiology*. 2012 Mar;54(3):215–23.
24. Tsalafoutas IA, Tsapaki V, Triantopoulou C, Gorantonaki A, Papailiou J. CT-guided interventional procedures without CT fluoroscopy assistance: patient effective dose and absorbed dose considerations. *AJR Am J Roentgenol*. 2007 Jun;188(6):1479–84.

25. Cardella JF, Bakal CW, Bertino RE, Burke DR, Drooz A, Haskal Z, et al.; Society of Interventional Radiology Standards of Practice Committee. Quality improvement guidelines for image-guided percutaneous biopsy in adults. *J Vasc Interv Radiol*. 2003 Sep;14(9 Pt 2):S227–30.
26. Omary RA, Bettmann MA, Cardella JF, Bakal CW, Schwartzberg MS, Sacks D, et al.; Society of Interventional Radiology Standards of Practice Committee. Quality improvement guidelines for the reporting and archiving of interventional radiology procedures. *J Vasc Interv Radiol*. 2003 Sep;14(9 Pt 2):S293–5.
27. Jelinek JS, Murphey MD, Welker JA, Henshaw RM, Kransdorf MJ, Shmookler BM, et al. Diagnosis of primary bone tumors with image-guided percutaneous biopsy: experience with 110 tumors. *Radiology*. 2002 Jun;223(3):731–7.
28. Motamedi K, Levine BD, Seeger LL, McNitt-Gray MF. Success rates for computed tomography-guided musculoskeletal biopsies performed using a low-dose technique. *Skeletal Radiol*. 2014 Nov;43(11):1599–603.
29. Lis E, Bilsky MH, Pisinski L, Boland P, Healey JH, O'malley B, et al. Percutaneous CT-guided biopsy of osseous lesion of the spine in patients with known or suspected malignancy. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2004 Oct;25(9):1583–8.
30. Puri A, Shingade VU, Agarwal MG, Anchan C, Juvekar S, Desai S, et al. CT-guided percutaneous core needle biopsy in deep seated musculoskeletal lesions: a prospective study of 128 cases. *Skeletal Radiol*. 2006 Mar;35(3):138–43.
31. Maciel MJ, Tyng CJ, Barbosa PN, Bitencourt AG, Matushita Junior JP, Zurstrassen CE, et al. Computed tomography-guided percutaneous biopsy of bone lesions: rate of diagnostic success and complications. *Radiol Bras*. 2014 Sep-Oct;47(5):269–74.
32. Hau A, Kim I, Kattapuram S, Hornicek FJ, Rosenberg AE, Gebhardt MC, et al. Accuracy of CT-guided biopsies in 359 patients with musculoskeletal lesions. *Skeletal Radiol*. 2002 Jun;31(6):349–53.
33. Kim S, Park H, Lee S, Chung E, Park H, Kook S, et al. Initial Experience with Percutaneous Needle Aspiration of Paraspinal Lesions Using XperGuide Cone-Beam CT. *J Korean Soc Radiol*. 2013;68(3):245.
34. Dupuy DE, Rosenberg AE, Punyaratabandhu T, Tan MH, Mankin HJ. Accuracy of CT-guided needle biopsy of musculoskeletal neoplasms. *AJR Am J Roentgenol*. 1998 Sep;171(3):759–62.