



Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Matea Prenc

**POVEZANOST KLINIČKE DIJAGNOZE
OSTEOARTRITISA
TEMPOROMANDIBULARNOG ZGLOBA S
NALAZOM KONUSNE
KOMPJUTORIZIRANE TOMOGRAFIJE I
MAGNETSKE REZONANCIJE**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2026.



Sveučilište u Zagrebu

Stomatološki fakultet

Matea Prenc

**POVEZANOST KLINIČKE DIJAGNOZE
OSTEOARTRITISA
TEMPOROMANDIBULARNOG ZGLOBA S
NALAZOM KONUSNE
KOMPJUTORIZIRANE TOMOGRAFIJE I
MAGNETSKE REZONANCIJE**

DOKTORSKI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Dijana Zadravec, dr.med.

Komentor: prof. dr. sc. Tomislav Badel, dr.med.dent.

Zagreb, 2026.



Sveučilište u Zagrebu

School of Dental Medicine

Matea Prenc

**CORRELATION BETWEEN THE CLINICAL
DIAGNOSIS OF TEMPOROMANDIBULAR
JOINT OSTEOARTHRITIS AND THE
FINDINGS OF CONE BEAM COMPUTED
TOMOGRAPHY AND MAGNETIC
RESONANCE IMAGING**

DOCTORAL DISSERTATION

Mentor: prof. dr. sc. Dijana Zadravec, dr.med.

Co-mentor: prof. dr. sc. Tomislav Badel, dr.med.dent.

Zagreb, 2026.

Rad je ostvaren u: Katedri za opću i dentalnu radiologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kliničkom zavodu za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju Kliničkog bolničkog centra Sestre milosrdnice i Zavodu za mobilnu protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Naziv, oznaka i voditelj projekta u okviru kojeg je istraživanje obavljeno: Ovo istraživanje financirano je sredstvima Europske unije – NextGenerationEU kroz Nacionalni plan oporavka i otpornosti (NPOO), u sklopu projekta Napredni dentalni materijali: karakterizacija, klinička primjena i novi izazovi, SFZG-13-2025 PRO. Prof. dr. sc. Andreja Carek, dr. med.dent.

Lektor hrvatskog jezika: Vanja Nekich, profesorica hrvatskog jezika i književnosti

Lektor engleskog jezika: Michael Nekich, stalni sudski tumač za engleski jezik

Sastav Povjerenstva za ocjenu doktorskog rada:

(za svakog člana Povjerenstva naknadno se rukom na za to predviđeno mjesto upisuju ime i prezime, akademsko zvanje i ustanova)

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

Sastav Povjerenstva za obranu doktorskog rada:

(za svakog člana Povjerenstva naknadno se rukom na za to predviđeno mjesto upisuju ime i prezime, akademsko zvanje i ustanova)

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

Datum obrane rada: _____ (upisuje se naknadno rukom)

Rad sadrži: 162 stranice

20 tablica

54 slika

1 CD

Rad je vlastito autorsko djelo, koje je u potpunosti samostalno napisano uz naznaku izvora drugih autora i dokumenata korištenih u radu. Osim ako nije drukčije navedeno, sve ilustracije (tablice, slike i dr.) u radu su izvorni doprinos autora poslijediplomskog doktorskog rada. Autor je odgovoran za pribavljanje dopuštenja za korištenje ilustracija koje nisu njegov izvorni doprinos, kao i za sve eventualne posljedice koje mogu nastati zbog nedopuštenog preuzimanja ilustracija odnosno propusta u navođenju njihovog podrijetla.

Zahvala

Ponajprije se zahvaljujem svojoj obitelji na naizmjernej pomoći, podršci i ljubavi. Nakon svega, jedino mi je žao je što sam zbog svojih ambicija prečesto žrtvovala vrijeme provedeno s vama.

Svojoj mentorici, profesorici Dijani Zadravec, zahvaljujem što mi je otvorila vrata onda kada drugi nisu. Na tome ću joj zauvijek biti zahvalna.

Veliko hvala komentoru, profesoru Tomislavu Badelu, bez čije stručnosti ova disertacija ne bi postojala.

Hvala Marti, Heleni i Tadeji na strpljenju, savjetima i prijateljstvu.

Hvala mojim dragim kolegama s posla na susretljivosti i razumijevanju.

Hvala svima koji i dalje vjeruju u snagu znanja i znanosti. Nadam se da će ova disertacija biti mali doprinos tom zajedničkom vjerovanju.

Sažetak

POVEZANOST KLINIČKE DIJAGNOZE OSTEOARTRITISA TEMPOROMANDIBULARNOG ZGLOBA S NALAZOM KONUSNE KOMPJUTORIZIRANE TOMOGRAFIJE I MAGNETSKE REZONANCIJE

Osteoartritis temporomandibularnog zgloba (OA TMZ) čest je temporomandibularni poremećaj u kojem zbog pojačanog opterećenja zglobnih površina nastaju degenerativne promjene hrskavice i kosti. Klinička dijagnostika nedostatna je u razlikovanju artrogenih oblika poremećaja te je za postavljanje konačne dijagnoze nužno zadovoljiti radiološke kriterije metodom konusne kompjutorizirane tomografije (CBCT). Cilj istraživanja je kod pacijenata s klinički dijagnosticiranim OA TMZ-om ispitati i usporediti povezanost standardiziranih radioloških parametara na CBCT-u i magnetskoj rezonanciji (MR) s uočenim kliničkim znakovima i simptomima. Provedeno je retrospektivno istraživanje na 101 pacijentu s klinički dijagnosticiranim OA TMZ-om kod kojih su učinjeni CBCT i MR pregledi oba TMZ-a. Analizirana su ukupno 202 zgloba primjenom standardiziranih dijagnostičkih kriterija za procjenu koštanih promjena na CBCT-u i mekotkivnih promjena na MR-u. Utvrđena je statistički značajna povezanost boli u zglobu, bolnosti bilaminarne zone, krepitacija i intenziteta boli sa stupnjem degenerativnih promjena na CBCT-u te s uznapredovalim pomakom diska i prisutnošću izljeva na MR-u. Prema nalazu CBCT-a, 44,1 % zglobova imalo je blage, a 42,6 % umjerene do teške degenerativne promjene, dok je 13,4 % zglobova bilo bez radioloških znakova OA. Na MR-u je pomak diska bio prisutan u 74,3 % zglobova. CBCT je za gotovo sve analizirane kriterije značajno češće prikazivao koštane degenerativne promjene od MR-a. Potpuni pomak diska bez redukcije bio je statistički značajno povezan sa svim koštanim promjenama na CBCT-u. U ovom, u dosadašnjoj literaturi jedinstvenom, standardiziranom istraživanju dobiveni rezultati potvrđuju postojanje značajne povezanosti između kliničke slike OA TMZ-a i radioloških promjena utvrđenih CBCT-om i MR-om. Kombinirana primjena kliničkog pregleda, CBCT-a i MR-a omogućuje procjenu koštanih i mekotkivnih obilježja i težine bolesti te doprinosi preciznijoj dijagnostici OA TMZ-a.

Ključne riječi: temporomandibularni zglob; osteoartritis; konusna kompjutorizirana tomografija; magnetska rezonancija; pomak diska

Summary

CORRELATION BETWEEN THE CLINICAL DIAGNOSIS OF TEMPOROMANDIBULAR JOINT OSTEOARTHRITIS AND CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY AND MAGNETIC RESONANCE IMAGING FINDINGS

Introduction and aim: Temporomandibular joint osteoarthritis (TMJ OA) is a common temporomandibular disorder characterized by degenerative changes of the cartilage and bone resulting from increased loading of the joint surfaces. Clinical diagnosis alone is insufficient for distinguishing arthrogenous forms of temporomandibular disorders, and fulfillment of radiological criteria using cone-beam computed tomography (CBCT) is required for a definitive diagnosis. Numerous studies have reported discrepancies between clinical and radiological findings. The aim of this study was to investigate and compare the association between standardized radiological parameters obtained by CBCT and magnetic resonance imaging (MRI) and the observed clinical signs and symptoms in patients with clinically diagnosed TMJ OA.

Participants and methods: A retrospective study was conducted on 101 patients with clinically diagnosed TMJ OA who underwent CBCT and MRI examinations of both temporomandibular joints. A total of 202 joints were analyzed using standardized diagnostic criteria for the assessment of osseous changes on CBCT and soft-tissue abnormalities on MRI. The radiological findings were compared with the clinical signs and symptoms of the disease. In addition, the association between CBCT-defined radiological features of TMJ OA and MRI findings was investigated, the diagnostic accuracy of CBCT and MRI for TMJ OA was assessed, and the severity of degenerative changes on CBCT, the prevalence of clinical and radiological signs, and the distribution of TMJ OA according to age and sex were determined.

Results: The study population consisted predominantly of women (97.0 %) with a mean age of 48.8 years. Statistically significant associations were found between joint pain, bilaminar zone tenderness, crepitation, pain intensity, and both the severity of degenerative changes on CBCT and advanced MRI findings, including disc displacement and joint effusion. According to CBCT findings, 44.1 % of joints demonstrated mild degenerative changes, 42.6 % moderate to severe

degenerative changes, while 13.4 % showed no radiographic signs of osteoarthritis. The most frequent osseous findings were generalized sclerosis (66.8 %) and osteophytes (54.0 %). Disc displacement was identified on MRI in 74.3 % of joints, most commonly as complete disc displacement without reduction. CBCT detected osseous degenerative changes significantly more frequently than MRI for almost all evaluated criteria. Complete disc displacement without reduction was significantly associated with all major osseous degenerative changes observed on CBCT.

Conclusion: This standardized study, unique in the current literature in its simultaneous investigation of the relationship between clinical, CBCT, and MRI findings in a targeted subgroup of patients with TMJ OA, demonstrated a significant association between the clinical presentation of TMJ OA and radiological changes detected by CBCT and MRI. The combined use of clinical examination, CBCT, and MRI enables a comprehensive assessment of both osseous and soft-tissue manifestations of the disease, contributing to more accurate diagnosis and evaluation of disease severity.

Keywords: temporomandibular joint, osteoarthritis, cone-beam computed tomography, magnetic resonance imaging, disc displacement

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Anatomija	2
1.1.1. Koštani dijelovi TMZ-a.....	3
1.1.2. Meka tkiva TMZ-a.....	5
1.2. Biomehanika.....	9
1.3. Radiološke metode oslikavanja TMZ.....	13
1.3.1. Konvencionalna radiografija.....	13
1.3.2. Kompjutorizirana tomografija.....	15
1.3.3. Konusna kompjutorizirana tomografija.....	17
1.3.4. Magnetska rezonancija.....	22
1.3.5. Interpretacija CBCT i MR snimaka.....	28
1.3.6. Ostali radiološki modaliteti oslikavanja TMZ-a: ultrazvuk i tehnike nuklearne medicine	29
2. HIPOTEZA I CILJEVI.....	39
3. ISPITANICI I METODE.....	41
3.1. Ispitanici.....	42
3.2. Metode.....	44
3.2.1. Prikupljanje kliničkih podataka.....	44
3.2.2. Analiza radioloških snimaka.....	46
3.2.3. Statistička analiza	56
4. REZULTATI.....	59
4.1. Demografski podaci.....	60
4.2. Klinički znakovi i simptomi.....	62
4.3. Koštane degenerativne promjene na CBCT-u i MR-u i stupnjevanje OA.....	70
4.4. Mekotkivni nalazi na MR-u - međusobne korelacije, asocijacije s koštanim nalazima i stupnjem OA.....	82
4.5. Povezanost kliničkih znakova i simptoma s radiološkim nalazima CBCT-a i MR-a.....	99
5. RASPRAVA.....	113

6. ZAKLJUČAK.....	133
7. LITERATURA I IZVORI.....	137
PRILOZI.....	153
8. ŽIVOTOPIS S POPISOM OBJAVLJENIH RADOVA	157
Životopis.....	158
Popis objavljenih radova	159

Popis skraćenica

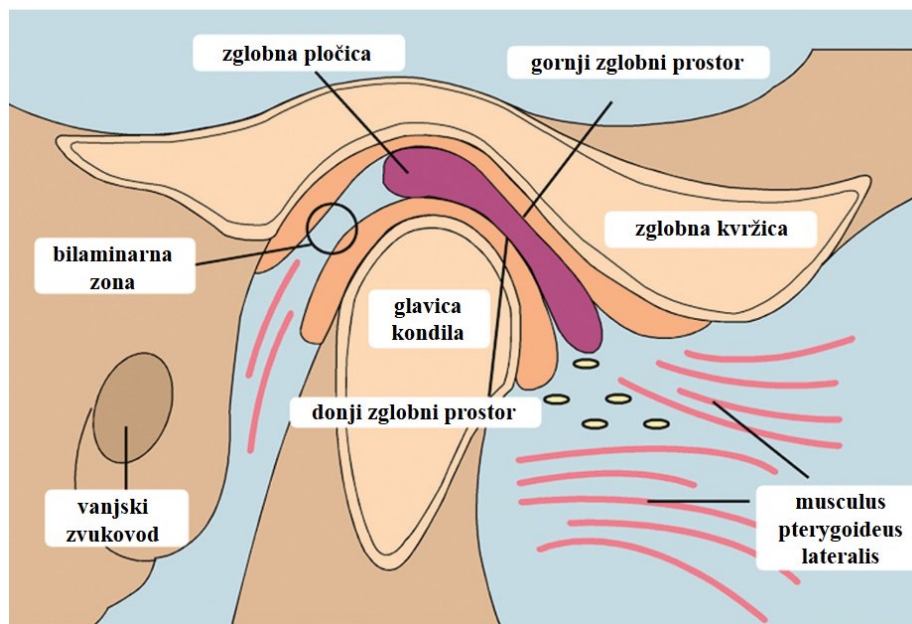
CBCT	konusna kompjutorizirana tomografija (engl. <i>cone-beam computed tomography</i>)
CI	interval pouzdanosti (engl. <i>confidence interval</i>)
CT	kompjutorizirana tomografija (engl. <i>computed tomography</i>)
DC/TMD	dijagnostički kriteriji za temporomandibularne poremećaje (engl. <i>Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders</i>)
FDR	stopa lažnih otkrića (engl. <i>false discovery rate</i>)
FOV	vidno polje (engl. <i>field of view</i>)
FSPGR	vrsta MR sekvence, brza prigušena gradijentna sekvenca (engl. <i>fast spoiled gradient recalled echo</i>)
HU	Hounsfieldove jedinice (engl. <i>Hounsfield units</i>)
IQR	interkvartilni raspon (engl. <i>interquartile range</i>)
KW	Kruskal-Wallisov test
MDCT	višedetektorska kompjutorizirana tomografija (engl. <i>multidetector computed tomography</i>)
MPR	multiplanarna rekonstrukcija (engl. <i>multiplanar reconstruction</i>)
MR	magnetska rezonancija
MSCT	višeslojna kompjutorizirana tomografija (engl. <i>multislice computed tomography</i>)
MWU	Mann-Whitneyjev U-test
NPV	negativna prediktivna vrijednost (engl. <i>negative predictive value</i>)
NRS	numerička ljestvica boli (engl. <i>Numeric Rating Scale</i>)
OA	osteoartritis
OPG	ortopantomogram (panoramska radiografija)
OR	omjer izgleda (engl. <i>odds ratio</i>)
PD	protonska gustoća (engl. <i>proton density</i>)
PPV	pozitivna prediktivna vrijednost (engl. <i>positive predictive value</i>)
Q1	prvi kvartil
Q3	treći kvartil
RDC/TMD	istraživački dijagnostički kriteriji za temporomandibularne poremećaje (engl. <i>Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders</i>)
STIR	vrsta MR sekvence, sekvenca kratkog inverzijskog vremena (engl. <i>short tau inversion recovery</i>)
T1	T1-mjerena MR sekvenca

T2	T2-mjerena MR sekvenca
TE	vrijeme odjeka (engl. <i>echo time</i>)
TMP	temporomandibularni poremećaji
TMZ	temporomandibularni zglob
TR	vrijeme ponavljanja (engl. <i>repetition time</i>)
UZV	ultrazvuk
VAS	vizualno-analogna skala
VEGF	vaskularni endotelni faktor rasta (engl. <i>vascular endothelial growth factor</i>)
ZTE	vrsta MR sekvence, sekvenca nultog vremena odjeka (engl. <i>zero echo time</i>)

1. UVOD

1.1. Anatomija

Čeljusni ili temporomandibularni zglob (TMZ, lat. *articulatio temporomandibularis*) smješten je s obje strane lica, ispred vanjskog zvukovoda i ispod stražnjeg dijela zigomatičnog luka (1) te povezuje bazu lubanje s donjom čeljusti. Morfološke osobitosti te odnos s okolnim anatomskim strukturama omogućuju složene kretnje u zglobu. Oba TMZ-a čine artikularni kompleks koji s okolnim mišićima i ligamentima te zubnim lukovima povezuje donju i gornju čeljust te omogućuje okluziju. Kao jedini pomični zglob glave, TMZ pripada skupini sinovijalnih zglobova kod kojih se koštana zglobna tijela, hrskavica i zglobni prostor nalaze unutar zglobne čahure čiji unutarnji list proizvodi sinovijalnu tekućinu. Uz to je TMZ jedan od nekoliko zglobova u tijelu kod kojih se između zglobnih površina nalazi intraartikularni disk. Zglobni ligamenti pojačavaju zglobnu čahuru, a žvačni mišići potpomažu kretnje zgloba (2, 3) (slika 1).



Slika 1. Prikaz struktura temporomandibularnog zgloba u sagitalnoj ravnini. Preuzeto iz: Badel T. *Temporomandibularni poremećaji i stomatološka protetika*. Zagreb: Medicinska naklada, 2007. (4), uz dopuštenje autora, prof. dr. sc. Tomislava Badela.

Strukture TMZ-a počinju se nazirati u 8. tjednu gestacije, a kroz 14. tjedan razvijaju se gornja i donja čeljust, žvačni mišići i zglobna pločica. Zglob se nastavlja razvijati nakon rođenja kroz rano djetinjstvo, kako se zglob sve više koristi za sisanje, a kasnije i za žvakanje (5).

Oblik TMZ-a izravno je uvjetovan razvojem zubi i okluzijom. Pri tome je TMZ jedini zglob u tijelu koji ima čvrste krajeve u obliku zubnih lukova koji čine okluziju (2).

1.1.1. Koštani dijelovi TMZ-a

U TMZ-u se uzglobljuju artikulacijske plohe sljepoočne kosti i donje čeljusti. Kranijalna komponenta zgloba smještena je ispod skvamoznog, a ispred timpaničnog dijela sljepoočne (temporalne) kosti (5) te se sastoji od konkavne udubine na donjoj površini skvame koja se zove zglobna jamica (lat. *fossa glenoidalis*) (3). Zglobna jamica šira je u svom mediolateralnom nego u anteroposteriornom dijelu (6) te je šira od zglobne površine kondila (2). *Fissura squamotympanica* prolazi kroz posteriorni i lateralni dio zglobne jamice te odvaja dio koji služi kao zglobna površina od neartikulirajućeg dijela (5). Jamica je u stražnjem dijelu uzdignuta kao stražnji zglobni greben koji tvore prednji dijelovi *fissure petrosquamosae* i *fissure petrotympanice* (2). Kod većine ljudi stražnji zglobni greben u lateralnom je dijelu zadebljan te stvara postglenoidni nastavak (lat. *processus postglenoidalis*) (5). Medijalna granica zglobne jamice lagano se sužava i ograničena je koštanim zidom koji se zove entoglenoidni nastavak (lat. *processus entoglenoidalis*) (2). Prednju granicu zglobne jamice čini koštani izdanak smješten medijalno od stražnjeg dijela zigomatičnog nastavka koji se zove artikularna eminencija (lat. *eminencia articularis*) (5). Padina artikularne eminencije zglobna je površina po kojoj klizu kondil i disk pri normalnim pokretima čeljusti. Sloj hrskavice na zglobnoj površini eminencije izrazito je zadebljao te se na njemu odvija prijenos sila sa zglobne pločice. Zglobna jamica i artikularna eminencija tvore zglobnu površinu u obliku slova „S”. S vrha artikularne eminencije prema naprijed pruža se horizontalna zglobna površina koja se zove preglenoidna ravnina (2). Zahvaljujući laganom nagibu preglenoidne ravnine mandibularni kondil i zglobna pločica prilikom zatvaranja usta lako se mogu vratiti u neutralnu poziciju (5). Na lateralnoj površini artikularne eminencije, blizu korijena zigomatičnog nastavka,

nalazi se zglobna kvržica (lat. *tuberculum articulare*) (6) na koju se hvata lateralni kolateralni ligament (5). Morfologija artikularnog tuberkula odgovara putanji kondila te je tuberkul u anteroposteriornom smjeru konveksan, a mediolateralno konkavan, sa strmim nagibom posteriorno, a blagim nagibom u prednjem dijelu (1). Zglobna jamica građena je od tanke kompaktne kosti, dok je kod artikularnog tuberkula i mandibularnog kondila ispod kompakte spužvasta kost. Zglobne površine prekrivene su vezivnom hrskavicom čija se debljina povećava od glenoidne udubine prema artikularnoj eminenciji. Zglobna jamica sadrži stražnji dio zglobne pločice i kondil, ali sama ne sudjeluje u pokretima u zglobu koji se uvijek ostvaruju između mandibularnog kondila, diska i zglobne kvržice (1). S obzirom na to da je krov zglobne jamice tanak, tijekom funkcije zgloba opterećenje podnose zglobna kvržica i intraartikularni disk (3).

Kaudalna komponenta zgloba je mandibularni kondil (lat. *condylus mandibulae*), odnosno elipsoidna kondilarna glava koja je pričvršćena za ramus donje čeljusti uskim vratom. Opisana su četiri glavna anatomska oblika kondila u frontalnoj ravnini: deplanirani, konveksni (najčešći), angulirani i okrugli. Osim toga, oblik kondila može biti izmijenjen u različitim poremećajima koji zahvaćaju TMZ, primjerice pri osteoartritisu (3). Mandibularni kondil bipolarna je struktura s posteriorno orijentiranim medijalnim polom i zglobnom površinom na anterosuperiornom dijelu, nasuprot stražnjoj padini artikularne eminencije. Zglobna površina kondila u svim je smjerovima konveksnog oblika, šira mediolateralno (15 – 20 mm) nego anteroposteriorno (8 – 10 mm). Kosa linija (lat. *linea obliqua*), koja potječe neposredno ispod koronoidnog nastavka mandibule te se koso pruža duž prednjeg ruba mandibule, glavna je struktura preko koje se prenosi opterećenje prilikom žvakanja kako bi se spriječilo preveliko opterećenje kondila. Zglobne površine kondilarnih glava i zglobnih jamica prekrivene su vezivnom hrskavicom, što ih razlikuje od većine drugih zglobova koji su prekriveni hijalinom hrskavicom (3). Osim TMZ-a, jedini zglobovi u tijelu koji sadrže fibrozu, a ne hijalinu hrskavicu jesu akromioklavikularni i sternoklavikularni zglobovi (2).

U pogledu funkcijske anatomije TMZ-a ističe se značajna nejednakost između artikulacijskih površina, pri čemu zglobna jamica nije funkcionalna komponenta zgloba, već služi kao mjesto za odmor kondila kada je mandibula u položaju mirovanja (1).

1.1.2. Meka tkiva TMZ-a

Zglobna pločica ili disk (lat. *discus articularis*) građena je od avaskularne vezivne hrskavice i izvanstaničnog matriksa (3). Bikonkavnog je oblika s tanjim (debljine oko 1 mm) centralnim dijelom zvanim intermedijarna zona te dva deblja kraja koji sprečavaju pomak diska tijekom translacije. Prednji dio diska trokutastog je oblika, debljine oko 2 mm, i nastavlja se prema anteriornoj stijenci čahure te se kolagenim nitima hvata za zglobnu čahuru na istom mjestu na kojem se anteriorno izvana za čahuru hvataju tetivne niti gornje glave lateralnog pterigoidnog mišića (1, 2, 6). Stražnji dio diska, debljine oko 3 mm, smješten je u zglobnoj jamici te se nastavlja kao tzv. bilaminarna zona ili retrodiskalna regija prema stražnjoj stijenci zglobne čahure s kojom se spaja. Bilaminarna zona građena je od rahlog veziva s gustim venama i živčanim završecima, na koje se disk posteriorno hvata putem gornje i donje lamine. Gornja lamina gusto je elastično tkivo koje se hvata na postglenoidni nastavak i sprečava isklizavanje diska kod pretjeranog otvaranja usta. Donja lamina građena je od kolagenih vlakana koja se sa zglobnom čahurom hvataju za vrat mandibule, sprečavaju pretjeranu rotaciju diska oko kondila te se posteriorno nastavljaju kao retrodiskalni venski splet koji se nalazi između lamina i hrani zglob prilikom otvaranja i zatvaranja usta. Kod otvaranja usta donja lamina se opušta, a gornja zateže, dok je obratno slučaj kod zatvaranja (2). S medijalnih i lateralnih strana disk je pričvršćen za kondil i zglobnu čahuru, što osigurava simultane kretnje kondila i diska. Donja površina intraartikularnog diska konkavna je i u stražnjem dijelu prekriva mandibularni kondil, a gornja je sedlastog oblika te se prilagođava obliku zglobne udubine i prednjim dijelom hvata na prednji rub kondila i na zglobnu kvržicu (1, 3).

Zglobna pločica tijekom funkcije zgloba pod djelovanjem sila tlaka i rastezanja mijenja svoj oblik zahvaljujući kolagenu koji tvori morfologiju pločice i elastinu koji omogućuje zadržavanje prvotnog oblika pločice nakon djelovanja opterećenja. Koncentracija i usmjerenost kolagenih i elastičnih vlakana te proteoglikana u izvanstaničnom matriksu razlikuju se među pojedinim dijelovima zglobne pločice. Savitljivost zglobne pločice omogućava prilagodbu oblika pločice morfologiji artikulacijskih površina kondila i sljepoočne kosti sve dok u zglobu ne postoje destruktivne sile i strukturalni poremećaji koji dovode do ireverzibilne deformacije diska. Zglobna

pločica djeluje kao prigušivač stresa u zglobu, usklađuje složene pokrete zgloba te dijeli zglobni prostor na dva dijela, gornji i donji (7).

Zglobna čahura (lat. *capsula articularis*) kružno obavija zglobnu jamicu te se gornjim dijelom sprijeda hvata na artikularni tuberkul, a straga na *fissuru squamotympanicu*. Ispod razine diska zglobna čahura je zategnutija te se hvata za vrat mandibule. Medijalni i stražnji dio kapsule tanki su i labavi, dok je u anterolateralnom dijelu čahura zadebljala te se nastavlja kao temporomandibularni ligament i hvata na zglobnu kvržicu. Zbog ovog odnosa zglobna čahura i temporomandibularni ligament zajedno se nazivaju kolateralnim ligamentom (1).

Zglobna čahura sastoji se od dva strukturalno i funkcijski različita sloja: vezivne membrane izvana, sastavljene od gustog iregularno poredanog kolagenog vezivnog tkiva, i sinovijalne membrane iznutra, koja zasebno oblaže unutarnju površinu vezivne membrane gornjeg i donjeg zglobnog prostora, izuzev zglobne hrskavice i diska, a glavna je zadaća sinovijalne membrane proizvodnja sinovijalne tekućine koja prehranjuje avaskularna tkiva u zglobu, podmazuje zglobne površine i otklanja debris nastao trošenjem zglobnih površina (1, 2). Sinovijalna tekućina filtrat je plazme te ispunjava oba zglobna prostora, gornji u prosječnoj količini od 1,2 mL, a donji u količini 0,5 – 0,9 mL. Zglobna čahura šira je od zglobnih površina, što omogućava kretnje kondila. Stražnji dio kapsule dulji je i sadrži više elastičnih vlakana koja se izdulje prilikom otvaranja usta, a prilikom zatvaranja olakšavaju povratak kondila u prvotni položaj. U prednjem dijelu kapsule postoji manji otvor kroz koji prolaze tetivna vlakna gornje glave lateralnog pterigoidnog mišića i hvataju se za prednji pol diska. Glavni zadatak kapsule ograničiti je prekomjernu translaciju kondila prema naprijed i spriječiti dislokaciju zgloba (2).

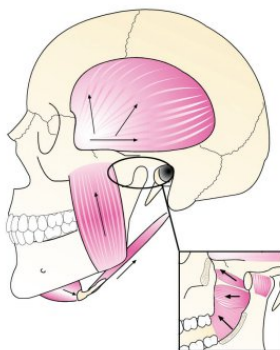
Ligamenti su građeni od neelastičnog kolagenog vezivnog tkiva, imaju pasivnu ulogu u ograničavanju pokreta u zglobu te održavaju položaj mandibule. Pritom strukturno podupiru zglobnu kapsulu bez ograničavanja normalnog opsega pokreta. Funkcijski ligamenti TMZ-a su temporomandibularni i kolateralni ligamenti, dok su sfenomandibularni, stilomandibularni i retinakularni ligamenti pomoćni ligamenti zgloba (2). Temporomandibularni ligament (lat. *ligamentum temporomandibulare*) pruža glavnu podršku zglobu, ograničava stražnje i donje

pokrete donje čeljusti tijekom retruzije i protruzije te štiti vanjski zvukovod od stražnjeg pomaka mandibularnog kondila (2, 3). Ligament se sastoji od dva dijela. Vanjski kosi dio, koji polazi s vanjske površine artikularne eminencije i zigomatičnog nastavka temporalne kosti te se hvata za vrat mandibule, ograničava otvaranje usta. Unutarnji horizontalni dio ima isto polazište, a hvata se na lateralnu stranu kondila, sprečava stražnji pomak kondila i diska te istežanje lateralnog pterigoidnog mišića (2). Stilomandibularni ligament (lat. *ligamentum stylomandibulare*) potječe od prva dva škržna luka i predstavlja zadebljanje duboke vratne fascije koje se proteže od vrha stiloidnog nastavka temporalne kosti, prolazi medijalno od parotidne žlijezde te se hvata za stražnji rub i kut donje čeljusti. Stilomandibularni ligament podržava temporomandibularni ligament i sprječava pretjeranu protruziju (3, 6). Sfenomandibularni ligament (lat. *ligamentum sphenomandibulare*) ostatak je Meckelove hrskavice. Potječe sa spine klinaste kosti (lat. *spina sphenoidalis*), a hvata se za medijalni zid zglobove čahure TMZ-a te je povezan s interpterigoidnom fascijom. U gornjem dijelu ligament križa *chorda tympani*, a ligament probija milohioidni neurovaskularni snop, dok maksilarna arterija i vena te donji alveolarni neurovaskularni snop prolaze između ligamenta i vrata mandibule. Glavna uloga mu je spriječiti pretjeranu translaciju kondila nakon otvaranja usta od 10 stupnjeva te za vrijeme otvaranja i zatvaranja usta spriječiti pritisak na donji alveolarni neurovaskularni snop (2, 6). Retinakularni ligament zadebljanje je fascije masetera. Kolateralni ligamenti (lat. *ligamentum mediale et laterale*) polaze s medijalnog i lateralnog pola diska i hvataju se za kondil, osiguravaju zajedničko pomicanje diska i kondila te ograničavaju rotaciju u donjem zglobnom prostoru (2).

Primarni žvačni mišići (*m. masseter*, *m. temporalis*, *m. pterygoideus medialis* i *m. pterygoideus lateralis*) potječu od mezenhima prvog škržnog luka i inervirani su mandibularnim ogrankom trigeminalnog živca (3). *M. masseter* mišić je pravokutnog oblika koji polazi s prednje dvije trećine zigomatičnog luka, pruža se dorzokaudalno te kosim površinskim i vertikalnim dubokim nitima hvata za lateralni dio ugla i donjeg ruba mandibule (2, 3). Mišić ima površinski, srednji i duboki sloj, a sva tri služe podizanju mandibule te pomažu u protruziji (1). Pritom površinska glava mišića sadrži anteriorno usmjerena vlakna koja omogućavaju protruziju, dok posteriorno usmjerena vlakna pomažu u retrakciji mandibule. Obje glave podižu donju čeljust. *M. masseter* jedan je od

najsnažnijih žvačnih mišića zahvaljujući brojnim tendinoznim septama čime se značajno povećava površina za vezivanje mišićnih vlakana (2). Najveći žvačni mišić je *m. temporalis* koji polazi s lateralnog dijela lubanje (lat. *planum temporale*) gdje je prekriven temporalnom fascijom te se lepezasto širi i prolazi ispod zigomatičnog luka, pri čemu, kao i kod *m. massetera*, mišićna vlakna konvergiraju prema centralnoj tetivi koja se hvata na koronoidni nastavak i ramus mandibule. Pritom su prednja mišićna vlakna vertikalno usmjerena te svojom kontrakcijom odižu mandibulu, dok stražnja, gotovo horizontalno položena, vlakna služe retrakciji (3). *M. temporalis* ima prednji, srednji i stražnji dio koji služe elevaciji mandibule i retruziji, a srednji dio sudjeluje i u protruziji. Lateralna devijacija postiže se ipsilateralnom kontrakcijom stražnjih vlakana te kontralateralnom kontrakcijom srednjih vlakana (1). Lateralni pterigoidni mišić čine donja i gornja glava koje su široko razdvojene, a združuju se ispred TMZ-a te imaju različite funkcije (5). Donja glava polazi s lateralne površine lateralnog pterigoidnog nastavka te završava u pterigoidnoj udubini kondilarnog nastavka mandibule. Gornja glava polazi s infratemporalne površine velikog krila sfenoidne kosti, a hvata se za prednji zid zglobove čahure te dijelom vlakana direktno na prednji dio intraartikularnog diska. Donja glava povezana je sa spuštanjem donje čeljusti, protruzijom i lateralnim pomacima, dok je gornja glava aktivna tijekom retrakcije donje čeljusti i zatvaranja usta, a inaktivna je prilikom otvaranja usta (3). Gornja glava pomaže u održavanju fiziološkog položaja diska pri otvorenim ustima, a donja glava izvlači kondil iz zglobove udubine (5). Tijekom bilateralne kontrakcije dolazi do otvaranja usta i protruzije donje čeljusti, dok se kod unilateralne kontrakcije donja čeljust pomiče lateralno (3). Medijalni pterigoidni mišić ima kosi tijek s medijalne površine lateralnog i lateralne površine medijalnog pterigoidnog nastavka, pruža se paralelno s maseteričnim mišićem duž medijalnog aspekta mandibule te se s medijalne strane hvata za ugao mandibule. Obostranom kontrakcijom sudjeluje u protruziji i podizanju donje čeljusti, a jednostranom pomiče mandibulu ulijevo (3). Izuzev lateralnog pterigoidnog mišića, svi preostali primarni žvačni mišići (*m. temporalis*, *m. masseter* i *m. pterygoideus medialis*) imaju funkciju zatvaranja usta. *M. pterygoideus lateralis* zajedno s mišićima suprahoidne skupine (*m. stylohyoideus*, *m. mylohyoideus* i *m. geniohyoideus*) otvara usta. Lateralni pterigoidni te dijelom maseterični i medijalni pterigoidni mišić omogućavaju translaciju mandibule prema naprijed. Funkcija primarnih žvačnih mišića prikazana je na slici 2. Mišići vrata (suprahoidni, infrahoidni,

m. sternocleidomastoideus) nemaju direktnu ulogu u žvakanju, ali stabiliziraju i kontroliraju pokrete mandibule (2).



Slika 2. Shematski prikaz anatomije i smjera djelovanja žvačnih mišića. Preuzeto iz: Badel T. *Temporomandibularni poremećaji i stomatološka protetika*. Zagreb: Medicinska naklada, 2007. (4), uz dopuštenje autora, prof. dr. sc. Tomislava Badela.

1.2. Biomehanika

Biomehanika TMZ-a uključuje složenu kombinaciju aktivnosti u kojoj lijevi i desni zglob moraju zajednički funkcionirati kako bi se izvela adekvatna kretnja čeljusti. Zbog biomehaničke povezanosti putem donje čeljusti, TMZ s lijeve i desne strane ne mogu raditi neovisno jedan o drugome te je zbog toga i mandibula jedina kost u tijelu koja se ne može neovisno kretati na jednom od svojih krajeva. Zbog ovakve složene međuovisnosti zglobova s obje strane lica, TMZ se može nazvati bikondilarnim zglobom (2). TMZ je anatomski diartroza (grč. dia = „kroz”, arthron = „zglob”), odnosno dvodijelni sinovijalni zglob u kojem su moguće maksimalne slobodne kretnje. Funkcijski je riječ o ginglimoartrodijalnom zglobu koji označava zglob u kojem je moguća šarnirska kretnja u jednoj ravnini (lat. *ginglymus*) te klizne kretnje zglobnih površina (grč. *arthrōdia*). U TMZ-u dnevno se izvede oko 2000 kretnji koje slijede složen neuromuskularni obrazac (8). Najčešće radnje koje odražavaju kretnje u TMZ-u su žvakanje, gutanje, zijevanje itd. (9). Osnovne anatomske funkcije mandibule su otvaranje i zatvaranje usta, protruzija i retruzija te lateralna devijacija. Dvije osnovne vrste pokreta kojima se ostvaruju navedene funkcije su rotacija

i translacija (1). Svaki TMZ predstavlja sustav dva zglobna prostora koji ostvaruju različite kretnje (2). Rotacija se događa u donjem dijelu zgloba, a rotacijska os prolazi kroz glavu kondila tako da nastaje šarkasti tip zglobnog pokreta. Donji zglobovi, obostrano radeći zajedno, predstavljaju šarku sa spojnicom gdje dva diska djeluju kao utičnica šarke u kojoj kondili rotiraju. Pokret šarke odvija se oko horizontalne osi kroz središta kondila. Translacija je pokret kondila i diska u odnosu na artikularnu eminenciju, a odvija se u gornjem dijelu zgloba (1). Rotacija kondila te translacija kondil-disk kompleksa najčešće započinju simultano te se u prosjeku rotacija kondila povećava ili smanjuje linearno za približno $2^\circ/\text{mm}$ prednje ili stražnje translacije tijekom otvaranja odnosno zatvaranja usta (8). Uobičajeno, translacija u gornjem zglobu i rotacija u donjim zglobovima vjerojatno su uvijek u kombinaciji, ali veličina jednog ili drugog u određeno vrijeme značajno varira (1). Otvaranje i zatvaranje usta odraz su podizanja i spuštanja mandibule te su to kretnje u sagitalnoj ravnini kroz frontalnu osovinu. Normalan raspon takvih kretnji je 40 – 50 mm (9). Prvi pokret pri otvaranju usta je čista rotacija oko horizontalne osi kroz glave oba kondila, u donjem zglobnom prostoru između zglobnog diska i kondila (1). Kod maksimalnog otvaranja usta kondil prosječno rotira za 30° (10). Rotacijske kretnje u donjem disko-mandibularnom zglobnom prostoru omogućavaju otvaranje usta prvih 20 – 25 mm interincizalne distance (2). Opseg otvaranja usta mjeren maksimalnom interincizalnom udaljenošću ovisi o duljini mandibule te nije pokazatelj mobilnosti zgloba (8). Kad ovo okretno gibanje dosegne maksimum, daljnje otvaranje događa se u gornjem disko-temporalnom zglobnom prostoru kao klizno ili translatorno kretanje kondila i diska koji klize po kosini zglobne eminencije (1). Kod otvaranja usta kondil i disk zajednički klize prema naprijed dok ne dosegnu donji vrh artikularne eminencije, a za vrijeme translacije kondil rotira po donjoj površini diska. Prilikom klizanja diska prema naprijed dolazi do napinjanja stražnjih gornjih fibroelastičnih vlakana bilaminarne zone te je kretanje diska prema naprijed moguće do trenutka maksimalne zategnutosti vlakana, a nakon toga ista ta vlakna povlače disk u početni položaj kod zatvorenih usta. Zglobna čahura se kod otvaranja usta zajedno s diskom pomiče prema naprijed, a retrodiskalno tkivo ispunjava nastali prostor između stražnjeg zida čahure i vanjskog zvukovoda (2). Prilikom otvaranja usta translacija oba kondila otprilike je podjednaka, međutim kod zatvaranja usta prilikom žvakanja kondili se ne pomiču jednakom brzinom, već tzv. radni kondil ranije dopijeva u zglobnu jamicu, što je važno radi stabilizacije zgloba prilikom

drobljenja hrane (10).

Protruzija i retruzija također su kretnje u sagitalnoj ravnini kod kojih se translacija redom odvija prema naprijed i natrag. Normalan opseg kretnji kod protruzije je 6 – 9 mm, dok je retruzija ograničena na 3 mm. Tijekom protruzije odvija se anteriorna i inferiorna translacija diska duž kondila, dok se posteriorna i superiorna translacija odvija kod retruzije (9). Lateralna devijacija mandibule kombinacija je kretnji u transversalnoj i sagitalnoj ravnini opsega kretnji do 8 mm. Kod lateralne devijacije ipsilateralna strana se vrti, a kontralateralna translacija prema naprijed (9). Jednostranom translacijom izvodi se bočna devijacija čeljusti na način da kod desne lateralne devijacije disk i kondil lijevog TMZ-a klize prema dolje, medijalno i naprijed duž eminencije, dok disk i kondil desnog TMZ-a ostaju u stražnjoj poziciji i bočno se okreću oko pomične vertikalne osi. Sve navedene kretnje uglavnom su vođene i kontrolirane mišićima. Za svaku os kretanja postoji mišićna skupina koja proizvodi željeno kretanje, a mišićna kontrola moderira se kroz ekstenzivne osjetilne i proprioceptivne putove koji oblažu cijeli stomatognatski sustav, npr. zglobove receptore, parodontne ligamente itd. (1). Lateralni pterigoidni mišić započinje otvaranje usta tako što povlači kondil prema naprijed. Otvaranje usta potpomažu vratni mišići (*m. geniohyoideus*, *m. mylohyoideus*, prednji trbuh *m. digastricus* i *platysma*) te sila gravitacije, dok su ostali žvačni mišići inhibirani. Zatvaranje usta izvodi se suprotno sili gravitacije kontrakcijom *m. temporalis*, *m. masseter* i *m. pterygoideus medialis*, dok su mišići koji su aktivni kod otvaranja usta sada inhibirani. Prednja vlakna *m. temporalis* posebice su važna u vraćanju kondila u mandibularnu udubinu, dok srednja i stražnja vlakna zajedno s dubokim vlaknima masetera, geniohioidnim mišićem i digastričnim mišićem omogućavaju retrakciju. Obostranom kontrakcijom donjih glava lateralnih pterigoidnih mišića postiže se protruzija. Donja glava lateralnog pterigoidnog mišića te srednja i stražnja vlakna *m. temporalis* aktivna su za vrijeme lateralne devijacije (2, 9).

TMZ je podvrgnut silama nastalim djelovanjem žvačnih mišića i okluzijom. Prilikom žvakanja TMZ je opterećeniji na strani koja ne radi (10). Za vrijeme funkcije TMZ-a unutar zgloba se javljaju tlačne, vlačne i smične sile koje mogu dovesti do elastičnih ili plastičnih deformacija struktura, a degenerativne promjene mogu se javiti uslijed prevelikog, ali i premalog opterećenja. Meka tkiva TMZ-a sposobna su izdržati velike sile smicanja i naprezanja (1). Zglobna pločica, osim što

poboljšava kongruentnost zglobnih tijela, ima i važnu ulogu u podnošenju opterećenja i redistribuciji opterećenja unutar zglobnog prostora (2). Zbog inkongruentnosti artikulacijskih površina disk kontrolira opterećenje u zglobu, a modulacija kompresije ovisi o gustoći proteoglikana i debljini diska (10). Pri tome zglobna pločica kod tlačnog opterećenja postaje manja, kod vlačnog se rasteže u smjeru djelovanja sile, a kod smicanja dolazi do paralelnog kretanja susjednih površina diska (8). Zglobna hrskavica tanja je od diska, međutim također doprinosi apsorpciji kompresijskog opterećenja, a kod dislokacije diska hrskavica na funkcionalnim dijelovima zgloba adaptivno zadeblja. Mehaničke sile održavaju zdravlje hrskavice reguliranjem remodeliranja tkiva tako što dovode do složenih unutarnjih promjena tkiva koje uključuju deformaciju matriksa i stanica, gradijente hidrostatskog tlaka, protok tekućine, promijenjen sadržaj vode u izvanstaničnom matriksu itd. Stoga je mehaničko opterećenje tijekom pokreta bitno za rast, razvoj i održavanje zglobnih tkiva. Interakcije između stanica i izvanstaničnog matriksa bitne su za održavanje integriteta zglobne hrskavice, a intaktna matrica ključna je za preživljavanje hondrocita i prijenos mehaničkih signala. Međutim, dok cikličko opterećenje ili opterećenje unutar fiziološkog raspona povećava sintezu proteoglikana, preopterećenje, nedovoljno opterećenje i statičko opterećenje hrskavice uzrokuju smanjenje sinteze proteoglikana. Osim toga, statičko opterećenje koje se može dogoditi tijekom parafunkcije manje je povoljno za integritet hrskavice nego dinamičko opterećenje (10).

S obzirom veliki opseg kretanja, aktivnu i pasivnu stabilizaciju zgloba omogućavaju zglobna čahura, ligamenti i mišići (9). Zahvaljujući kompoziciji ligamenata, obliku diska i koordinaciji neuromuskularnog mehanizma, zglob je osim u položaju okluzije stabilan i kod zatvaranja usta u protruziji (1). Ligamenti strukturno podupiru zglobnu čahuru bez ograničavanja normalnog opsega pokreta. Za stabilnost TMZ-a, osim mastikatornih mišića koji imaju aktivnu ulogu te sfenomandibularnog ligamenta koji ima pasivnu ulogu, bitan je tlak unutar zgloba te okluzija koja utječe na raspored sila unutar zglobnog prostora (2).

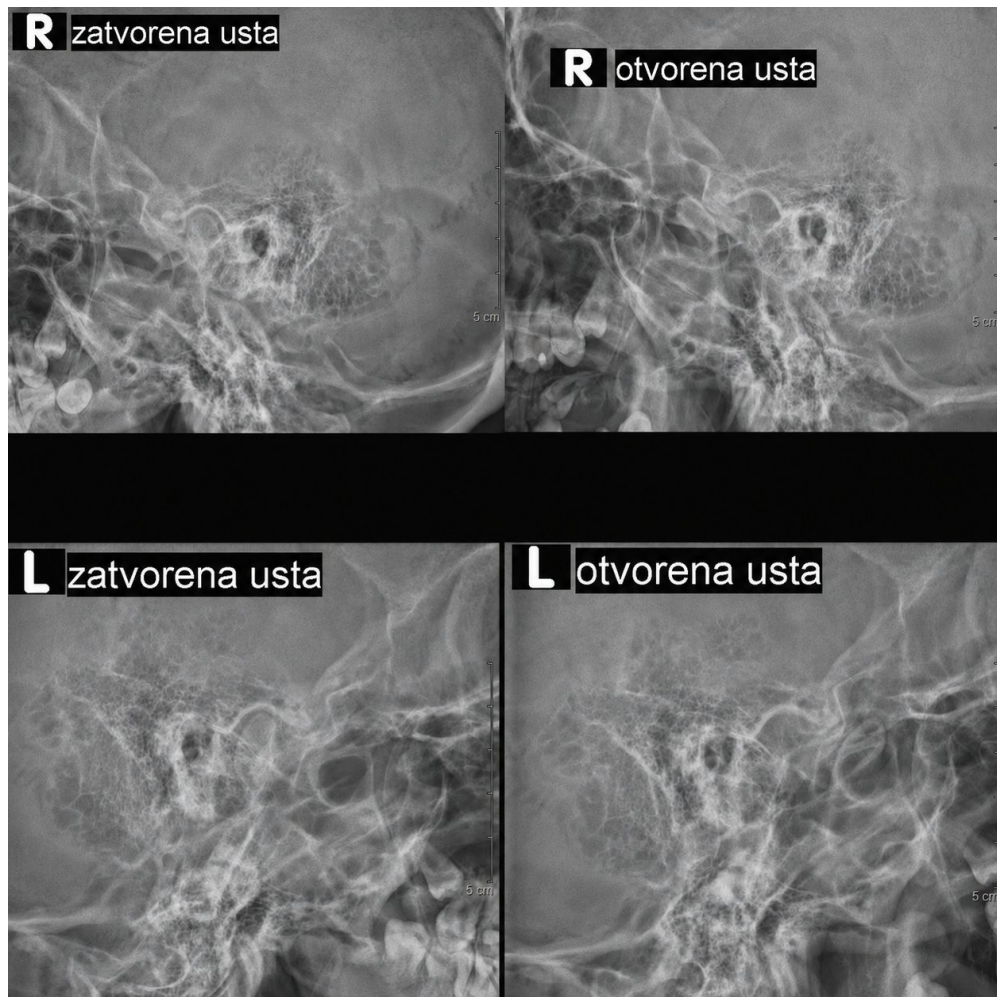
1.3. Radiološke metode oslikavanja TMZ

Radiološke metode slikovne dijagnostike ključan su dio standardnog pregleda u dijagnosticiranju i procjeni pacijenata s temporomandibularnim poremećajima (TMP). Glavne indikacije za radiološko snimanje uključuju sumnju na uznapredovalu diskopatiju, artritis, neuspjeh medicinskih zahvata, atipičnu bol, osjetnu ili motornu disfunkciju ili opipljivu masu, dok je snimanje rijetko indicirano za žvačne mijalgije (11). Različiti modaliteti mogu se koristiti za snimanje TMZ-a, pri čemu se konvencionalne metode snimanja zamjenjuju naprednim tehnikama. Integracija trodimenzionalnih (3D) tehnika snimanja, poput višedetektorske/višeslojne kompjutorizirane tomografije (engl. *multidetector computed tomography* (MDCT), *multislice computed tomography* (MSCT)) i konusne kompjutorizirane tomografije (engl. *cone beam computed tomography* (CBCT)), omogućava vizualizaciju zgloba u više tankih presjeka, što pomaže u procjeni anatomije, detaljnom prikazu kosti i prepoznavanju manjih strukturnih abnormalnosti. Magnetska rezonancija (MR) pruža superiornu vizualizaciju mekih tkiva i veću dijagnostičku preciznost bez izlaganja ionizirajućem zračenju. Tehnike poput ultrazvuka (UZV) omogućavaju uvid u dinamičko funkcioniranje TMZ-a u stvarnom vremenu, nudeći vrijedne informacije o kretanju zgloba i biomehanici. Unatoč značajnim naprecima, i dalje postoje izazovi, uključujući potrebu za standardiziranim protokolima snimanja, pristupom naprednim tehnologijama i kontinuiranim istraživanjima radi potvrde kliničke korisnosti novijih metoda snimanja (12).

1.3.1. Konvencionalna radiografija

Konvencionalna radiografija ima ograničenu ulogu u procjeni TMZ-a. Dobivene snimke mogu se koristiti za procjenu samo koštanih elemenata TMZ-a, a ne daju korisne informacije o mekim tkivima. Također ne daju informacije o postojanju zglobnog izljeva, koji je često povezan s bolovima i pomakom diska. Drugi nedostatak konvencionalnih radiografija je preklapanje susjednih struktura, koje se pokušava smanjiti korištenjem različitih projekcija (5). Postoje različiti prikazi TMZ-a: transkranijalni (Lindblomov) prikaz (slika 3), transfaringealni prikaz

(infrakranijalni prikaz ili McQueen Dell tehnika), transorbitalni prikaz (Zimmer projekcija), obrnuti Towneov (PA) prikaz i Schullerov prikaz (13).



Slika 3. Funkcijske RTG snimke TMZ-a obostrano u položaju zatvorenih i otvorenih usta. Nalaz prikazuje blagu hiperobilnost obostrano.

Panoramska radiografija odnosno ortopantomogram (OPG) omogućava prikaz zuba, čeljusti i TMZ-a. Glavna vrijednost OPG-a je detekcija i dijagnostika dentalnih bolesti, dok je zbog

superpozicije koštanih struktura oko TMZ-a i varijabilne kosine kondila njegova vrijednost u procjeni koštanih abnormalnosti TMZ-a ograničena. Na optimalno izvedenom OPG-u asimetrija mandibule i kondila odražava asimetričan rast ili resorpciju kondila. Obično se može prikazati i umjereni do teški artritis koji zahvaća kondile, ali je pretraga neosjetljiva za blagu bolest (11).

1.3.2. Kompjutorizirana tomografija

Kompjutorizirana tomografija (engl. *computed tomography*, CT) temelji se na slabljenju snopa X-zraka koje prolaze kroz ispitivani predmet. Za razliku od klasične radiografije kod koje se primjenom istog fizikalnog principa stvara sumacijska snimka, detektori X-zraka u CT-u stvaraju sliku u slojevima. Izumiteljem ove slikovne tehnike smatra se Sir Godfrey Hounsfield. Prvi eksperimenti s CT-om provedeni su krajem 1960-ih i početkom 1970-ih, a od tada do danas CT je doživio velik napredak. Uređaj se sastoji od okvira (engl. *gantry*), mobilnog stola za pozicioniranje pacijenta i radne stanice, a dobiveni skenovi prenose se u sustav za pohranu i komunikaciju slika (engl. *Picture Archiving and Communication System*, PACS). Unutar okvira nalazi se jedna ili dvije rendgenske cijevi koje rade na različitim kilovoltima. Pacijent se nalazi na stolu koji se za vrijeme ekspozicije pomiče dužinom snimanog dijela tijela. Tijekom spiralne rotacije cijevi unutar okvira stol se stalno pomiče prema okviru, čime se uzastopni dijelovi tijela pacijenta dovode u područje X-zraka koje je lepezastog oblika te tanki kolimirani snop X-zraka prolazi kroz snimani sloj. Na obodnom dijelu kućišta uređaja, dijametralno suprotno od rendgenske cijevi, nalaze se detektori postavljeni u više paralelnih redova (engl. *multislice CT/multidetector CT*, MSCT/MDCT). Prolaskom kroz različita tkiva zračenje slabi zbog apsorpcije i rasapa rendgenskih zraka pri čemu različite vrste tkiva različito apsorbiraju zračenje. Atenuirane zrake padaju na detektore koji mjere intenzitet rendgenskih zraka te proporcionalno njihovu intenzitetu pretvaraju zrake u električne signale. Impulsi se prenose na računalo gdje se računalno obrađuju brojčane vrijednosti i pretvaraju u sliku u sivo-bijeloj skali. Digitalna slika u dvodimenzionalnom prikazu sastavljena je od kvadratića (*pixels*), a oni su rezultat informacija iz volumena tijela odnosno volumnog elementa slike (*voxela*). Apsorpcijske vrijednosti, odnosno rasponi stupnjeva atenuacije

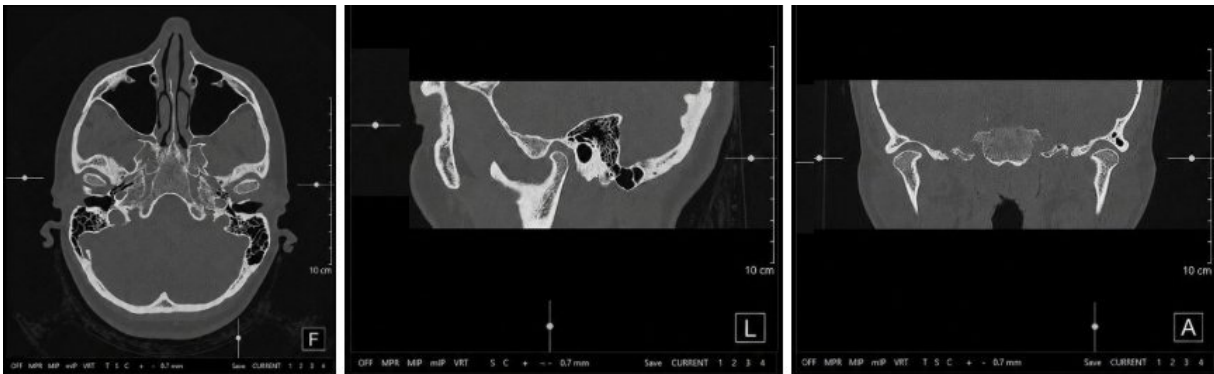
izražavaju se apsorpcijskim koeficijentom u Hounsfieldovim jedinicama (HU) ili tzv. CT brojem. Svakom elementu slike na temelju koeficijenta atenuacije dodjeljuje se jedna nijansa sive skale. Hounsfieldove jedinice imaju raspon od -1000 do +3000, gdje voda ima vrijednost 0, zrak = -1000 HU, krv i masno tkivo = od -120 do -50 HU, kost = od 400 do 1000 HU, a caklina = oko 3000 HU. Vrijednost CT dijagnostike je mogućnost razlučivanja apsorpcijske razlike tkiva manje od 1 % (14, 15). Daljnja obrada slika primjenjuje se tijekom rekonstrukcije i analize slika. Početni slojevi su aksijalni, tj. okomiti na dugu os tijela pacijenta. Zatim se koriste multiplanarne rekonstrukcije (MPR) za stvaranje najčešće koronarnih i sagitalnih slojeva (slika 4).

Prednosti CT-a uključuju kratko vrijeme skeniranja, visoku razlučivost kontrasta, objektivna mjerenja gustoće koristeći HU, visoku kvalitetu multiplanarnih rekonstrukcija itd. Nedostaci CT-a su doza zračenja i artefakti na slici uzrokovani metalnim objektima poput proteza TMZ-a, dentalnih implantata, fiksni ortodontskih aparata, amalgamskih ispuna itd. Ne postoje apsolutne kontraindikacije za CT snimanje. Relativne kontraindikacije uglavnom su posljedica primjene kontrastnih sredstava (pacijenti s patologijom štitnjače ili zatajenjem bubrega) te trudnoća (14).

CT je metoda izbora za procjenu koštanih struktura. Za identificiranje promjena u kosti CT ima 100 % specifičnost, 100 % pozitivnu prediktivnu vrijednost i 78 % negativnu prediktivnu vrijednost (12). U dijagnostici kondilarne erozije CT ima osjetljivost od 75 % i specifičnost od 100 % (16). Korištenje CT-a u dijagnostici lezija temporomandibularnog zgloba obuhvaća frakture kondila, kongenitalne malformacije, artritis, osteoartritis, koštanu i fibroznu ankilozaciju, benigne i maligne tumore te virtualno planiranje operacije (14).

Tipični slikovni protokol uključuje: 120 kV, 100 mA, 1 mm kolimaciju, 1 mm/rotaciju (nagib) (5). Snimanje CT-a TMZ-a izvodi se u položajima zatvorenih i otvorenih usta, od iznad razine TMZ-a do sredine ramusa mandibule s tankim slojevima (debljine od 1 do 2,5 mm) (11, 16). Iz tankoslojnih snimaka izvode se koronarne kose (tj. paralelno s dugom osi kondila mandibule) i sagitalne kose (okomito na dužu os kondila) rekonstrukcije, koristeći algoritme za kosti i meka tkiva (11). CT je koristan za procjenu koštanih elemenata TMZ-a, kao i susjednih mekih tkiva. Na CT-u mandibularni kondil glatke je konture s tankim korteksom te izgleda šire na koronarnim snimkama.

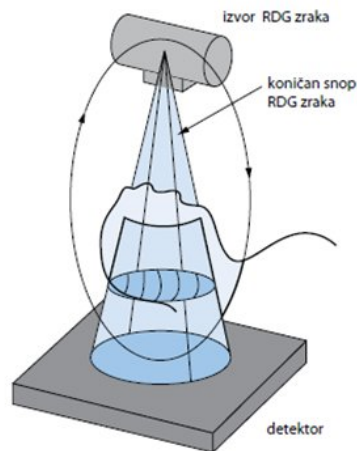
Prednji i stražnji segment zglobnog diska mogu se diferencirati u prozoru za meke česti s obzirom na to da su veće atenuacije od susjednih mekih tkiva, ali manje od tetive lateralnog pterigoidnog mišića. Intermedijarna zona diska i bilaminarna zona ne mogu se vidjeti bez intraartikularne primjene kontrasta (16).



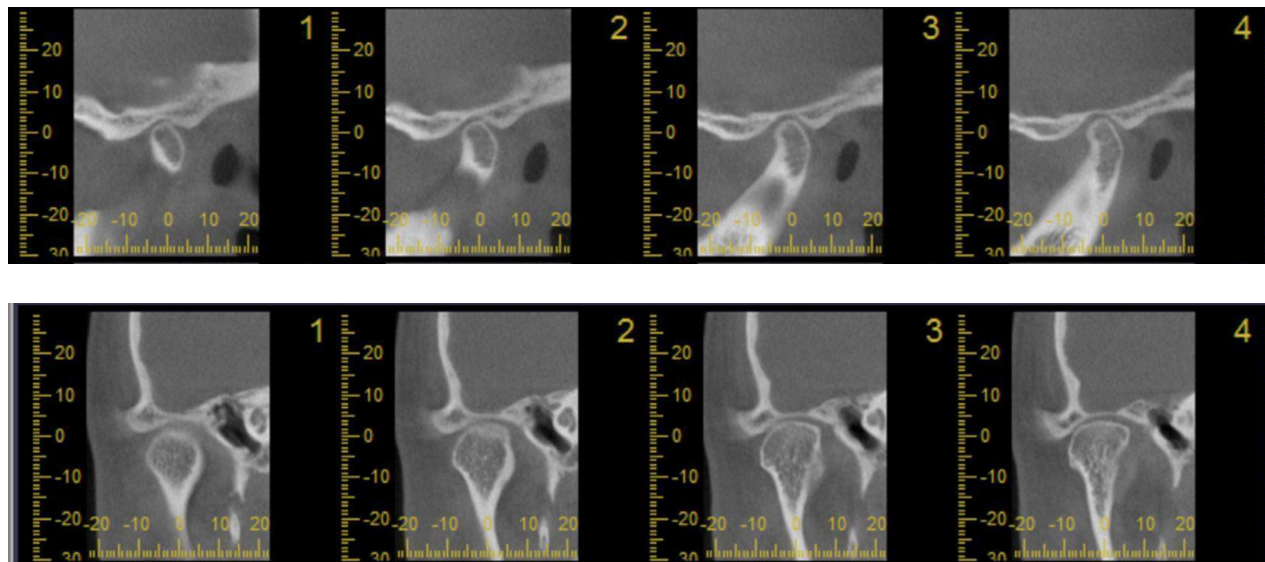
Slika 4. CT TMZ-a: multiplanarne rekonstrukcije (MPR) u (slijeva nadesno) aksijalnoj, sagitalnoj i koronarnoj ravnini.

1.3.3. Konusna kompjutorizirana tomografija

Godine 1982. na Klinici Mayo razvijen je prototip konusne kompjutorizirane tomografije (engl. *cone beam computed tomography*, CBCT). CBCT je medicinska slikovna tehnika u kojoj konusni snop X-zraka usmjeren na dvodimenzionalni (2D) detektor proizvodi niz 2D slika koje se potom rekonstrukcijom u trodimenzionalni (3D) skup podataka mogu preraditi u volumen, a moguće su i multiplanarne rekonstrukcije, tj. 2D slike u aksijalnim, koronarnim i sagitalnim ravninama itd. (slike 5 i 6).



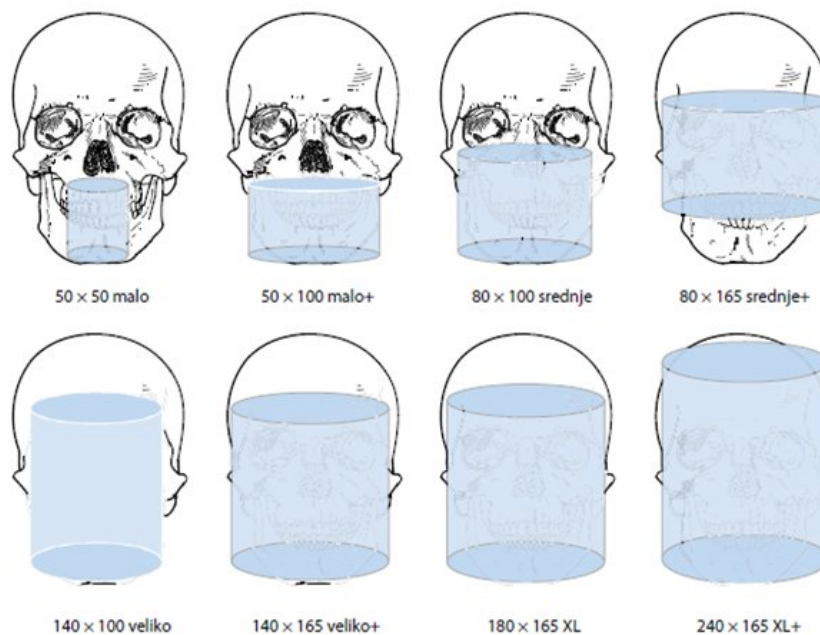
Slika 5. Shematski prikaz principa rada CBCT-a. RDG – rendgen. Preuzeto iz: Zadravec D. *Indikacije i primjena CBCT-a*. U: Zadravec D. *Dentalna radiologija*. Zagreb: Medicinska naklada, 2023. (17), uz dopuštenje autora, prof. dr. sc. Dijane Zadravec.



Slika 6. CBCT TMZ-a: multiplanarne rekonstrukcije (MPR) u sagitalnoj (gornji red) i koronarnoj (donji red) ravnini.

Primarno je bio razmatran za uporabu u angiografiji, a krajem 1990-ih godina nastaju CBCT uređaji posvećeni skeniranju maksilofacijalne regije i usta te 2001. godine na tržište dolazi prvi CBCT za komercijalnu uporabu u maksilofacijalnoj radiologiji (15, 18).

CBCT, odnosno sustav za snimanje, čine kućište s izvorom rendgenske zrake koničnog oblika i u današnje vrijeme 2D digitalni *flat panel* detektori (FPD) koji imaju mogućnost izravne pretvorbe energije rendgenskih zraka u digitalni signal s visokom prostornom rezolucijom. Detektor čini detektorska ploča građena od scintilirajućih kristala (cezijev jodid) u matriksu fotodioda koje su uronjene u amorfni silicij (15). CBCT skeneri mogu se klasificirati prema vrsti detektora, položaju pacijenta tijekom postupka (sjedeći, stojeći ili ležeći), veličini vidnog polja i upotrebi fiksnih radijacijskih postavki ili postavki koje kontrolira korisnik (18). Većina dostupnih CBCT uređaja nalikuje uređajima za panoramsko snimanje gdje pacijent može biti ispitivan stojeći ili sjedeći, a samo nekoliko CBCT uređaja nalikuje CT-u, gdje pacijent leži na stolu u ležećem položaju. Općenito, pozicioniranje pacijenta usporedivo je s pozicioniranjem za panoramske snimke, a u mnogim uređajima također je moguće dobiti konvencionalnu 2D panoramsku radiografiju, no za snimanje TMZ-a potrebno je pažljivo odabrati i postaviti veličinu vidnog polja (19). Nakon smještaja u odabranom položaju pacijentu se fiksira glava kako bi se izbjegli artefakti uzrokovani pomicanjem pacijenta prilikom snimanja. Posebne pripreme za snimanje nisu potrebne, osim uklanjanja metalnih predmeta s glave i vrata pacijenta. Snimanje započinje odabirom preglednog polja na kontrolnoj ploči. Odabire se najmanje pregledno polje interesnog područja. Postoje različite veličine preglednog polja: S (malo), S+, M (srednje), M+, L (veliko), L+ i XL (jako veliko), odnosno XL+ polje. Dimenzije preglednih polja razlikuju se od uređaja do uređaja, ovisno o proizvođaču (17). U dijagnostici TMZ-a obično se biraju srednji i veliki FoV-ovi. U novijim CBCT uređajima dostupna je selekcija FoV-ova (slika 7). Osim dimenzija, oblik FoV-a također može biti različit: cilindričan, sferičan ili oblikovan prema čeljusti.



Slika 7. Prikaz različitih veličina preglednih polja (*Field of View*, FoV). Preuzeto iz: Zadravec D. *Indikacije i primjena CBCT-a*. U: Zadravec D. *Dentalna radiologija*. Zagreb: Medicinska naklada, 2023. (17), uz dopuštenje autora, prof. dr. sc. Dijane Zadravec.

U konusnoj kompjutoriziranoj tomografiji (CBCT) koristi se snop rendgenskih zraka u obliku stošca (konusa). Tijekom skeniranja cijev rotira oko pacijentove glave za 180 ili 360 stupnjeva i snima određeni volumen, za razliku od CT-a, gdje se zapravo skenira udaljenost od jednog do drugog sloja (19). Protokol za snimanje TMZ-a podrazumijeva snimanje u položaju zatvorenih usta s FoV-om od 150×50 mm. Visina od 50 mm omogućuje pokrivanje od iznad TMZ-a do razine polovice ramusa mandibule s vremenom snimanja od 15 sekundi. Skeniranje u položaju otvorenih usta može se izvesti za procjenu mobilnosti kondila. Snimanje s velikim FoV-om (160×160 pa do 240×190 mm), niže razlučivosti (i doze zračenja), koristi se za procjenu deformiteta TMZ-a te za planiranje liječenja (11). Za snimanje ciljanog područja, ovisno o indikaciji, potrebna je jedna cirkularna rotacija u trajanju kraćem od 30 sekundi. Nakon snimanja računalno rekonstruira sliku u trajanju od oko 2 minute, nakon čega se na ekranu pojavljuje 3D slika (17). Rezolucija slike ovisi

o veličini vokselâ, što je manji voksel, to je viša razlučivost slike. Vokseli u CBCT-u su izotropni, tj. kubični sa svim rubovima jednakim, za razliku od CT-a gdje su vokseli anizotropni (različite visine ovisno o svrsi ispitivanja). Veličina vokselâ u CBCT-u varira od 0,05 do 0,4 mm, a njihov odabir povezan je s ciljem slikovnog istraživanja (19). Razlučivost je osim toga proporcionalna dozi zračenja (11).

Indikacije za primjenu CBCT-a u dijagnostici TMZ-a uključuju evaluaciju anatomije, evaluaciju položaja kondila u malokluziji, razvojne poremećaje, osteoartritis (uključujući procjenu osteofita, erozije, zaravnjenja, subhondralne skleroze i pseudocista), praćenje napredovanja ili liječenja degenerativnih bolesti zglobova, reumatoidni artritis i juvenilni idiopatski artritis, procjenu unutarnjeg poremećaja (u kombinaciji s MR-om), odnos između gornjeg polukružnog kanala vestibula i simptoma TMZ-a, frakture kondila, ankilozu, ciste i tumore, promjene nakon mandibulotomije, mjerenje duljine stiloidnog nastavka i slikovno vođenu punkciju (19).

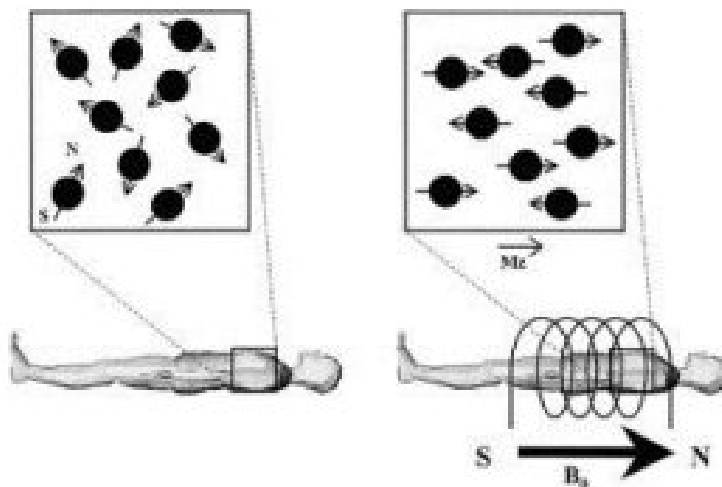
CBCT ima nekoliko prednosti u odnosu na CT prilikom snimanja maksilofacijalne regije. Veličina i cijena CBCT uređaja znatno su manji od veličine i cijene MSCT-a, što omogućuje primjenu u gotovo svakoj ordinaciji dentalne medicine. Visoki trošak opreme i infrastrukturni zahtjevi ograničili su upotrebu medicinskog CT-a uglavnom na bolničke ustanove. S obzirom na to da CBCT snima sve osnovne slike u jednom okretaju, dok je kod MSCT-a, ovisno o debljini snimanog područja, potrebno više okretaja, vrijeme trajanja pretrage kraće je kod CBCT-a (10 – 70 sekundi), međutim ta se razlika smanjuje korištenjem MSCT uređaja veće brzine. Osim toga, CBCT sustavi za glavu i vrat mogu se prilagoditi za snimanje malih područja učinkovitom kolimacijom primarnog X-zračenja, a time se značajno smanjuje veličina ozračenog područja. Još jedna važna prednost CBCT-a u dentomaksilofacijalnoj primjeni je niska efektivna doza za pacijenta (30 – 80 μ Sv). To znači da je doza značajno smanjena (do 98 %) u usporedbi s konvencionalnim CT-om. CBCT pruža superiornu dijagnostičku kvalitetu slika zahvaljujući izotropnim (jednakim u svim 3 dimenzije) rezolucijama vokselâ koje omogućuju submilimetarsku prostornu rezoluciju, u rasponu od 0,4 mm pa čak i do 0,125 mm. Pacijent prilikom pregleda CBCT-om može ležati, stajati ili udobno sjediti, što olakšava pregled kod klaustrofobičnih pacijenata. Prednost CBCT-a je i mogućnost smanjenja artefakata metalnih stranih tijela poput restaurativnog materijala i metalnih

krunica, a što je postignuto uvođenjem novijih CBCT skenera s FPD-om. Jedinstveni načini prikaza i smanjeni artefakti slike omogućuju kliničaru izvođenje analiza slika, MPR-a i rekonstrukcije volumena. Međutim, artefakti nastali kretanjem pacijenta još uvijek ostaju nedostatak CBCT-a. Važna prednost CBCT-a u snimanju TMZ-a je ta što omogućuje točna mjerenja volumena i površine kondila koja su izuzetno korisna u kliničkoj praksi pri liječenju pacijenata s funkcionalnim poremećajem TMZ-a.

Nedostatak CBCT-a u odnosu na MSCT je nemogućnost analize mekih tkiva, kao i aplikacije intravenskog kontrastnog sredstva. Drugi nedostatak je distorzija Hounsfieldovih jedinica (HU), pa CBCT nije moguće koristiti za procjenu gustoće kosti (15, 18).

1.3.4. Magnetska rezonancija

Princip magnetske rezonancije (MR, engl. *magnetic resonance imaging*) utemeljili su fizičari F. Bloch i E. M. Purcell 1946. godine, dok medicinska primjena kao metode slikovnog prikaza ljudskog tijela datira iz 1977. godine (Damadian i sur.). Načelo rada MR uređaja temelji se na atomima vodika koji su najrasprostranjeniji u tijelu. Jezgra vodika sastoji se samo od protona koji imaju pozitivan električni naboj i posjeduju spin. Kako je kretanje električnog naboja električna struja koja uzrokuje magnetsko polje, svaki proton posjeduje vlastito magnetsko polje. Protoni, koji se mogu promatrati kao mali štapićasti magneti, mijenjaju svoju orijentaciju prema vanjskom magnetskom polju. Kada se pacijent smjesti u MR uređaj, on postaje magnet i dobiva vlastito magnetsko polje, odnosno longitudinalnu magnetizaciju (slika 8).



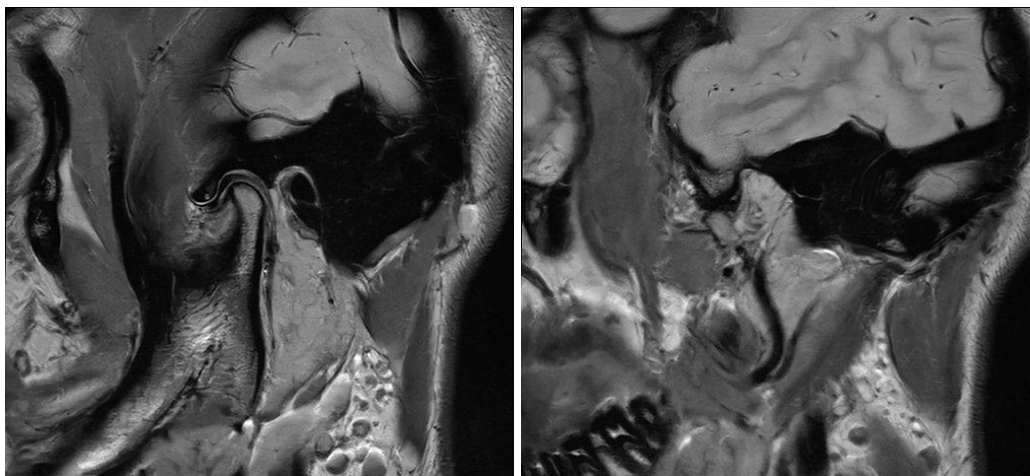
Slika 8. Princip rada MR-a i usmjerenost spinova protona u vanjskom magnetskom polju. M_z – longitudinalna komponenta vektora magnetizacije, B_0 – statičko magnetsko polje, S – južni pol magneta, N – sjeverni pol magneta. Preuzeto iz: Krolo I, Romanić A, Bašić M, Prenc M. *UZV i MR u dentalnoj radiologiji*. U: Zadravec D. *Dentalna radiologija*. Zagreb: Medicinska naklada, 2023. (20), uz dopuštenje autora, prof. dr. sc. Dijane Zadravec.

Izlaganjem atoma vodika radiofrekventnom (RF) valu čija je frekvencija jednaka precesiji protona dolazi do promjene u njihovu gibanju, smanjenja longitudinalne magnetizacije i nastanka transverzalne magnetizacije. Nakon prestanka djelovanja RF vala atomi i longitudinalna magnetizacija vraćaju se u prvotno stanje i višak energije predaju u okolinu, čime nastaje MR signal koji detektiraju radiofrekventne zavojnice. Analiza MR slike temelji se na mjerenju vremena relaksacije organa i patoloških promjena. MR uređaj sastoji se od magneta unutar kućišta uređaja u koji se smješta pacijent, radiofrekventnih zavojnica i radiofrekventnih pojačala, gradijentnih zavojnica i gradijentnih pojačala te računalnog sustava za izračunavanje i pohranu podataka, ekrana i kamere za slikovni zapis pregleda. Snaga magneta izražava se u jedinici tesla (T) i za uporabu u medicinske svrhe iznosi 1 do 3 T.

Velika je prednost snimanja MR uređajem izostanak ionizirajućeg zračenja te izrazito malen rizik od pojave alergijske reakcije na kontrastna sredstva koja se koriste pri MR pregledu. MR snimke prikupljaju se u tri ravnine, što omogućuje bolju analizu traženih struktura. MR je metoda izbora za prikaz mekotkivnih struktura. Nedostaci ove metode su dugotrajno snimanje, zbog čega nije pogodna za hitne i politraumatizirane pacijente, te relativno visoki troškovi i održavanje pogona za rad uređaja. Kako se ne bi pojavili artefakti koji otežavaju analizu, pacijent mora biti miran tijekom izvođenja pretrage, zbog čega se kod klaustrofobičnih pacijenata primjenjuje psihološka priprema ili preventivna medikamentna terapija. MR je kontraindiciran kod pacijenata s nefiksiranim umjetnim feromagnetskim metalnim predmetima u tijelu. U slučaju ugrađenih dentalnih materijala poput zubnih plombi, mostova i zubnih implantata ne postoje kontraindikacije za pregled MR uređajem (20, 21).

U idealnom slučaju TMZ se snima koristeći uređaj snage magnetskog polja od 3 T te s dvostrukim phased-array površinskim zavojnicama s malim poljem pregleda, čime se postiže bolji omjer signala i šuma te simultana bilateralna akvizicija i smanjuje duljina pregleda (5, 11, 16). Odgovarajuće vremenske serije u kojima se sustavu daje RF impuls te se koriste gradijenti magnetskog polja zovu se sekvence. Standardni protokol MR snimanja sastoji se od kosih sagitalnih i koronarnih snimaka u položajima zatvorenih i otvorenih usta snimanih sekvencom PD (engl. *proton density*) (22). Bilateralne kose koronarne T1 mjerene snimke (engl. *T1 weighted image*) u položaju zatvorenih usta potrebne su za procjenu opće anatomije, koštane srži, kao i susjednih mekih tkiva kako bi se isključila druga patološka stanja (5). Sagitalne kose sekvence učinjene u T2 mjerenom vremenu (engl. *T2 weighted image*) osjetljive su na tekućinu i korisne za otkrivanje degenerativnih periartikularnih promjena i prisutnosti zglobnog izljeva (22). Tehnike sa saturacijom masti obično se primjenjuju na sagitalne kose snimke te se posebno preporučuju u slučajevima upalnih artropatija. Za potvrdu ili isključivanje prisutnosti sinovitisa koriste se postkontrastne T1 mjerene snimke sa supresijom masti u svim ravninama. Sagitalne slike dobivaju se okomito, a koronarne paralelno s dužom osi kondila. Slike bi trebale imati debljinu presjeka od 3 mm ili manje (13).

MR je preferirani modalitet za procjenu mekotkivnih struktura TMZ-a: hrskavice, diska, bilaminarne zone i sinovije (slika 9). Zglobna pločica je zbog niskog sadržaja kolagena i vode u odnosu na fibroblaste na svim sekvencama srednjeg do niskog intenziteta signala (16). Disk je uglavnom homogen, hipointenzivan i bikonkavnog oblika, no centralni dio može biti blago hiperintenzivan na T2 i PD sekvencama zbog prisutnosti rahlog vezivnog tkiva. Stražnji dio diska ima viši intenzitet signala od mišića na PD i T1 sekvencama zbog masnog tkiva (5). U koronarnoj projekciji disk je polumjesečastog oblika, a njegovi medijalni i lateralni rubovi pričvršćeni su za odgovarajuće aspekte glave kondila i zglobne kapsule. Lateralni i medijalni dijelovi kapsule u normalnim uvjetima ne pokazuju nikakve vanjske izbočine izvan svojih rubova (5). Na sagitalnim slikama normalni disk ima konfiguraciju leptir-mašne. U položaju zatvorenih usta stražnji dio diska nalazi se blizu položaja od 10 do 12 sati. Disk je normalan ako se intermedijarna zona nalazi između anterosuperiornog aspekta kondila i posteroinferiornog aspekta eminencije te ostaje iznad mandibularnog kondila na snimkama s otvorenim ustima. Spoj stražnjeg dijela diska i bilaminarne zone trebao bi biti unutar 10° od okomice (16). Stražnji dio diska i retrodiskalno tkivo najbolje su prikazani u položaju s otvorenim ustima te se tada intermedijarna zona nalazi između kondila i artikularne eminencije, a stražnji dio diska nalazi se nasuprot stražnje površine kondila. Bilaminarna zona vidljiva je kao struktura intermedijarnog intenziteta signala (5). Otvaranje usta dovodi do istezanja venskog pleksusa unutar bilaminarne zone, što uzrokuje visok intenzitet T2 signala i pojačanje intenziteta signala nakon primjene kontrastnog sredstva (13). Gornja glava lateralnog pterigoidnog mišića pričvršćuje se za prednji dio diska, a donja se pričvršćuje za prednju površinu vrata kondila tankom fibroznom vrpcom koja je vidljiva neposredno ispod položaja diska kao hipointenzivna traka i ponekad se može zamijeniti s diskom, osobito kada je disk medijalno ili lateralno pomaknut (5).



Slika 9. Sagitalni izgled struktura TMZ-a na MR sekvenci protonske gustoće (PD) u položaju zatvorenih (lijeva slika) i otvorenih usta (desna slika).

U nekim slučajevima sagitalne ravnine također mogu biti korisne za identifikaciju medijalnog ili bočnog pomaka diska budući da omogućuju otkrivanje znaka „plutajućeg diska” u ravnini gdje kondil više nije vidljiv (13). Nedavni napredak u MR dijagnostici uključuje korištenje dinamičkih sekvenci (npr. cine GRE) za procjenu pomaka diska (16).

MR pregled nije pogodan za pregled koštanih struktura (20). Zabilježeno je da su CBCT i MDCT bolji od MR-a u analizi zglobnog korteksa, premda je točnost MR-a uvelike ovisna o opremi i iskustvu promatrača (11). Pri izvođenju MR pregleda TMZ-a ključno je procijeniti strukturu, debljinu i oblik kortikalne kosti mandibularnog kondila (23). Najprikladnija MR metoda za objektivnu i subjektivnu procjenu kortikalne kosti mandibularnog kondila je T1 3D FSPGR (engl. *fast spoiled gradient recalled echo*) sekvenca. Ova sekvenca može se dodati bilo kojem MR protokolu TMZ-a, čime se ukupno vrijeme pregleda produžuje za otprilike 6 minuta. Prikazivanje kortikalne kosti mandibularnog kondila značajno je bolje na slikama dobivenim uređajem jakosti magnetskog polja 3 T nego na uređaju jakosti polja od 1,5 T (23). Kortikalna kost i disk zbog niske gustoće protona i kratkog T2 vremena relaksacije imaju nizak intenzitet signala na T1 i T2 mjerenim snimkama, dok koštana srž u kondilu zbog masti ima visok intenzitet signala na T1

snimkama (5). Na MR snimkama vezivna hrskavica i korteks zglobnih površina ne mogu se odvojeno razlikovati, već se umjesto toga pojavljuju kao hipointenzivna vrpca ujednačene debljine (13). Na sagitalnoj kosoj snimci kroz TMZ stražnja visina kondila inferiorna je u odnosu na prednju. Na koronarnim kosim snimkama treba biti ujednačena koštana masa iznad i ispod linije povučene kroz medijalni i lateralni aspekt kondila. Gubitak zaobljenosti zglobne površine ukazuje na abnormalnost u podlozi (16). Kondilarne erozije najbolje se procjenjuju trodimenzionalnim T1 mjerenim snimkama sekvencom 2D FSPGR, posebno na MR uređajima jačine 3,0 T, i mogu se otkriti kao diskontinuiteti kortikalne hipointenzivne linije kondila (13).

Aplanacija (zaravnjenje) glave kondila, koštane erozije, subhondralne ciste i prednji osteofiti predstavljaju česte nalaze kod pacijenata s uznapredovalom bolesti TMZ-a. Iako MR ima sposobnost prikaza ovih nalaza, njihov stvaran opseg nije toliko pouzdan. Zbog kemijskog pomaka i artefakata koji se obično manifestiraju kao gubitak signala na granici između kortikalne kosti i susjednog mekog tkiva, kortikalna struktura mandibularnog kondila može se različito prikazati kada se koriste različite sagitalne MR sekvence. Rezultirajuće precjenjivanje ili podcjenjivanje može dovesti do pogrešne interpretacije površine i strukture kortikalne kosti pa tako procjena subhondralne skleroze može davati lažno pozitivne rezultate zbog artefakata kemijskog pomaka. MR pouzdano prikazuje edem koštane srži, koji predstavlja indikator rane zahvaćenosti kosti te je važan biološki marker za napredovanje bolesti i odgovor na liječenje kod pacijenata koji pate od artritisa TMZ-a (23).

MR bi trebao biti dio standardne procjene kada se sumnja na unutarnju strukturalnu abnormalnost zgloba jer pruža visoku rezoluciju i izvrstan kontrast tkiva, što omogućava detaljnu procjenu anatomije, a snimke s otvorenim i zatvorenim ustima omogućuju procjenu biomehanike zgloba (5). Kod adolescenata ili mladih odraslih osoba sa značajnom diskopatijom metoda izbora je MR jer pokazuje vrstu i ozbiljnost diskopatije, intraartikularne upale, kao i patologije zglobnih ploha i subartikularne koštane srži. Za pacijente starije od 45 godina, kod kojih je osteoartritis najčešći uzrok poremećaja, metoda izbora je MDCT (11). Točnost MR-a kada se koristi za određivanje položaja i morfologije diska iznosi 95 %, a kod otkrivanja koštanih promjena 93 % (13). Normalni zglobni prostor TMZ-a homogen je i izointenzivan u odnosu na meko tkivo. Gornji i donji odjeljak

zgloba normalno ne komuniciraju (16). Izvrsno se prikazuju zglobna pločica, izljev, sinovitis, zglobni korteks, subartikularna koštana srž, žvačni mišići, susjedno tkivo parotidne žlijezde i vanjski zvukovod (11). MR TMZ-a smatra se dijagnostičkom slikovnom tehnikom izbora za početnu obradu i praćenje pacijenata s unutarnjim poremećajima (tj. deformacijom ili pomicanjem zglobnog diska), upalnim bolestima (tj. artritism TMZ-a) i degenerativnim promjenama (tj. artrozom TMZ-a) (23).

1.3.5. Interpretacija CBCT i MR snimaka

U izvještavanju radiološkog nalaza TMZ-a postoji nekoliko segmenata koje je potrebno spomenuti i opisati.

Zglobna pločica analizira se na MR snimkama tako da se promatra njezin položaj, koji se opisuje kao normalan ili s pomakom diska. Nadalje, stupanj diskopatije ili pomaka diska klasificira se kao djelomičan ili potpun, smjer pomaka može biti prednji, anterolateralni, anteromedijalni, medijalni, lateralni ili stražnji, a redukcija pomaka u položaju otvorenih usta opisuje se u vidu postojanja redukcije ili izostanka redukcije. Morfologija zglobne pločice može biti normalna, kada ima oblik crne leptir-mašne, glatkih je kontura i bez unutarnjeg signala, ili može biti patološka, u kojem slučaju se uočava pojačan signal, abnormalan oblik, mali ili velik disk te fragmentacija diska.

Translaciju kondila moguće je odrediti i na MR-u i na MDCT-u/CBCT-u te ona može biti normalna, smanjena (hipomobilnost) ili prekomjerna (hipermobilnost). U slučaju intraartikularnog upalnog procesa MR ima značajnu prednost nad CT-om te može utvrditi postojanje zglobnog izljeva, edema retrodiskalnog mekog tkiva i sinovitisa. Zglobne površine detaljnije se prikazuju na MDCT/CBCT slojevima, a kod zdravog zgloba vide se kao kontinuirana „crno-bijela linija” uz očuvanu konveksnost kondila i zglobne eminencije. U različitim bolestima mogu se uočiti znakovi remodeliranja kao što su izravnavanje inače konveksnih zglobnih ploha, kortikalna skleroza, osteofiti i erozije, a promjenama mogu biti zahvaćeni kondil, temporalna kost ili oba zglobna tijela.

Promjene u koštanoj srži na MDCT-u/CBCT-u mogu se prepoznati kao skleroza, međutim značajno superiornija radiološka pretraga u detekciji patologije koštane srži je MR. Normalno srž daje visok signal na T1 i PD sekvencama, a ravnomjerno smanjen signal na T2 sekvencama sa supresijom masti. Smanjenje signala na T1 mjerenoj snimci pokazatelj je skleroze, a heterogeni signal pokazatelj je osteonekroze, dok povećanje signala na T2 sekvenci sa supresijom masti upućuje na koštani edem. Žvačni mišići odlično se prikazuju na MR-u, nešto slabije na MDCT snimkama, a CBCT-om ih nije moguće vizualizirati. Analiza mišića važna je radi isključenja edema, hipertrofije ili atrofije. Osim samog zgloba, potrebno je obratiti pažnju i na obližnje strukture i prostore kao što su ostatak temporalne kosti, parotida, nazofarinks i baza lubanje, a o stanju navedenih struktura najbolje se zaključuje kombinacijom MR-a i MDCT-a. Osim opisa radioloških karakteristika, nalazu je potrebno dati i klinički značaj u kontekstu uputne dijagnoze i simptoma pacijenta (11).

1.3.6. Ostali radiološki modaliteti oslikavanja TMZ-a: ultrazvuk i tehnike nuklearne medicine

Ultrazvuk (UZV) može se smatrati neinvazivnom, lako dostupnom i jeftinijom tehnikom za procjenu TMZ-a te se može koristiti u odabranih bolesnika s kontraindikacijom za MR. Radi dobivanja slike visoke razlučivosti potrebno je koristiti linearnu sondu frekvencije 12 – 20 MHz. Postavljanjem sonde okomito na zigomatični luk i paralelno s kondilom mandibule dobivaju se poprečne i uzdužne slike u položaju zatvorenih i otvorenih usta. Podešavanjem i nagnjanjem sonde tijekom pregleda optimizira se prikaz diska, kondilarnih promjena i zglobnog izljeva. Ultrazvučna procjena ograničena je kod analize dubljih struktura i/ili bilo koje koštane abnormalnosti. Na UZV-u normalni zglobni disk izgleda kao hipoehogena struktura u obliku obrnutog slova C, smještena iznad hiperehogenog korteksa kondila. Zglobna eminencija i mandibularni kondil hipoehogeni su, s hiperehogenim kortikalisom. Kapsula, pterigoidni mišić i retrodiskalno tkivo su izoehogeni. U procjeni povećanog protoka krvi i aktivne upale može se koristiti power Doppler (16, 22). UZV se može koristiti za provjeru prisutnosti prednjeg pomaka diska i izljeva u bolesnika s TMP-om, a ako se pokaže pomak diska, onda skeniranje treba ponoviti s otvorenim ustima kako bi se utvrdilo

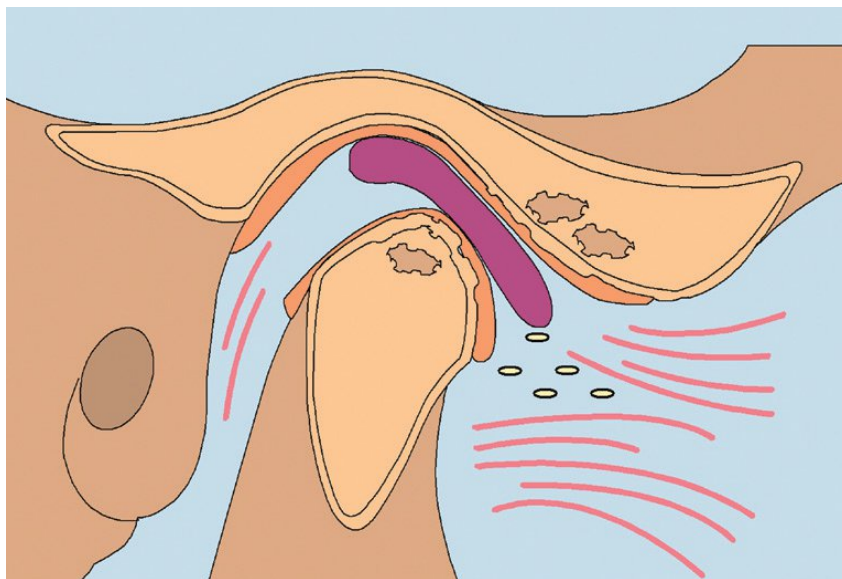
je li se disk reducirao. Mogu se uočiti i bočno smještene kortikalne erozije i zadebljanja zglobne čahure (11). Osjetljivost UZV-a u detekciji kondilarnih erozija iznosi 70 – 94 %, a u procjeni zglobnog izljeva 70,6 – 83,9 % (16).

Metode nuklearne medicine kao što su kombinacija jednofotonske emisijske kompjutorizirane tomografije (engl. *single photon emission computed tomography*, SPECT) i niskodoznog CT-a, tzv. SPECT/CT, primarno se koriste za kvantificiranje diferencijalnog rasta kondila u adolescenata s asimetrijom mandibule kada se sumnja na hiperplaziju kondila.

1.4. Osteoartritis temporomandibularnog zgloba

Najčešća vrsta artritisa koja zahvaća TMZ, osteoartritis temporomandibularnog zgloba (OA TMZ), kronična je degenerativna bolest koja zahvaća sve strukture zgloba, uključujući zglobnu hrskavicu, sinoviju, subhondralnu kost, kapsulu, ligamente, periartikularne mišiće i senzorne živce koji inerviraju tkiva (24) (slika 10).

Iako etiopatogeneza bolesti nije u cijelosti razjašnjena, temelji se na pojačanom opterećenju zglobnih površina koje dovodi do remodelacije sa smanjenjem fibrozno-hrskavičnog sloja, stanjenjem korteksa i gubitkom koštane mase te naknadnom rubnom koštanom proliferacijom (4). Remodeliranje je ključni biološki odgovor na opterećenje TMZ-a, a prekomjerno ili dugotrajno preopterećenje te smanjenje prilagodljivosti TMZ-a mogu rezultirati poremećajem procesa remodeliranja (24).



Slika 10. Shematski prikaz degenerativnih promjena TMZ-a. Preuzeto iz: Badel T. *Temporomandibularni poremećaji i stomatološka protetika*. Zagreb: Medicinska naklada, 2007. (4), uz dopuštenje autora, prof. dr. sc. Tomislava Badela.

Dva tipa OA jesu primarni idiopatski OA i sekundarni OA, koji nastaje posljedično traumi, jatrogenim čimbenicima i zglobnim infekcijama. Bolest je multifaktorska, a faktori rizika za razvoj OA TMZ-a dijele se na lokalne, poput traume, parafunkcija i preopterećenja zgloba, te opće faktore kao što su dob, spol, metaboličke i autoimune bolesti, prehrambeni nedostaci, hormonske varijable i predisponirani genetski profil (24, 25). Sinovijalne zglobove u OA oštećuju mehanički, upalni i metabolički faktori (26). Početak i napredovanje OA TMZ-a pod utjecajem su mehaničkih faktora koji uzrokuju prekomjerno ili neuravnoteženo opterećenje zgloba. Tako, primjerice, trauma dovodi do promjene mehaničkih svojstava artikularnog diska, degradacije hrskavice i proizvodnje upalnih i bolnih medijatora, a parafunkcije dovode do dislokacije artikularnog diska i degenerativnih promjena unutar kondila i artikularne eminencije (24). Prisutnost pomaka diska bez redukcije uzrokuje istezanje i upalu retrodiskalnog tkiva, što rezultira unutarnjim poremećajem zgloba i povećava rizik od razvoja OA TMZ-a (25).

OA TMZ može se smatrati „niskoinflamatornim artritičnim stanjem” kod kojeg su u sinovijalnoj tekućini pacijenata povišeni upalni citokini IL-12, IL-1 β , IL-6 i TNF- α , a koji dovode do povećanja resorpcije kosti putem diferencijacije i aktivacije osteoklasta (26, 27). Mehaničko opterećenje TMZ-a inducira aktiviranje vaskularnog endotelnog faktora rasta (VEGF) kojeg proizvode hondrociti artikularne hrskavice. Angiogeneza se smatra važnim faktorom u razvoju OA TMZ-a jer proangiogeni faktor VEGF može aktivirati signalne puteve koji dovode do poremećaja cirkulacije sastavnica ekstracelularnog matriksa s povećanom degradacijom kolagena i proteoglikana i naposljetku do uništavanja artikularne hrskavice (25, 26). Molekularni signalni putevi koji se povezuju s OA TMZ-om su Wnt/ β -catenin, TGF- β /BMP, Ihh, FGF, NF- κ B i Notch (24). Iako istraživanja o utjecaju estrogena na razvoj OA TMZ-a daju proturječne rezultate, čini se da su odgovarajuće razine estrogena ključne za održavanje ravnoteže u TMZ-u te da visoke razine estrogena štetno djeluju na kondilarnu hrskavicu, dok pružaju zaštitu subhondralnoj kosti (25).

Zglobne površine TMZ-a i zglobna pločica prekrivene su fibroznom hrskavicom koja je otpornija na sile smicanja te prvenstveno sadrži tip I kolagena, dok dublji stanični sloj sadrži tip II kolagena. Hrsravice su avaskularne i hipocelularne te sadrže dobro diferencirane hondroците. Hondrociti su ključni posrednici u održavanju homeostaze matriksa hrskavice koji je građen uglavnom od proteoglikana, a apoptoza ili nekroza hondrocita smatra se ključnom značajkom u degeneraciji osteoartritične hrskavice (24, 25, 27). Iako je mehanički stres potreban za razvoj mandibularnog kondila, pogrešna biomehanička stimulacija i prekomjerni stres imaju važnu ulogu u inicijaciji i progresiji OA TMZ-a, a stres u endoplazmatskom retikulumu jedan je od mehanizama apoptoze hondrocita uzrokovane mehaničkim učinkom (27).

OA obično sporo progredira. U početnoj fazi bolesti u hrskavici se povećava količina vode, dok broj proteoglikana opada, a zbog smanjene proizvodnje i povećane degradacije već uskladištenog kolagena tipa II mreža kolagena slabi. Pojačava se apoptoza funkcionalno aktivnih hondrocita, a hondrociti iz dubljih slojeva zglobne hrskavice proliferiraju i proizvode novi kolagen i proteoglikane. Napredovanjem bolesti procesi uništavanja hrskavice počinju prevladavati nad procesima popravka, a zbog narušenog remodeliranja TMZ-a pojavljuju se degenerativne promjene. Dolazi do smanjenja elastičnosti i kompresivnih svojstava hrskavice, a zbog degradacije

hijaluronske kiseline i povećane aktivnosti slobodnih radikala dolazi do smanjenja stupnja hidratacije zgloba (26). Degeneracija i erozije šire se s površinskog na dublji sloj hrskavice, što rezultira nastankom dijelova kosti koji su bez hrskavičnog sloja te kasnije eburnizirani. U subhondralnoj kosti, koja je podložna remodeliranju, dolazi do aktivacije osteoklasta i stvaranja nove kosti niže gustoće minerala i lošijih mehaničkih osobina. Kvaliteta kondilarne kosti povezana je s razvojem OA TMZ-a (4, 24, 27).

Usporedno s patofiziološkim promjenama, klinički tijek OA TMZ također se može podijeliti u tri faze ukupnog trajanja od oko 5,5 godina, s razdobljima remisije i regeneracije hrskavice. U prvoj fazi, koja traje 2,5 – 4 godine, javljaju se škljocanje, pucketanje i intermitentno zaključavanje zgloba, no OA TMZ-a može biti teško razlikovati od drugih vrsta poremećaja TMZ-a. Druga faza traje 6 mjeseci do godine dana i povezana je s destrukcijom TMZ-a, što dovodi do spontane boli, ograničene pokretljivosti i škripanja. Posljednja faza također traje oko 6 mjeseci, a kako se u njoj bol, zvukovi i ograničena pokretljivost najčešće ne javljaju, naziva se i stabilnom odnosno *burnout* fazom (28).

Osteoartritis je aktivni oblik artroze u kojem se zbog upale sinovije javljaju bol i ograničena pokretljivost donje čeljusti, pri čemu je bol u početku češća tijekom žvakanja, a kasnije se pojavljuje i u mirovanju. Inaktivni degenerativni stadij bolesti naziva se osteoartroza i obilježen je pucketanjem ili krepitacijama. Proliferacijom fibroznog ili koštanog tkiva dolazi do srastanja zglobnih površina čeljusnog zgloba, što se naziva ankilozom, a može rezultirati i potpunom imobilizacijom donje čeljusti (4).

Iako tijek OA TMZ-a može biti i asimptomatski, u većini uznapredovalih slučajeva javljaju se bol, krepitacije i ograničena pokretljivost čeljusti. Najčešći simptom OA TMZ-a je bol koja može potjecati iz mekih tkiva koja okružuju zglob, nastati zbog grča žvačnih mišića ili biti rezultat destrukcije subhondralne kosti. Zbog promijenjenog mehaničkog opterećenja zgloba i aktivacije upalnog procesa različitih komponenti zgloba dolazi do oslobađanja upalnih posrednika koji dovode do boli u početnim fazama OA. Postojana bol tupog karaktera prisutna je u mirovanju, a pogoršava se pokretima čeljusti kada se može javiti i oštra bol. U početku je bol lokalizirana u

području zgloba, no može se širiti i na zahvaćenu stranu lica. Upala kapsularnih tkiva te visoke koncentracije pirofosfata u sinovijalnoj tekućini kod pacijenata s OA TMZ-a uzrokuju ukočenost zgloba i ograničenje pokreta čeljusti. Krepitacije su naziv za zvuk koji se opisuje kao škripanje ili krckanje, a koji se može čuti pri pokretima čeljusti te osjetiti prstom prilikom kliničkog pregleda. Osim u OA TMZ-a, javljaju se i u promjenama TMZ-a uzrokovanim psorijatičnim i reumatoidnim artritisom. Ostali simptomi koji se mogu javiti su osjećaj pečenja, promjene u okluziji, ankiloza, nestabilnost zgloba, smanjenje stražnje visine lica zbog osteolize kondila te posljedične deformacije lica (26, 28).

S obzirom na različitu etiologiju i kliničku prezentaciju TMP-a, kako bi se poboljšala točnost dijagnostike, klasifikacije podtipova poremećaja te procjena utjecaja fizičkih i psihosocijalnih čimbenika na simptome, razvijene su smjernice *Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders* (DC/TMD). Riječ je o standardiziranom dijagnostičkom protokolu koji uključuje dvije osi. Os I služi procjeni fizičkih dijagnoza: boli, funkcionalnih ograničenja (npr. raspona otvaranja čeljusti), zvukova, osjetljivosti zglobova, parafunkcija (stiskanja i škripanja) i okluzalnih čimbenika (dentalne malokluzije). Os II sastoji se od upitnika za samoprocjenu i evaluira psihosocijalne aspekte (anksioznost, depresiju, invaliditet povezan s boli i kvalitetu života) (29). Prema posljednjem izdanju DC/TMD-a iz 2014. godine osteoartritis i osteoartroza podskupine su degenerativne bolesti TMZ-a koja je definirana propadanjem tkiva zgloba s popratnim koštanim promjenama kondila i/ili artikularne eminencije. Klinički kriteriji za postavljanje dijagnoze OA jesu prisutnost bilo kakvog zvuka pri pokretima čeljusti ili izvođenju funkcije koji se javio u zadnjih 30 dana ili tijekom pregleda te detekcija krepitacija palpacijom tijekom otvaranja, zatvaranja, desnog ili lijevog lateralnog pokreta odnosno protruzije. Osjetljivost i specifičnost kliničkog pregleda nisu dostatne za postavljanje dijagnoze, stoga je zlatni standard slikovna dijagnostika pri čemu je za potvrdu bolesti na CT-u potrebno uočiti barem jedno od sljedećih radioloških obilježja OA TMZ-a: subhondralne ciste, erozije, generalizirana skleroza, osteofiti i slobodna kalcificirana koštana tijela. Kortikalna skleroza i/ili izravnanje (aplanacija) zglobnih ploha smatraju se neodređenim nalazom jer mogu predstavljati normalnu anatomsku varijantu,

promjenu povezanu sa starenjem, funkcionalno remodeliranje ili prethoditi degenerativnoj bolesti (30).

Svaka radiološka varijabla jasno je definirana. Osteofit je rubna hipertrofija sa sklerotičnim rubovima i egzofitičnom kutnom formacijom koštanog tkiva koja izlazi s površine kosti. Površinska erozija je gubitak kontinuiteta zglobnog korteksa kondila ili zglobne jamice. Subkortikalna pseudocista je šupljina ispod zglobne površine koja odstupa od normalnog uzorka koštane srži te predstavlja gubitak trabekulacije, a ne pravu cistu. Aplanacija, odnosno gubitak zaobljene konture površine kondila ili zglobne eminencije, može biti prisutna u normalnim zglobovima ili predstavljati koštano remodeliranje. Subkortikalna skleroza definira se kao zadebljanje kortikalisa u područjima koja nose opterećenje u odnosu na susjedna područja, a može nastati kao posljedica povećanog opterećenja ili normalnog opterećenja kada je disk pomaknut (31). Dvije glavne radiološke prezentacije bolesti su degenerativna, s erozijama i subhondralnim cistama, te proliferativna, s osteofitima i sklerozacijom, a koje se tijekom bolesti uslijed remodeliranja mogu i izmjenjivati (28).

Definitivna procjena kliničkog stanja te potvrda ili reevaluacija kliničke dijagnoze provodi se radiološkom dijagnostikom, a radiološkim praćenjem moguće je i procijeniti rizik razvoja diskopatije. U skladu s kliničkim kriterijima, razvijeni su i radiološki kriteriji za standardizirano izvješćavanje i odabir optimalne slikovne metode u različitim bolestima TMZ-a (28, 32).

Prema preporukama Američke akademije za oralnu i maksilofacijalnu radiologiju, promjene koštanih struktura potrebno je analizirati CT-om ili CBCT-om (33). Procjena uključuje analizu zglobne jamice i kondilarne glave te je, osim znakova OA TMZ-a (sklerozacija, pseudociste, erozije, osteofiti, slobodna koštana tijela), moguće uočiti i anatomske varijante morfologije i veličine kondila, aplanaciju zglobnih ploha i koštanu ankilozu. Moguće je odrediti i širinu zglobnog prostora (normalan ili sužen) te položaj kondila u zglobnoj jamici. Unatoč značajnoj superiornosti CBCT-a/CT-a u analizi koštanih struktura, za procjenu translacije kondila, odnosno položaja kondila pri otvorenim ustima u odnosu na vršak artikularne eminencije te postojanja koštanog edema, potrebno je analizirati MR snimke. Nekoštane strukture nužno je analizirati MR-om, koji

omogućuje procjenu položaja diska pri otvorenim i zatvorenim ustima, morfologije diska, postojanja zglobnog izljeva te slobodnih intraartikularnih tijela (32).

U dosadašnjoj literaturi prisutni su brojni radovi koji istražuju obilježja OA TMZ-a korištenjem različitih metoda slikovne dijagnostike, prvenstveno CT-a/CBCT-a i MR-a. Neovisno o odabranom modalitetu, istraživanja su utvrdila kako je OA TMZ-a bolest koja zahvaća stariju dobnu skupinu, češće žene nego muškarce. Dijagnoza se često postavlja u ranijem stadiju procesa, a s godinama može uznapredovati. Degenerativnim promjenama zahvaćeniji je mandibularni kondil od ostalih dijelova zgloba (34 – 37). Mnogi radovi promatrali su učestalost pojedinih radioloških nalaza (subhondralne ciste, erozije, generalizirana skleroza, osteofiti i slobodna kalcificirana koštana tijela), međutim u velikom broju slučajeva dobiveni rezultati se razlikuju (34, 35, 38 – 40). Jedno od objašnjenja za to jest da koštane promjene nije lako sa sigurnošću detektirati budući da se obično radi o postupnom procesu remodeliranja (39). Također, znatan dio radova kao jednu od najučestalijih koštanih varijabli spominje aplanaciju zglobnih ploha, koja prema DC/TMD smjernicama predstavlja neodređen nalaz, a zamijećena je i kod velikog broja asimptomatskih pacijenata, što dodatno potvrđuje kako je vjerojatnije riječ o adaptivnoj promjeni uslijed remodelacije, a ne obilježju OA TMZ-a (34, 41). Osim toga, neke studije koristile su MR kao zlatni standard u dijagnostici OA TMZ-a (37, 42 – 44), a uočeno je kako u detekciji kondilarnih erozija i osteofita MR ima manju osjetljivost od CBCT-a (45).

Važnost prepoznavanja različitih radioloških varijabli ogleda se u činjenici da one predstavljaju različite stadije bolesti. Erozija je početni stadij degenerativnih promjena, povezan je s nestabilnim zglobovom i može dovesti do promjena u okluziji. Osteofiti stabiliziraju zglob i pokazatelj su uznapredovalih degenerativnih promjena (34). Važnost MR oslikavanja TMZ-a kod pacijenata s OA TMZ-a jest u analizi nekoštanih struktura, osobito zbog uočene patogenetske povezanosti OA TMZ-a s pomakom diska i zglobnim izljevom. Kod pacijenata s dugotrajnim ili trajnim pomakom diska, a posebice ukoliko je riječ o anteriornom pomaku bez redukcije s posljedičnom hipomobilnošću kondila, velika je vjerojatnost razvoja OA TMZ-a (37, 44, 46 – 48). Uočena je i povezanost između više MR nalaza te je pomak diska bez redukcije povezan s presavinutim diskom i osteofitima, a pomak s redukcijom s izravnatim diskom (49).

Jasno definirani radiološki znakovi znatno su poboljšali točnost dijagnostike OA TMZ-a, međutim nerijetko opisane strukturalne promjene nisu u skladu sa simptomima, što dovodi u pitanje njihov klinički značaj. Iz dosadašnje literature najpouzdanijom se smatra povezanost boli u TMZ-u sa zglobnim izljevom, edemom koštane srži kondila, uznapredovalim deformitetima kondila s erozijama te s anteriornim pomakom diska bez redukcije, dok je utjecaj osteofita na bol diskutabilan (39, 49 – 51). Osteofiti ne utječu značajno na simptome. Visoki stupnjevi zglobnog izljeva povezani su sa zvukovima u TMZ-u. Izravnavanje zglobne površine kondila, za razliku od pomaka diska, nema utjecaj na otvaranje usta, ali uzrokuje krepitacije. Čujni klik javlja se kod artroze i dislokacija diska, dok su krepitacije zabilježene samo kod artroze (49).

Različita istraživanja pokazala su oprečne rezultate kada je u pitanju korelacija kliničkih znakova i simptoma te radioloških nalaza koštanih promjena na CBCT-u, no prevladavajuće mišljenje jest da je ta povezanost ipak mala (38, 40, 52). Osim toga, kao i u svim ostalim koštanim tkivima, da bi promjene bile radiološki uočljive potrebna je značajnija demineralizacija, stoga su one najčešće vidljive tek mjesecima nakon pojave kliničkih simptoma i podcjenjuju stvarni stupanj patološkog oštećenja (28).

U istraživanjima koja su kao „zlatni standard” u dijagnostici OA TMZ-a koristila MR, utvrđeno je kako klinički kriteriji mogu ukazivati na degenerativne promjene te razlikovati miogeno i artrogeno podrijetlo TMP-a, no nemaju dostatnu valjanost u preciznom utvrđivanju OA TMZ-a, niti u njegovu razlikovanju od diskopatije. Visoka razina neslaganja u nalazima kliničara i radiologa dovodi do učestalog opisa radioloških znakova OA i u asimptomatskim slučajevima te do razlika u prevalenciji OA u literaturi (41, 42, 53).

Iako je više istraživanja odvojeno promatralo povezanost kliničke slike s radiološkim obilježjima prisutnima na CBCT-u ili MR-u, malobrojne studije istovremeno su uključivale analizu oba radiološka modaliteta (CBCT-a i MR-a), i to u istraživanjima koja su obuhvaćala širu skupinu pacijenata s temporomandibularnim poremećajima, a ne ciljano u dijagnostici OA TMZ-a (54, 55). Zbog izostanka standardizacije pri odabiru varijabli korištenih u interpretaciji radioloških nalaza, takve su studije teško usporedive.

S obzirom na to da OA TMZ-a predstavlja značajan uzrok smanjenja kvalitete života u 5 – 12 % opće populacije (27, 30), te na relativno čest nesrazmjer između kliničke slike i radioloških nalaza, kao i nedovoljnu istraženost etiopatogeneze OA TMZ-a, ovo se istraživanje fokusira na određivanje optimalne dijagnostičke obrade pacijenata koji pate od OA TMZ-a kako bi njihovo liječenje započelo pravovremeno i spriječilo razvoj težih oblika navedene bolesti.

Pregledom dosadašnje literature zaključuje se da većina autora smatra kako su, uslijed nedovoljnog broja znanstvenih istraživanja koja uspoređuju CBCT i MR u dijagnostici TMP-a, izostanka smjernica za indiciranje slikovne dijagnostike, nejednačenosti u korištenju varijabli te složenosti simptomatologije TMP-a, potrebna daljnja istraživanja korelacije kliničkih i radioloških nalaza.

2. HIPOTEZA I CILJEVI

2.1. Hipoteza

Klinička dijagnoza osteoartritisa temporomandibularnog zgloba (OA TMZ) u pozitivnoj je korelaciji s radiološkim znacima OA TMZ-a prisutnima na snimkama konusne kompjutorizirane tomografije (CBCT) i magnetske rezonancije (MR) TMZ-a te s kliničkom slikom poremećaja.

2.2. Ciljevi

Osnovni cilj:

Kod pacijenata s klinički dijagnosticiranim OA TMZ-a ispitati i usporediti povezanost standardiziranih radioloških parametara na CBCT-u i MR-u s uočenim kliničkim znakovima i simptomima.

Sekundarni ciljevi:

1. Ispitati korelaciju između radioloških obilježja OA TMZ-a definiranih na CBCT-u (promjene koštanih struktura) te nalaza uočenih na MR pregledu (abnormalnosti mekotkivnih struktura zgloba).
2. Procijeniti mogu li CBCT ili MR zasebno biti dostatni u postavljanju dijagnoze OA TMZ-a.
3. Odrediti učestalost pojedinih radioloških kriterija OA TMZ-a (subhondralne ciste, erozije, generalizirana skleroza, osteofiti i slobodna kalcificirana koštana tijela) na CBCT-u.
4. Procijeniti stupanj degenerativnih promjena na CBCT-u na temelju definiranih kriterija (DC/TMD).
5. Odrediti učestalost pojedinih kliničkih znakova i simptoma.
6. Prikazati distribuciju dijagnoze OA TMZ-a i stupnja bolesti prema dobi i spolu.

3. ISPITANICI I METODE

Istraživanje je provedeno na Katedri za opću i dentalnu radiologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kliničkom zavodu za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju KBC-a Sestre milosrdnice u Zagrebu te na Zavodu za mobilnu protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Odobreno je od strane Etičkog povjerenstva KBC-a Sestre milosrdnice u Zagrebu te od strane Etičkog povjerenstva Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

3.1. Ispitanici

Provedeno je retrospektivno istraživanje na 101 ispitaniku kojima je u razdoblju od 2015. do 2023. godine, nakon kliničkog pregleda na Zavodu za mobilnu protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, postavljena dijagnoza osteoartritisa temporomandibularnog zgloba (OA TMZ-a). Uključni i isključni kriteriji za ispitanike prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Uključni i isključni kriteriji za ispitanike

Uključni kriteriji za ispitanike
• pacijenti koji prema dijagnostičkim kriterijima za temporomandibularne poremećaje (DC/TMD), nakon anamneze i kliničkog pregleda, zadovoljavaju kriterije za OA TMZ-a
• pacijenti kod kojih su nakon postavljanja kliničke sumnje na OA TMZ učinjeni CBCT i MR pregledi oba TMZ-a
Isključni kriteriji za ispitanike
• pacijenti kod kojih je OA TMZ-a posljedica sistemske bolesti (npr. reumatoidnog artritisa) ili traume
• pacijenti s ranijim zahvatima u području TMZ-a (operacija ili zračenje u području TMZ-a)
• pacijenti s tehnički neadekvatnim radiološkim snimkama (npr. artefakti uzrokovani pomicanjem, pogrešan odabir sekvenci itd.)

Kontrolna skupina nije predviđena jer odsustvo kliničke dijagnoze OA TMZ-a nije obuhvaćeno ovim istraživanjem. Pristanak za dobrovoljno sudjelovanje pribavljen je prilikom kliničke i radiološke obrade pacijenata tako da im je prije početka istraživanja (kliničkog pregleda i dijagnostike, snimanja CBCT-a i MR-a) uručen obrazac za informirani pristanak.

3.2. Metode

3.2.1. Prikupljanje kliničkih podataka

Klinička dijagnostika koja je učinjena prije samog istraživanja uključivala je anamnestičke podatke i klinički pregled temeljen na smjernicama Međunarodne mreže konzorcija za RDC/TMP (Dijagnostičke kriterije za istraživanje temporomandibularnih poremećaja) i Posebne interesne skupine za orofacijalnu bol, koji predstavljaju zlatni standard i međunarodno prihvaćeni sustav za dijagnostiku poremećaja čeljusnog zgloba i žvačnih mišića RDC/TMD (32). Smjernice i protokol podijeljeni su u dvije glavne osi (Axis I i Axis II), koje omogućuju cjelovitu procjenu pacijenta. Os I uključuje kliničku i fizičku procjenu pomoću standardiziranog kliničkog pregleda i povijesti bolesti, dok se Os II (Axis II) odnosi na psihosocijalni status i bol putem standardiziranog upitnika za samoprocjenu. Anamnezom su prikupljeni subjektivni simptomi o postojanju, intenzitetu, trajanju i širenju boli te o postojanju drugih sistemskih bolesti. Kliničkim pregledom, koji se sastojao od nespecifičnih (mjerenje aktivnog i pasivnog otvaranja usta, bilježenje pojave boli i palpacija mobilnosti kondila tijekom otvaranja usta, postupak izometrijskog naprežanja) i specifičnih (manualna funkcijska analiza) postupaka, dobivene su informacije o objektivnim znakovima bolesti. Na temelju prikupljenih odgovora i kliničkih nalaza, kroz točno definirane algoritme, postavlja se konačna dijagnoza. Podaci prikupljeni anamnezom i kliničkim pregledom zabilježeni su u obrascu koji je dio uobičajene obrade pacijenata koji se obrađuju zbog simptoma vezanih uz TMZ u okviru djelatnosti Zavoda za mobilnu protetiku Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a koji prati smjernice RDC/TMD te je njegov dio korišten za potrebe ovog istraživanja (Prilog 2).

Klinički podaci preuzeti iz obrasca, sistematizirani i upotrijebljeni u daljnjem istraživanju, prikazani su u tablici 2.

Tablica 2. Klinički podaci preuzeti iz obrasca i korišteni u daljnjem istraživanju

Demografski podaci
• dob i spol
Simptomi na razini pacijenta (N = 101)
• glavobolja, cervikobrahijalni sindrom, ograničeno otvaranje usta, glavni simptom, manifestacija boli, trajanje boli i strana boli
Znakovi na razini zgloba (N = 202)
• bol TMZ, bolnost bilaminarne zone, zvukovi i VAS vrijednosti

VAS (vizualno-analogna skala) – grafički instrument za subjektivno mjerenje jakosti boli gdje pacijent označava razinu svoje boli na rasponu od 0 (nema boli) do 10 (najjača bol).

3.2.2. Analiza radioloških snimaka

Svih 202 TMZ-a snimljena su konusnom kompjutoriziranom tomografijom (CBCT-om) i magnetskom rezonancijom (MR-om), a protokoli snimanja navedeni su u tablicama 3 i 4.

Tablica 3. Protokol snimanja konusne kompjutorizirane tomografije (CBCT)

Naziv uređaja/sustava:	J. Morita 3D Accuitomo
Vidno polje (Field of View; FoV):	170,25 x 170,25 x 121 mm
Veličina voksel:	0,250 mm u sve tri ravnine
Parametri ekspozicije:	struja cijevi: 5,5 mA, napon cijevi: 90,0 kV, prosječno vrijeme skeniranja: 121 ms
Rekonstrukcijski algoritam:	slojevi debljine 1 mm s razmacima od 0,5 mm

Tablica 4. Protokol snimanja magnetske rezonancije (MR)

MR uređaji:
MAGNETOM Siemens Avanto 1,5T i Siemens MAGNETOM Aera 1,5T (Siemens, Njemačka), uz primjenu namjenske površinske zavojnice za TMZ.
Protokol snimanja:
<u>Parasagitalni prikaz TMZ-a u položaju zatvorenih i otvorenih usta u različitim spin-echo sekvencijama:</u> • T1-mjerene slike: vrijeme eha (Time of Echo, TE) 9,4 – 15 ms, vrijeme ponavljanja (Time of Repetition, TR) 380 – 410 ms, vidno polje (FoV) 180 × 180 piksela/cm, matrica 410 × 512 piksela • T2-mjerene slike: TE 13 – 15 ms, TR 460 – 770 ms, FoV 180 × 180 piksela/cm, matrica 224 × 320 i 128 × 256 piksela • Proton-density (PD): TE 90 ms, TR 2800 ms, FoV 160 × 160 piksela/cm, matrica 320 × 320 piksela <u>Aksijalna i koronalna ravnina:</u> TE 2,91 ms, FoV 240 × 240 piksela/cm, TR 7 ms uz matricu 384 × 512 piksela.

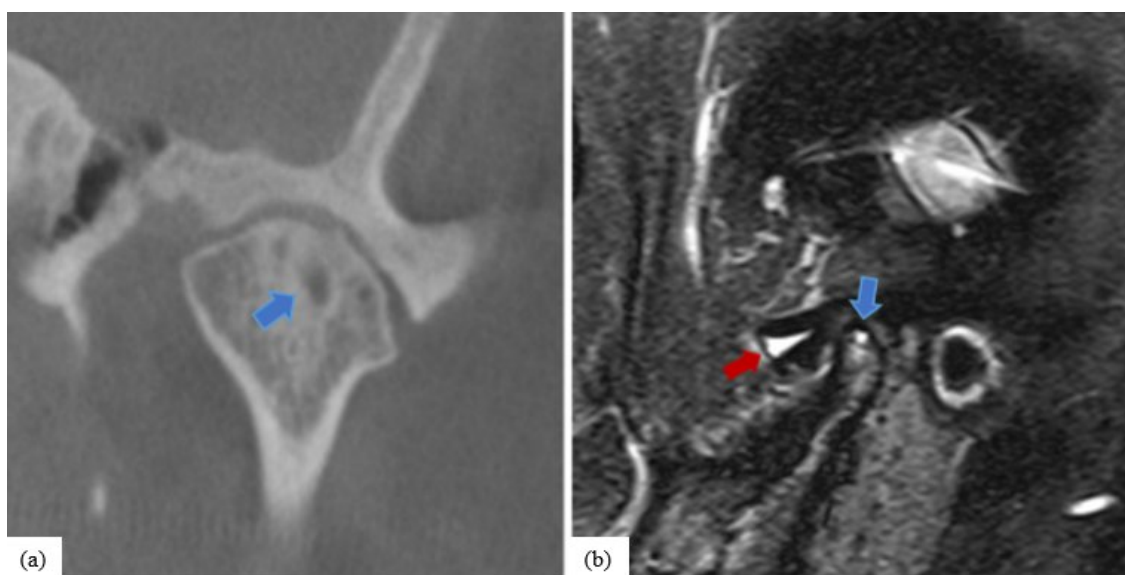
Iz učinjenih CBCT snimaka u položaju zatvorenih usta izrađene su tankoslojne 3D rekonstrukcije u aksijalnim, koronarnim i sagitalnim ravninama. Iz učinjenih MR pregleda za analizu su korištene kose sagitalne T1- i T2-mjerene snimke u položaju zatvorenih usta te PD snimke u položaju zatvorenih i otvorenih usta. Sve snimke pohranjene su u digitalnom obliku, u DICOM formatu, u

medicinskom informacijskom sustavu ISSA KBC-a Sestre milosrdnice, iz kojeg su preuzete sve snimke korištene u ovoj disertaciji.

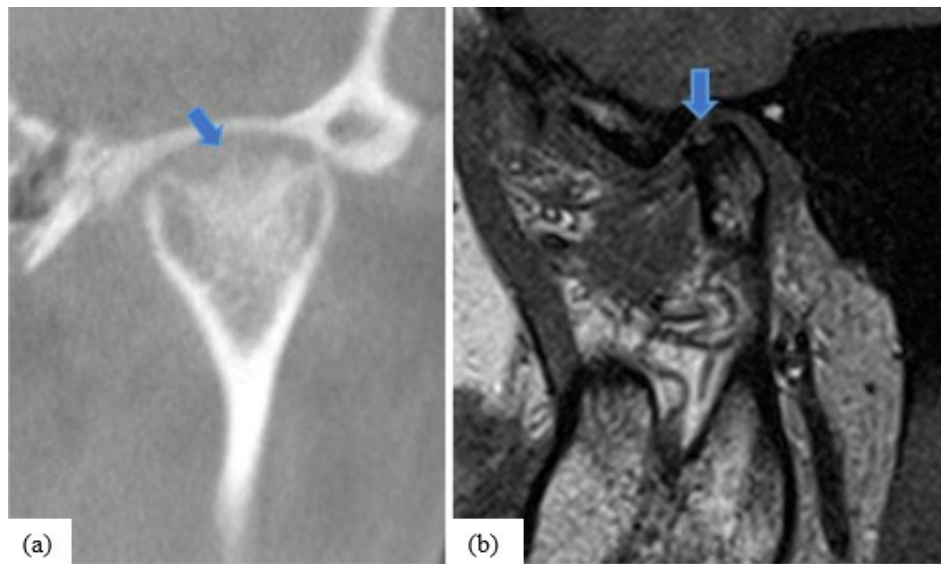
Radiološke snimke, radi veće pouzdanosti, analizirali su doktorand, specijalist kliničke radiologije s iskustvom u očitavanju snimaka TMZ-a, te specijalist neuroradiologije s dugogodišnjim iskustvom u očitavanju nalaza TMZ-a. U slučaju neslaganja oko interpretacije nalaza, snimke su se ponovno analizirale dok se nije postigla suglasnost.

Radiološka interpretacija nalaza CBCT-a i MR-a temeljila se na smjernicama RDC/TMD (32).

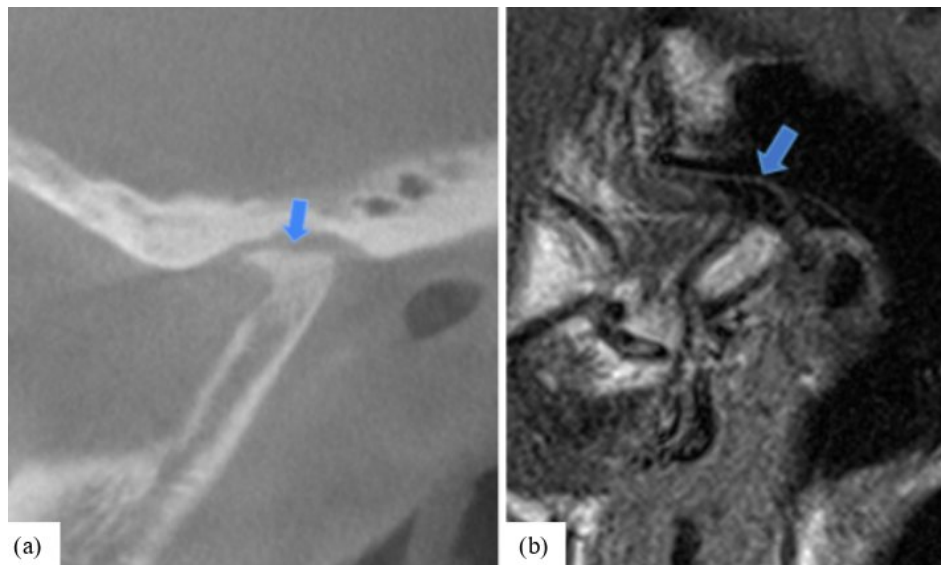
Za svaki TMZ procijenjeno je postojanje pojedinih koštanih promjena ključnih u dijagnostici OA TMZ-a: subhondralne ciste, erozije, generalizirana skleroza, osteofiti i slobodna kalcificirana koštana tijela. Spomenute promjene utvrđivale su se na CBCT-u i MR-u (slike 12 – 16).



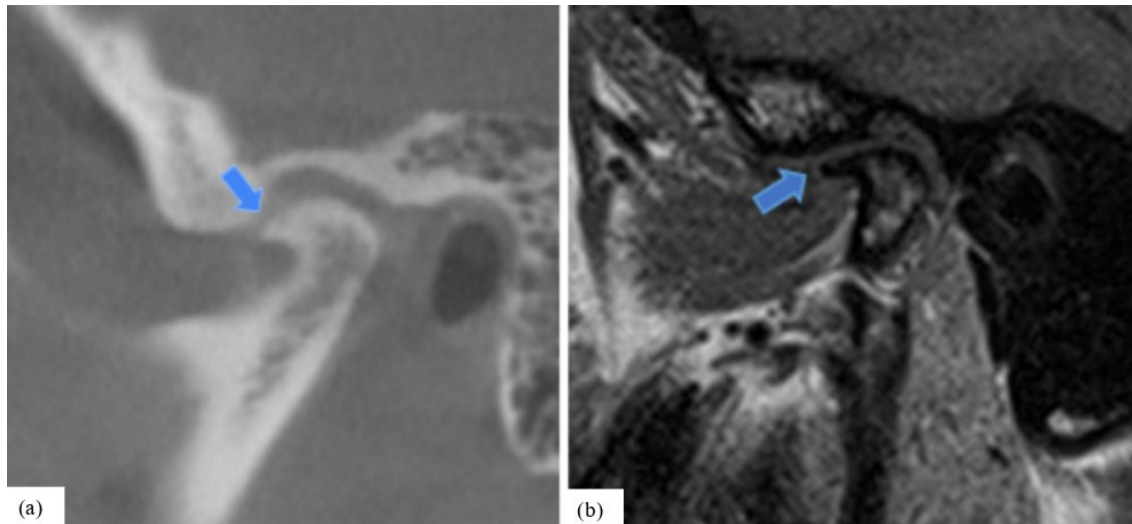
Slika 12. Subhondralne ciste prikazuju se kao jasno ograničena radioluentna područja smještena ispod zglobne kortikalne kosti (plave strelice) na CBCT-u (a), odnosno kao šupljine različitog intenziteta signala od koštane srži na MR STIR-sekvenci (b). Crvena strelica prikazuje zglobni izljev u prednjem recesusu.



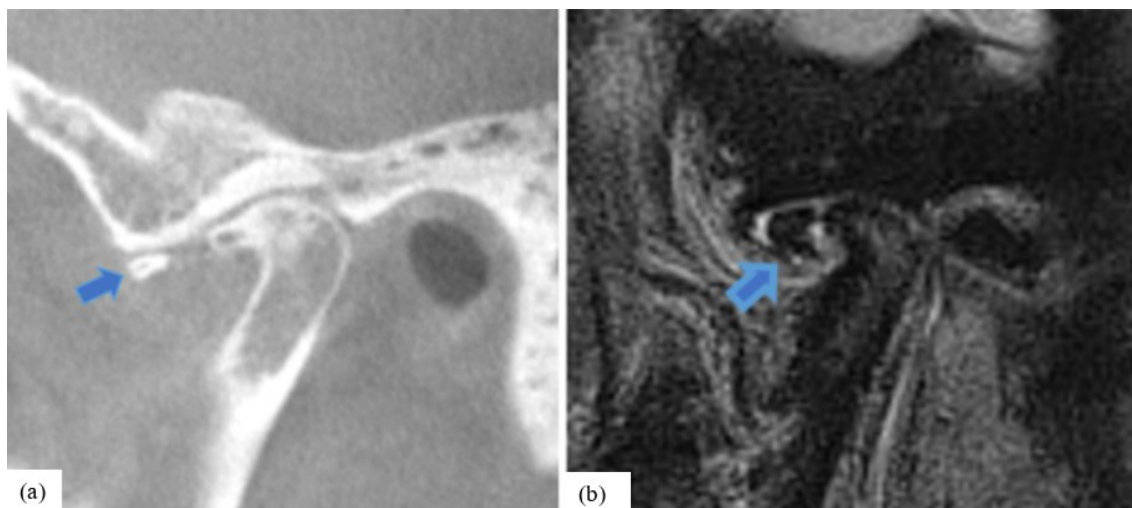
Slika 13. Eroziije se prikazuju kao prekid kontinuiteta ili nepravilnost kortikalne površine (plave strelice) na CBCT-u (a) i na T1-mjerenoj snimci MR-a (b).



Slika 14. Generalizirana skleroza odnosi se na povećanu gustoću kosti i zadebljanje kortikalne i trabekularne kosti, a vidi se kao pojačana radio gustoća (plave strelice) na CBCT-u (a) i nizak intenzitet signala na T1 mjerenoj snimci na MR-u (b).



Slika 15. Osteofiti, rubni koštani izdanci koji se šire sa zglobne površine (plave strelice) na CBCT-u (a) i T1 mjerenoj snimci na MR-u (b).

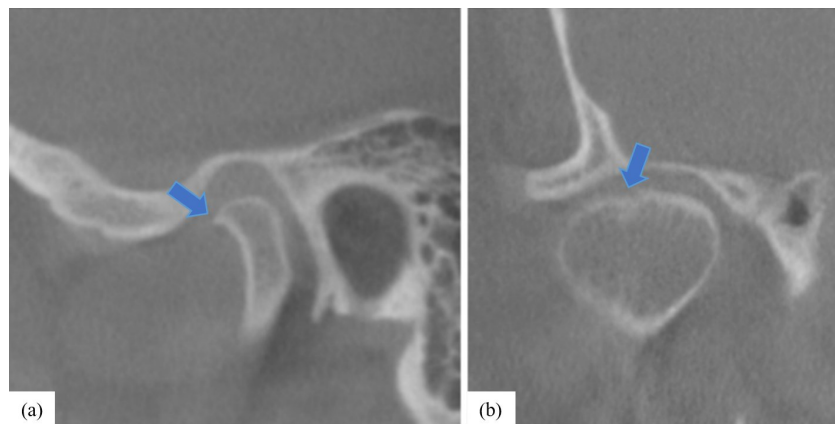


Slika 16. Slobodna kalcificirana koštana tijela unutar zglobnog prostora, koja predstavljaju odvojene osteohondralne ili hrskavične elemente (plave strelice), na CBCT-u (a) i MR PD-sekvenci (b).

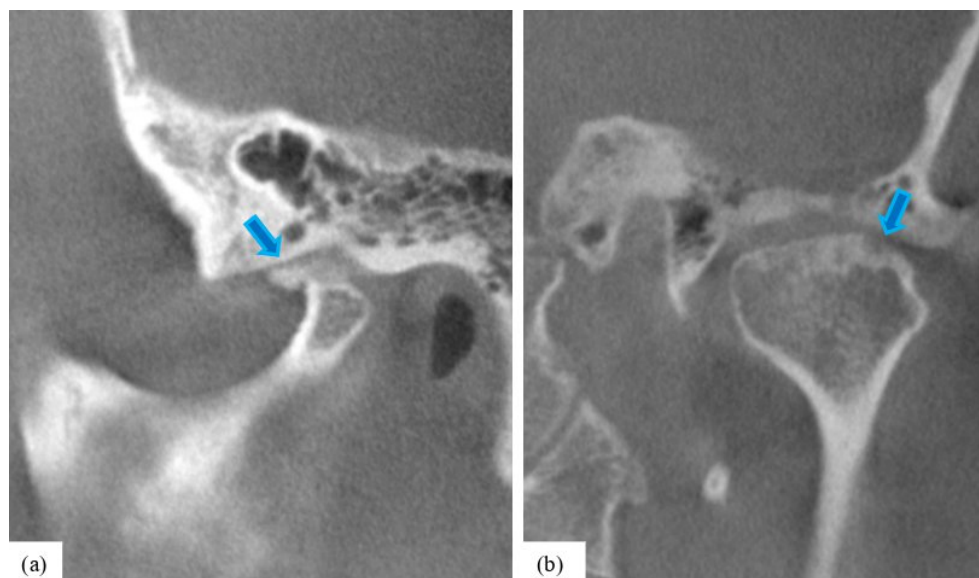
Stupnjevanje OA TMZ-a provedeno je temeljem uočenih koštanih promjena na CBCT-u, a prema klasifikacijskom sustavu Ahmada i Schiffmana (31) (slike 17-19):



Slika 17. Stupanj 0 OA TMZ-a, nema vidljivih degenerativnih promjena. Uredan izgled zglobnih tijela TMZ-a na CBCT-u u sagitalnoj (a) i koronarnoj (b) ravnini, bez znakova degenerativnih promjena.



Slika 18. Stupanj 1 OA TMZ-a, blagi OA karakteriziran osteofitima < 2 mm, pojedinačnom erozijom dubine ili širine < 2 mm i/ili pojedinačnom subhondralnom pseudocistom < 2 mm. CBCT prikaz manjeg osteofita (plava strelica) na glavi kondila u sagitalnoj ravnini (a) i plitke erozije (plava strelica) glave kondila u koronarnoj ravnini kod drugog pacijenta (b).



Slika 19. Stupanj 2 OA TMZ-a, umjereni do teški OA s osteofitima ≥ 2 mm, višestrukim erozijama, erozijama ≥ 2 mm, višestrukim subhondralnim cistama i/ili cistama ≥ 2 mm. CBCT prikaz većeg osteofita na glavi kondila, s generaliziranom sklerozom i zaravnjenim zglobnim ploham (plava strelica), u sagitalnoj ravnini (a) te dublje erozije i nekoliko subhondralnih cista (plava strelica) na glavi kondila u koronarnoj ravnini kod drugog pacijenta (b).

Osim koštanih promjena, na MR pregledu utvrđivali su se izgled i položaj diska pri zatvorenim ustima, položaj diska pri otvorenim ustima te postojanje izljeva pri zatvorenim ili otvorenim ustima.

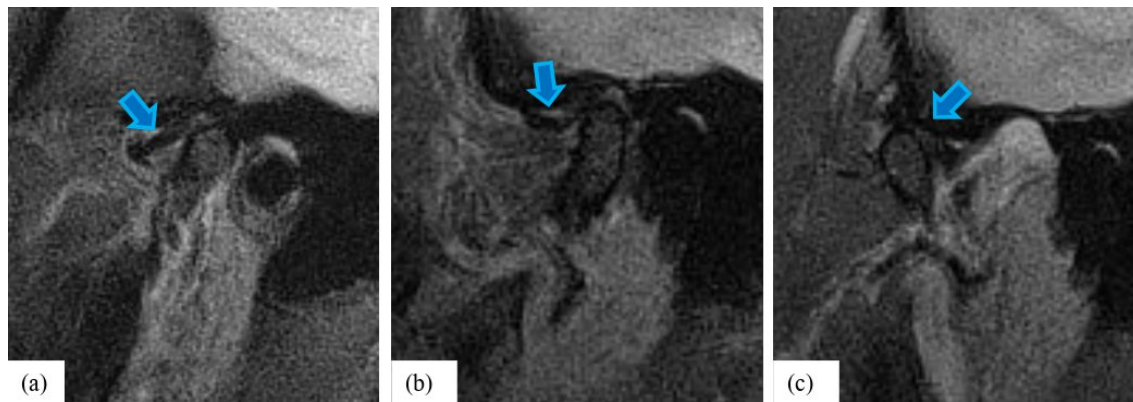
Položaj diska klasificiran je prema utvrđenim kriterijima (4, 13) u sljedeće kategorije:

- normalan položaj diska, stražnji rub diska poravnan je s vrhom kondila (položaj 12 sati) u položaju zatvorenih usta, a intermedijarna zona nalazi se između kondila i zglobne kvržice u položaju otvorenih usta,
- djelomični pomak diska s redukcijom, disk je nepravilno postavljen u mediolateralnoj ravnini, ali se vraća u normalan položaj tijekom otvaranja usta (56)

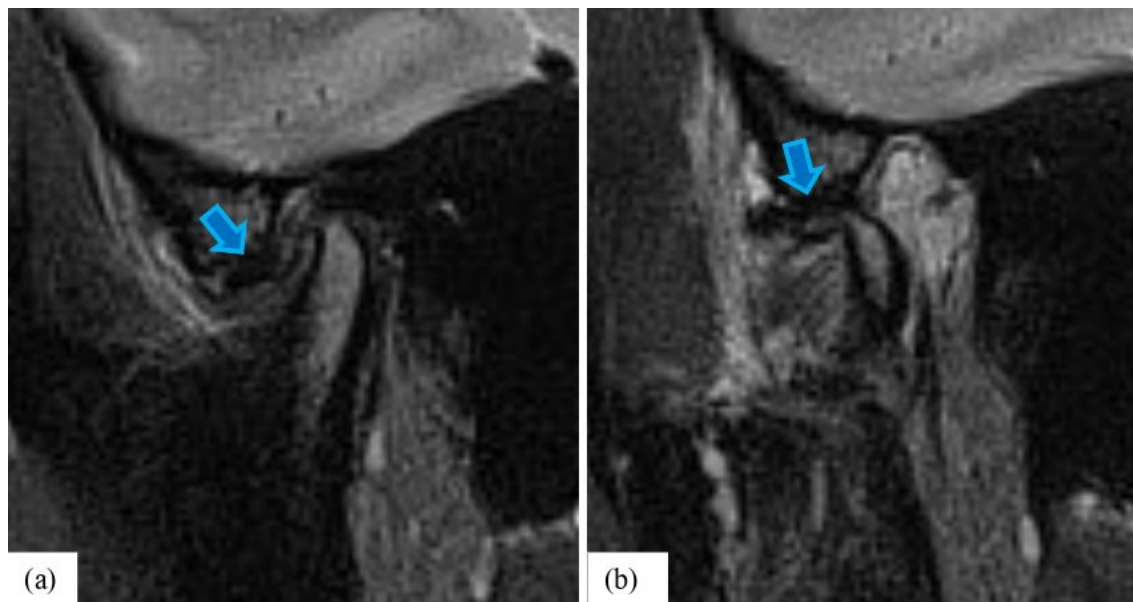
- potpuni anteriorni pomak s redukcijom, stražnji rub diska pomaknut je anteriorno u odnosu na položaj 12 sati pri zatvorenim ustima, ali disk se vraća u fiziološki položaj tijekom otvaranja usta
- potpuni anteriorni pomak bez redukcije, disk ostaje anteriorno pomaknut i u zatvorenom i u otvorenom položaju usta, bez redukcije tijekom mandibularne translacije (slike 20 – 23):



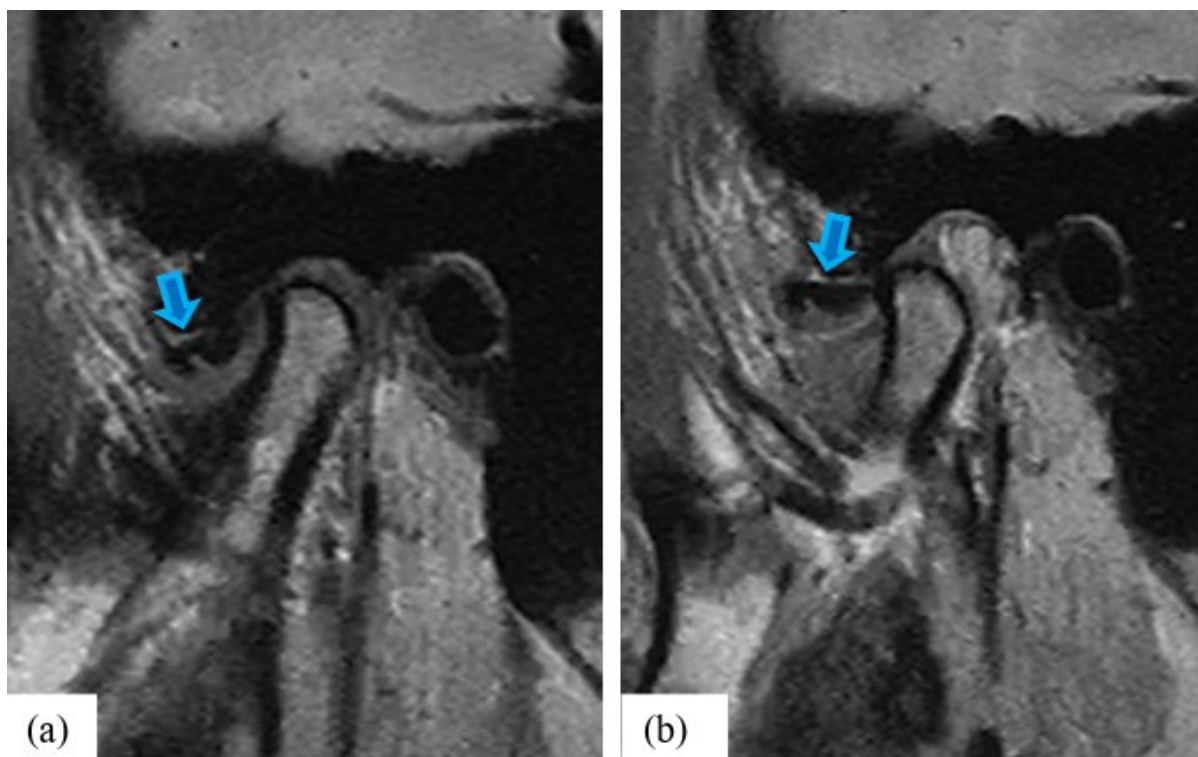
Slika 20. MR PD-sekvenca prikazuje uredan položaj diska u sagitalnoj ravnini (plave strelice). U položaju zatvorenih usta (a) stražnji rub diska poravnan je s vrhom kondila (položaj 12 sati). U položaju otvorenih usta (b) intermedijarna zona nalazi se između anterosuperiornog aspekta kondila i posteroinferiornog aspekta zglobne kvržice.



Slika 21. MR PD-sekvenca TMZ-a u sagitalnoj ravnini prikazuje malpoziciju zglobove pločice (plave strelice) u jednoj od mediolateralnih ravnina, pri čemu je lateralni dio zglobove pločice pomaknut anteriorno (a), dok na drugom presjeku istog zgloba disk zauzima svoj fiziološki položaj na glavi kondila (b). Otvaranje usta prati redukcija zglobove pločice na glavu kondila (c).

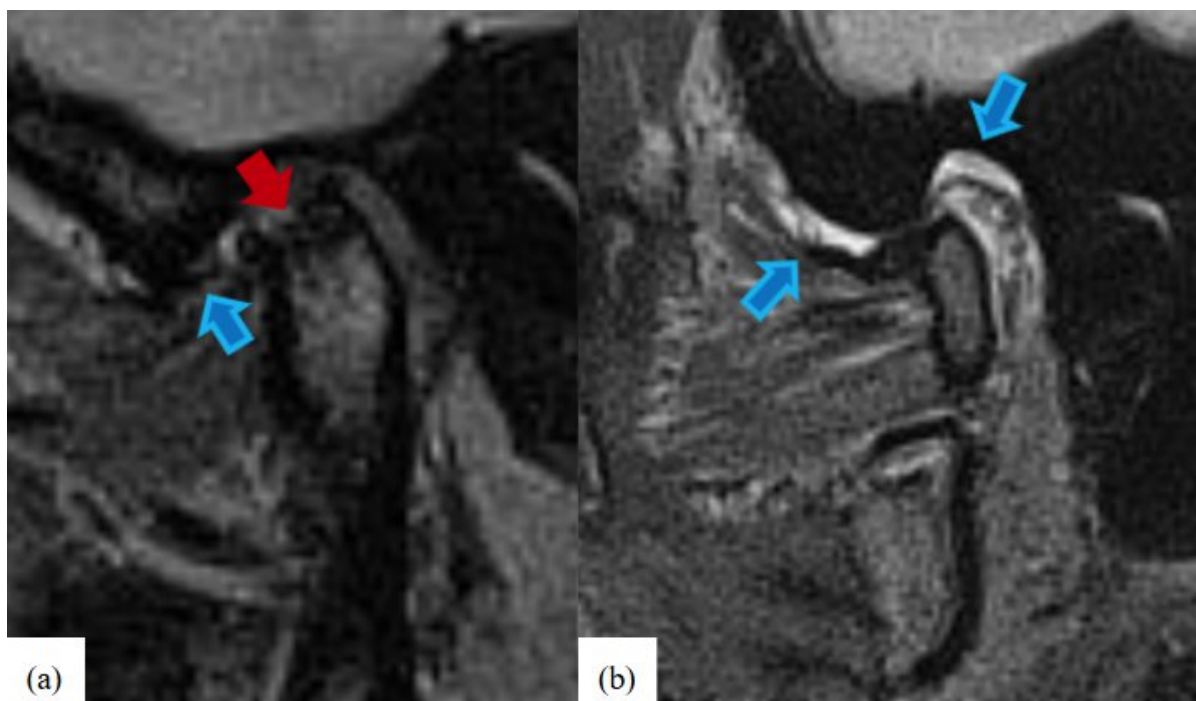


Slika 22. MR PD-sekvenca TMZ-a u sagitalnoj ravnini prikazuje anteriorni pomak zglobove pločice kod zatvorenih usta na svim parasagitalnim slojevima (a), dok u položaju otvorenih usta dolazi do redukcije, odnosno namještanja diska u fiziološki položaj na glavu kondila (plave strelice) (b).



Slika 23. MR PD-sekvenca TMZ-a u sagitalnoj ravnini prikazuje anteriorni pomak zglobne pločice kod zatvorenih usta na svim parasagitalnim slojevima (a), a u položaju otvorenih usta izostaje redukcija, odnosno namještanje diska u fiziološki položaj na glavu kondila te zglobna pločica ostaje u anteriornom položaju (plave strelice) (b).

Osim položaja zglobne pločice, na MR-u su se procjenjivali i izgled diska te prisutnost izljeva (slika 24). Abnormalan izgled zglobne pločice (diska) uključuje bilo koji oblik diska osim bikonkavnog u sagitalnoj ravnini (spljošten, raslojen, perforiran, fragmentiran), a zglobni izljev prepoznaje se kao visok intenzitet signala u zglobnom prostoru koji odgovara konturama diska, zglobne jame/artikularne eminencije i/ili kondila (blagi izljev) ili se proteže izvan koštanih kontura zglobne jame/artikularne eminencije i/ili kondila te ima konveksnu konfiguraciju u prednjem ili stražnjem recesusu (značajan izljev).



Slika 24. A) MR PD-sekvenca TMZ-a u sagitalnoj ravnini prikazuje spljošten i stanjen disk (plava strelica) te uznapredovale degenerativne promjene mandibularnog kondila (crvena strelica). B) MR STIR-sekvenca u sagitalnoj ravnini prikazuje zglobni izljev koji prati konturu glenoidne jamice i blago je konveksnog izgleda u prednjem recesusu.

3.2.3. Statistička analiza

Statistička obrada podataka provedena je koristeći programski jezik Python 3.11. Razina statističke značajnosti postavljena je na $p < 0,05$, a svi su testovi bili dvostrani.

Prije statističke obrade provedena je strukturna validacija skupa podataka. Skup je obuhvaćao 101 pacijenta, odnosno 202 TMZ-a, pri čemu je svaki pacijent doprinio dvama zglobovima (lijevim i desnim). S obzirom na takvu strukturu podataka, dosljedno je razlikovana jedinica analize: varijable prikupljene upitnikom/obrazcem prilikom kliničkog pregleda, koje su zabilježene jednom po pacijentu, analizirane su na razini pacijenta ($N = 101$), dok su nalazi zabilježeni za pojedini zglob analizirani na razini zgloba ($N = 202$). Za analize na razini pacijenta stupanj OA definiran je

kao najviši stupanj zabilježen na bilo kojem od dvaju zglobova istoga pacijenta (najteža strana), čime se izbjeglo dvostruko uključivanje istoga ispitanika. Nekonzistentnosti u varijablama prikupljenima na razini pacijenta evidentirane su i dokumentirane, a nisu prešutno ispravljane.

Za prikaz deskriptivne statistike kategorijske varijable izražene su apsolutnim i relativnim frekvencijama (N, %). Dob ispitanika prikazana je aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom te medijanom i rasponom, dok su ostale kontinuirane varijable (vrijednosti VAS-a i trajanje boli), zbog asimetrične raspodjele, prikazane medijanom i interkvartilnim rasponom (IQR). Zbog odstupanja od normalne raspodjele i ordinalne prirode dijela varijabli, u inferencijalnoj statistici dosljedno su primijenjeni neparametrijski testovi.

Slaganje koštanih nalaza dobivenih CBCT-om i MR-om procijenjeno je dvama komplementarnim postupcima: McNemarovim testom za usporedbu učestalosti detekcije pojedinog kriterija među dvjema metodama te Cohenovim koeficijentom kappa (κ) za procjenu razine slaganja iznad slučajnog očekivanja. Vrijednosti κ tumačene su prema uobičajenim graničnim vrijednostima, pri čemu su vrijednosti od 0,41 do 0,60 upućivale na umjereno slaganje, od 0,21 do 0,40 na slabo, a ispod 0,20 na vrlo slabo ili zanemarivo slaganje.

Povezanost pojedinačnih koštanih kriterija na MR-u sa stupnjem OA (definiranim na temelju CBCT-a) procijenjena je Kendallovim koeficijentom korelacije τ -b, primjerenim za monotone ordinalne odnose. Dodatno je za svaki koštani kriterij na MR-u izračunata dijagnostička točnost u odnosu na CBCT kao referentni standard (CBCT stupanj OA ≥ 1), i to osjetljivost, specifičnost, pozitivna i negativna prediktivna vrijednost, s pripadajućim 95 %-tnim intervalima pouzdanosti.

Povezanost kliničkih i radioloških nalaza ispitana je hi-kvadrat testom (χ^2), odnosno Fisherovim egzaktnim testom kada su očekivane frekvencije bile male. Povezanost vrijednosti VAS-a s radiološkim nalazima analizirana je Mann-Whitneyjevim U-testom za usporedbu dviju skupina, odnosno Kruskal-Wallisovim testom za usporedbu triju ili više skupina (primjerice prema stupnju OA). Razlika u dobi prema stupnju OA ispitana je Kruskal-Wallisovim testom i Kendallovim τ -b, razlika u dobi između spolova Mann-Whitneyjevim U-testom, a povezanost spola i stupnja OA

Fisherovim egzaktnim testom. Zbog malog broja muških ispitanika ($N = 3$), usporedbe prema spolu interpretirane su s oprezom.

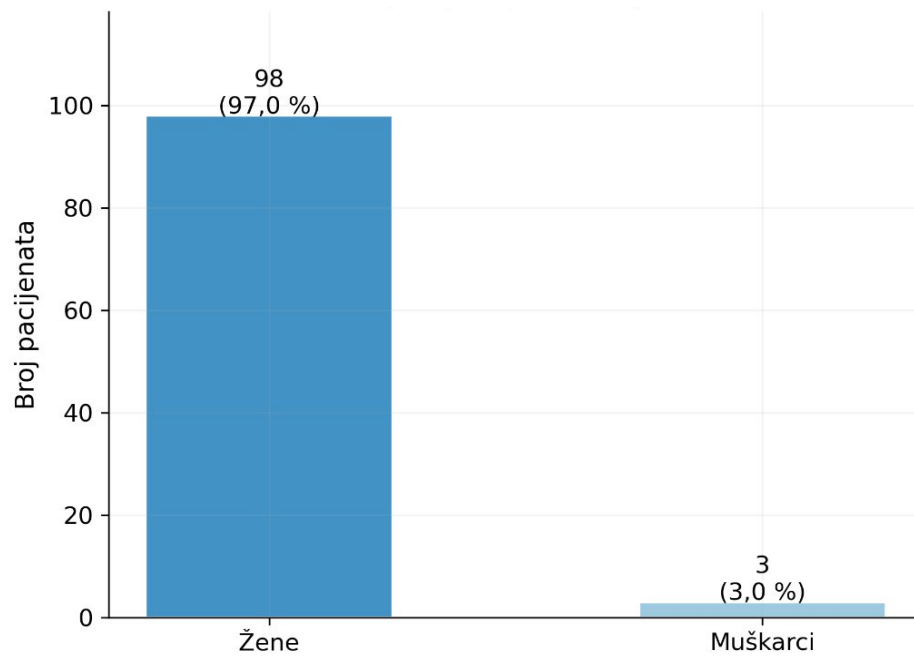
S obzirom na velik broj ispitivanih asocijacija, na svaku skupinu testova primijenjena je korekcija za višestruko testiranje metodom kontrole stope lažnih otkrića (engl. false discovery rate, FDR) prema postupku Benjamini-Hochberg. Uz svaku su sirovu p-vrijednost prikazane i korigirane q-vrijednosti, a asocijacije koje su ostale značajne i nakon korekcije ($q < 0,05$) posebno su označene. Asocijacijske analize na razini zgloba interpretirane su eksploratorno jer su kliničke varijable prikupljene na razini pacijenta bile pridružene objema stranama.

Kako dva zgloba istoga pacijenta ne predstavljaju međusobno neovisna opažanja, za formalnu korekciju klasteriranja podataka na razini pacijenta primijenjene su generalizirane procjenjivačke jednačbe (engl. generalized estimating equations, GEE). Modeli su definirani s binomnom distribucijom ishoda i logit-poveznicom te izmjenjivom (engl. exchangeable) radnom korelacijskom strukturom, pri čemu je pacijent definiran kao klaster. Rezultati su izraženi omjerima izgleda (OR) s pripadajućim 95 %-tnim intervalima pouzdanosti.

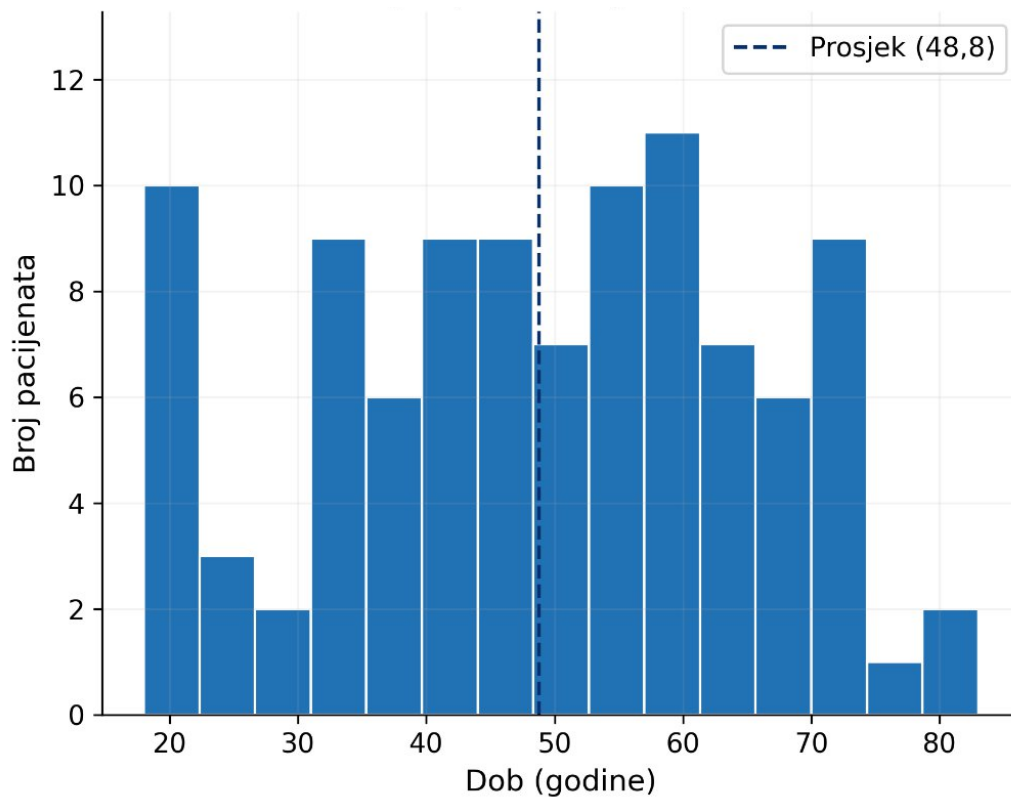
4. REZULTATI

4.1. Demografski podaci

Istraživanje je obuhvatilo 101 pacijenta, od kojih je 98 (97,0 %) žena i 3 (3,0 %) muškaraca. Prosječna dob pacijenata iznosila je $48,8 \pm 16,4$ godina (medijan 51,0 godina, raspon 18 – 83 godine). Distribucija pacijenata po spolu i dobi prikazana je na slikama 25 i 26.

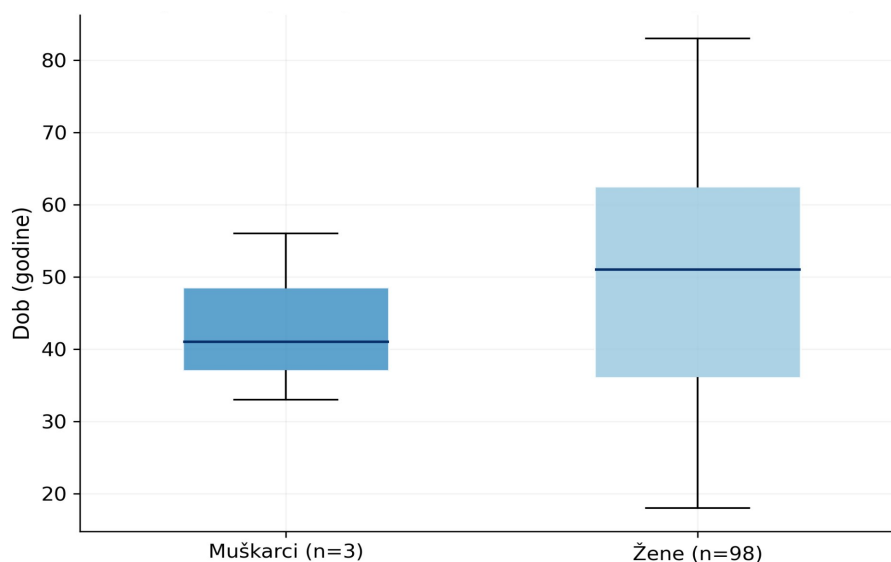


Slika 25. Distribucija pacijenata po spolu.



Slika 26. Distribucija pacijenata po dobi.

Mann-Whitneyjevim U-testom nije utvrđena statistički značajna razlika u dobi između spolova ($U = 110,5$; $p = 0,471$). Medijan dobi žena iznosio je 51,0 godinu (interkvartilni raspon = 36,0 – 62,5; raspon = 18 – 83 godine), a muškaraca 41,0 godinu (interkvartilni raspon = 37,0 – 48,5; raspon = 33 – 56 godina). Zbog izrazito malog broja muških pacijenata ($N = 3$), rezultat treba interpretirati s oprezom. Raspodjela dobi prema spolu prikazana je na slici 27.



Slika 27. Raspodjela dobi prema spolu pacijenata.

4.2. Klinički znakovi i simptomi

Klinički znakovi i simptomi odvojeno su prikazani prema jedinici analize, ovisno o tome na koji način su zabilježeni upitnikom:

Simptomi na razini pacijenta (N = 101): glavobolja, cervikobrahijalni sindrom, ograničeno otvaranje usta, glavni simptom, manifestacija boli, trajanje boli i strana boli.

Znakovi na razini zgloba (N = 202): bol temporomandibularnog zgloba (TMZ), bolnost bilaminarne zone, zvukovi i VAS (vizualno analogna skala) vrijednosti.

Manifestacija boli zabilježena je upitnikom na razini pacijenta te je u prikazu pridružena objema stranama, iako se bol klinički može razlikovati među zglobovima.

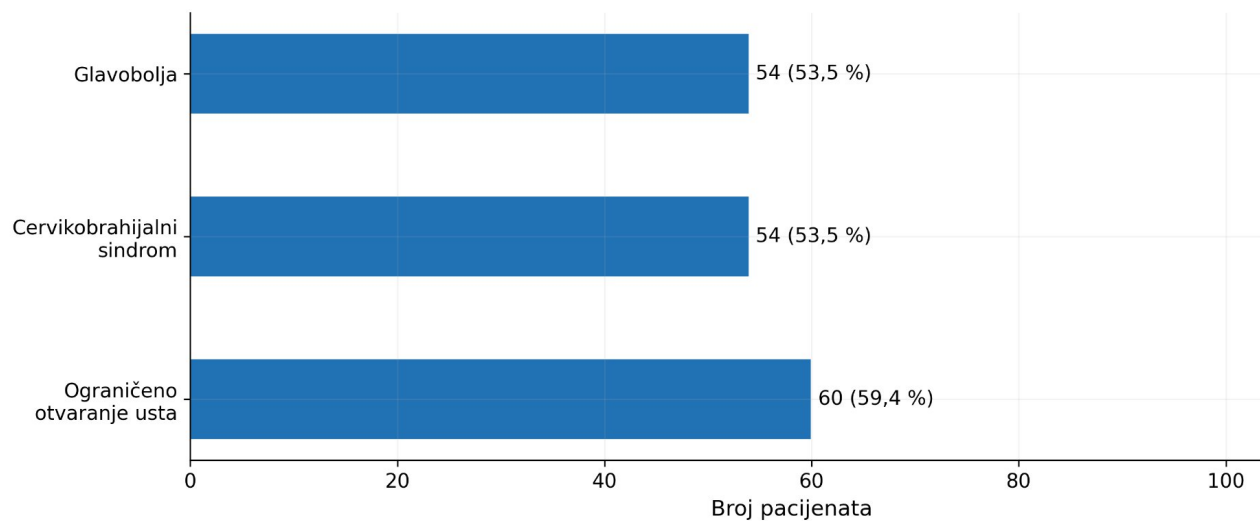
Kao glavni simptom pacijenti s klinički dijagnosticiranim osteoartritisom (OA) najčešće su navodili bol u TMZ-u (78,2 % pacijenata), a znatno rjeđe ostale simptome kao što su ograničeno

otvaranje usta (6,9 %), neuralgična bol (5,9 %), zvukovi, pri čemu su krepitacije (4,0 %) bile nešto učestalije od škljocanja (2,0 %), glavobolja (2,0 %) i, najrjeđe, šum u uhu (1,0 %) (tablica 5).

Tablica 5. Učestalost prijavljenih glavnih simptoma kod pacijenata.

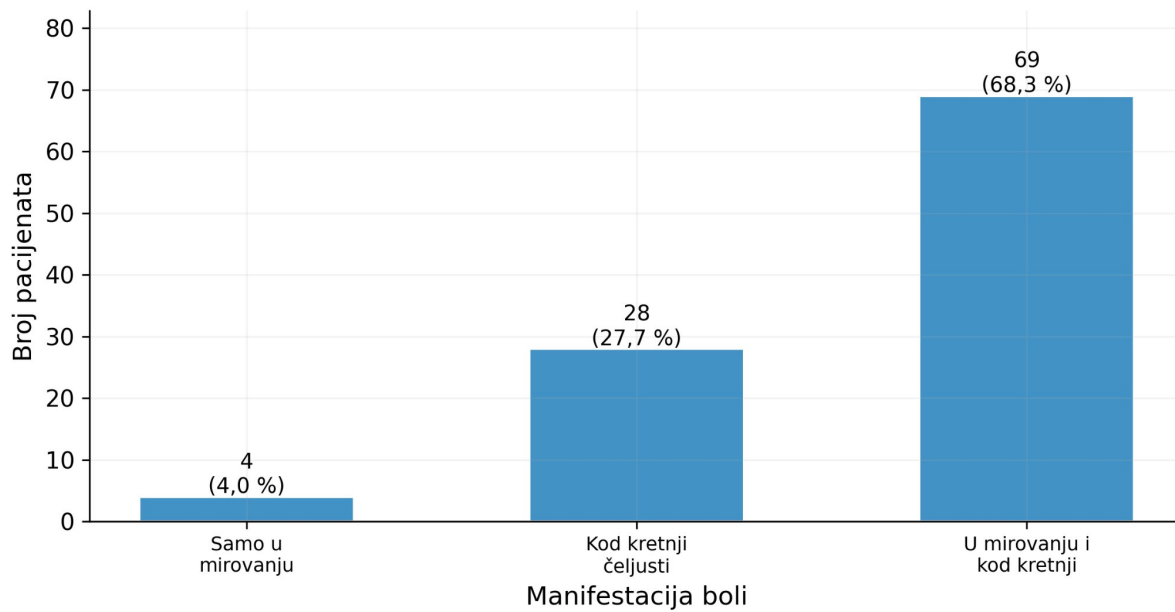
Kategorija	N	%
Bol TMZ	79	78,2
Ograničeno otvaranje usta	7	6,9
Neuralgična bol	6	5,9
Krepitacije	4	4,0
Škljocanje	2	2,0
Glavobolja	2	2,0
Šum u uhu	1	1,0
Ukupno	101	100,0

Međutim, ako se promatra učestalost simptoma neovisno o tome je li riječ o glavnom simptomu zbog kojeg se pacijent javio na pregled, ograničeno otvaranje usta zabilježeno je u 60 (59,4 %) pacijenata, dok su glavobolja i cervikobrahijalni sindrom imali podjednaku učestalost te je svaki od tih simptoma bio prisutan u 54 (53,5 %) pacijenta (slika 28).



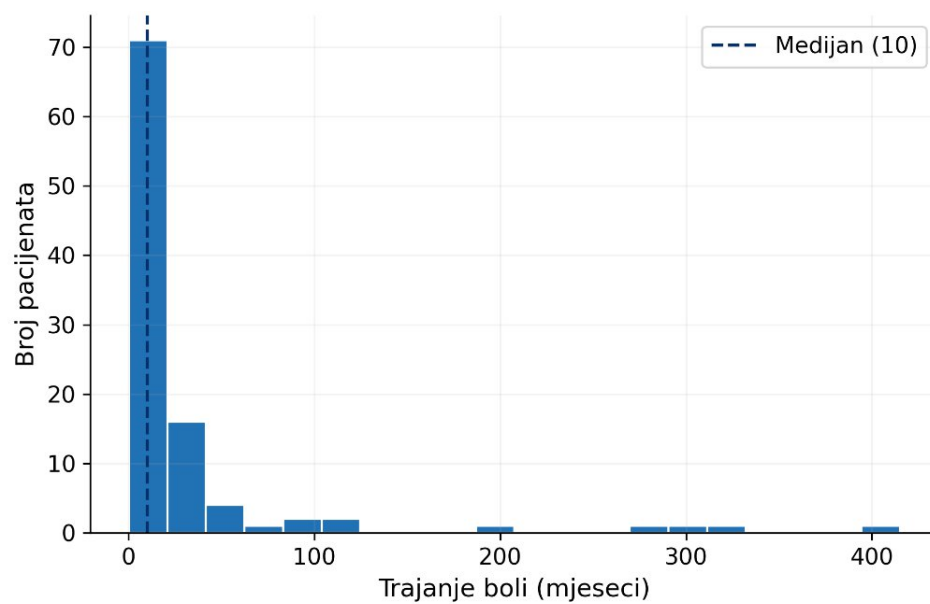
Slika 28. Učestalost kliničkih simptoma na razini pacijenta: glavobolja, cervikobrahijalni sindrom i ograničeno otvaranje usta

Bol u TMZ-u kod najvećeg broja pacijenata (69 pacijenata, 68,3 %) manifestirala se i u mirovanju i pri pokretima čeljusti, kod 28 pacijenata (27,7 %) samo pri pokretima čeljusti, a najrjeđe (4 pacijenta, 4,0 %) samo u mirovanju (slika 29).

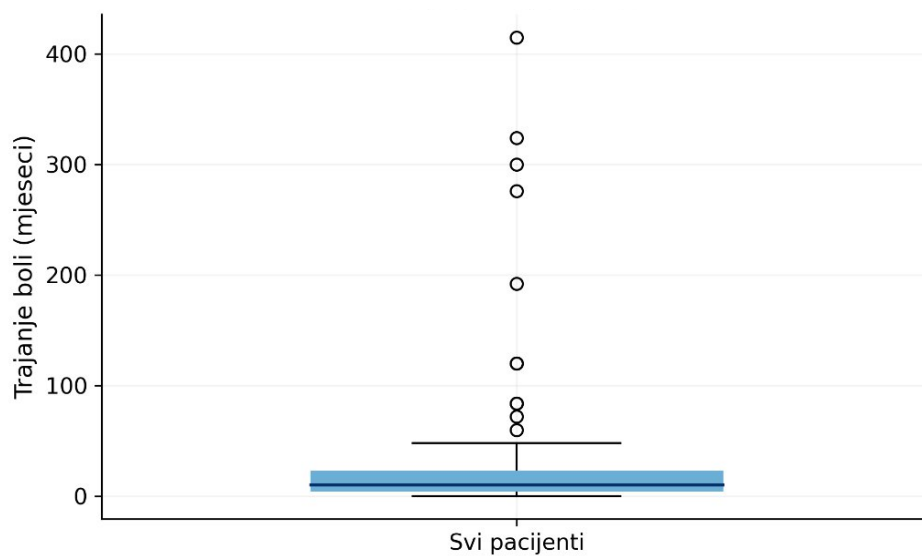


Slika 29. Manifestacija boli u TMZ.

Medijan trajanja boli iznosio je 10 mjeseci, s izrazito asimetričnom raspodjelom (interkvartilni raspon 3 – 24 mjeseca; raspon 0,2 – 415 mjeseci), kako je prikazano na slikama 30 i 31.

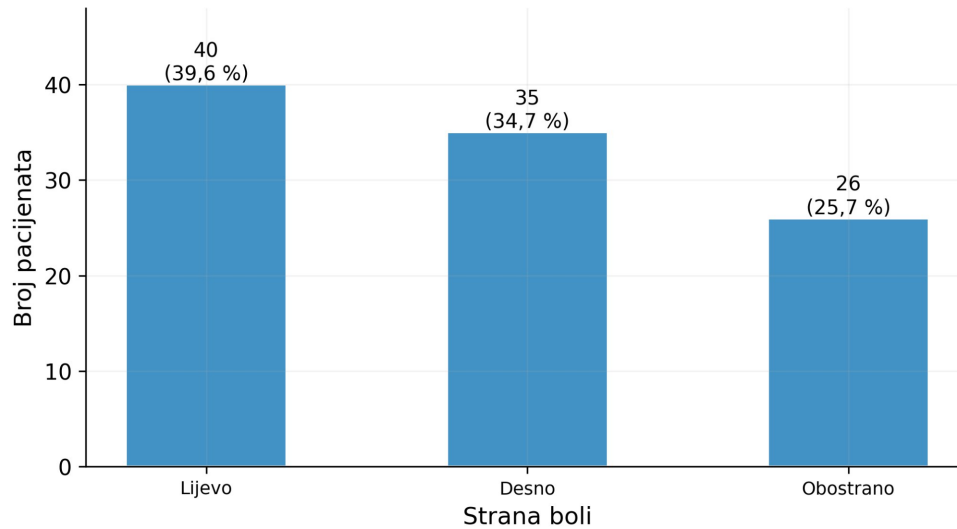


Slika 30. Histogram trajanja boli u mjesecima.



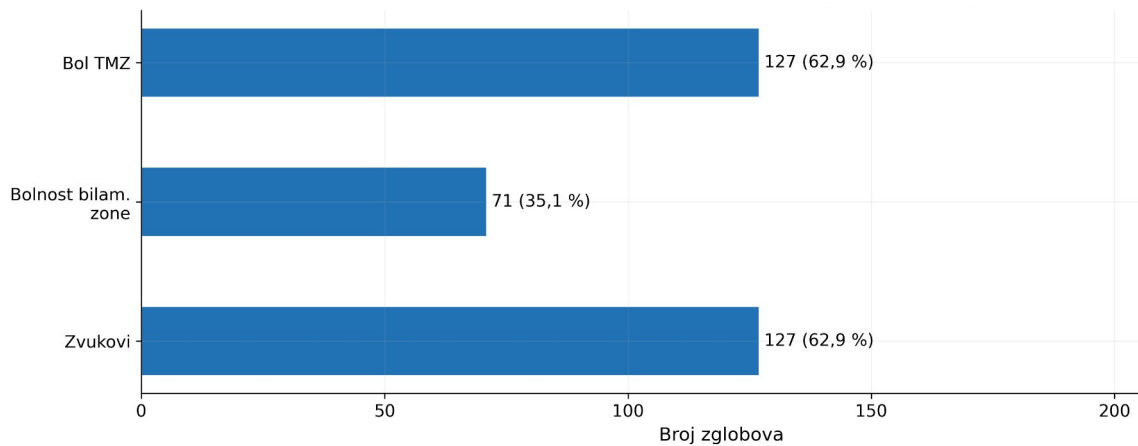
Slika 31. Boxplot trajanja boli u mjesecima.

Bol u TMZ-u nešto se češće javljala u lijevom TMZ-u (40 zglobova; 39,6 %) nego u desnom (35 zglobova; 34,7 %), dok je 26 pacijenata (25,7 %) imalo bol u oba zgloba (slika 32).



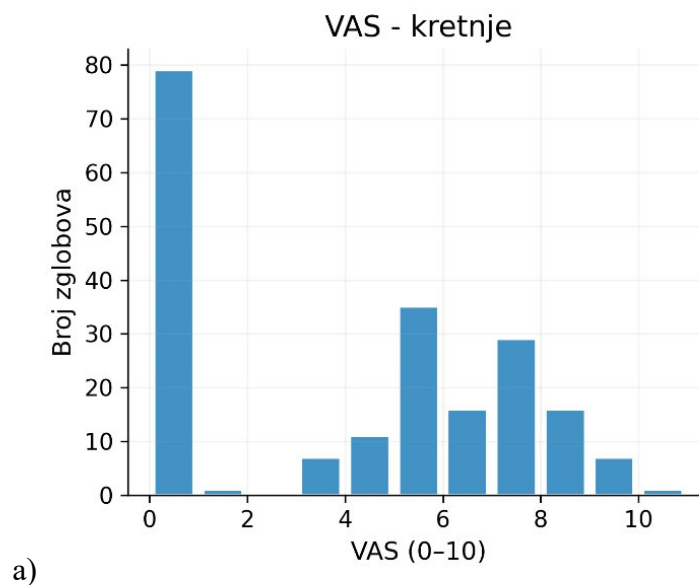
Slika 32. Distribucija boli u TMZ ovisno o strani u kojoj se bol javlja.

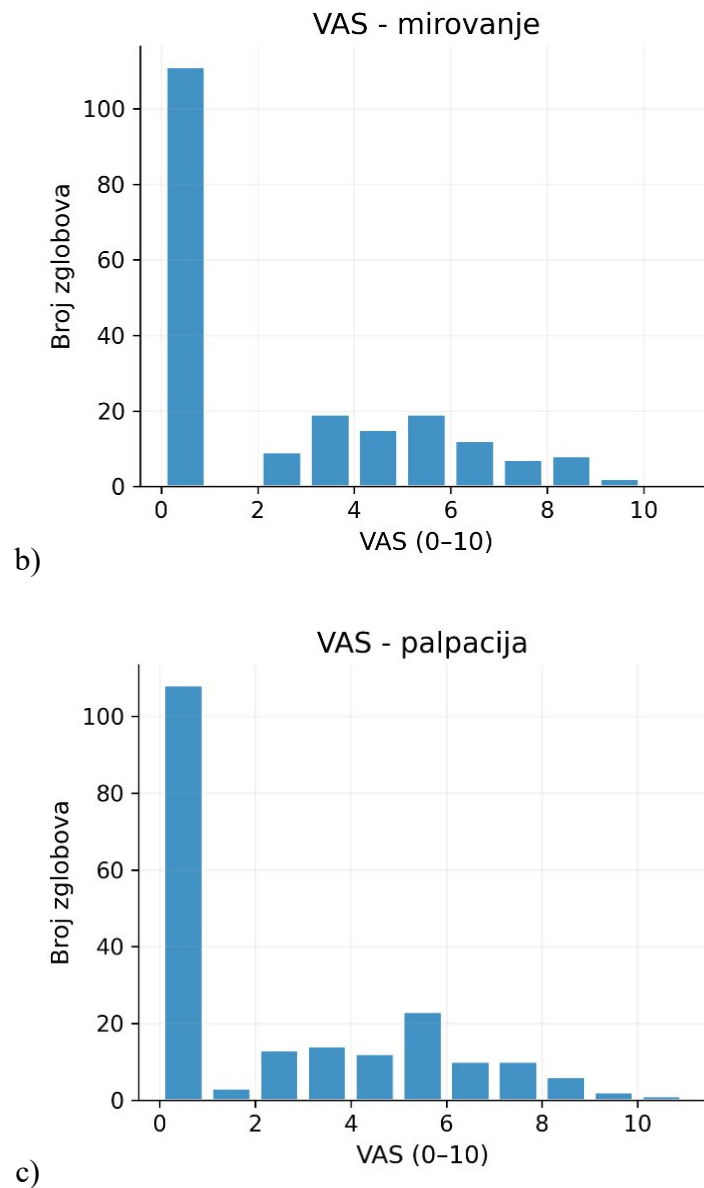
Ako se bol promatra kao simptom na razini zgloba, evidentirana je u 127 TMZ-a (62,9 %), a bolnost bilaminarne zone kliničkim je pregledom dokazana u 71 TMZ-u (35,1 %) (slika 33).



Slika 33. Učestalost kliničkih znakova na razini TMZ.

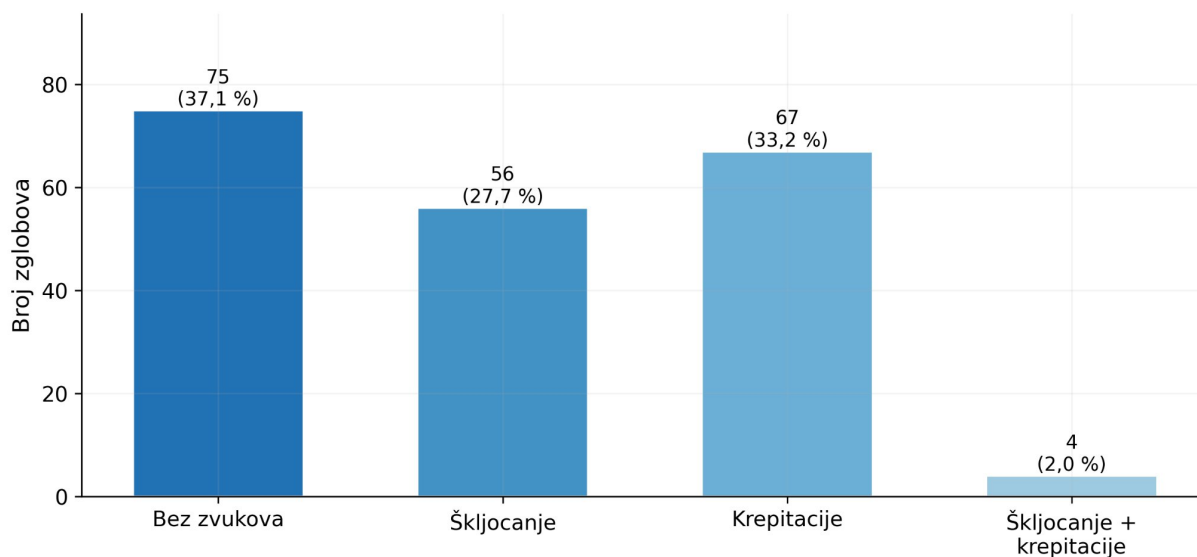
Bolnost se kvantificirala temeljem vrijednosti vizualno-analogne skale (VAS), koje su najviše bile pri pokretima (medijan 5,0; IQR 0,0 – 7,0), a niže u mirovanju (medijan 0,0; IQR 0,0 – 4,0) i pri palpaciji (medijan 0,0; IQR 0,0 – 5,0) (slika 34) .





Slika 34. Bol u TMZ izražena VAS vrijednostima u kretnjama (a), mirovanju (b) i pri palpaciji (c).

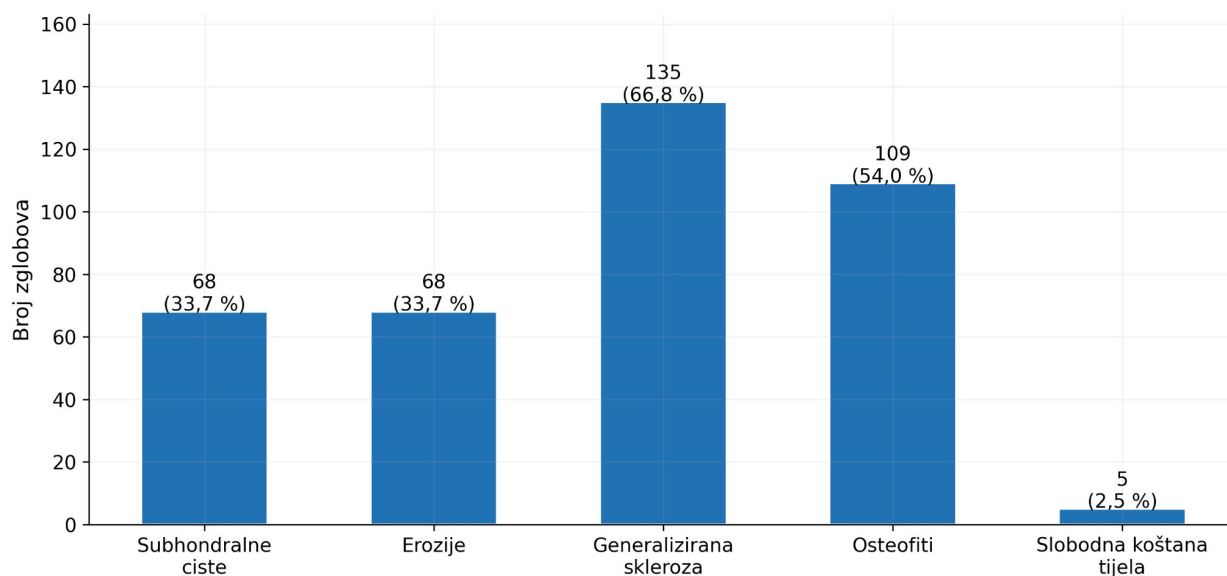
Zvukovi u TMZ-u bili su prisutni u 127 (62,9 %) zglobova (slika 33). Krepitacije, koje su se javljale u 71 TMZ-u (35,1 % svih zglobova), bile su nešto češće od škljocanja (60 TMZ-a, 29,7 %), a u 4 TMZ-a (2,0 %) bili su prisutni i kreptacije i škljocanje (slika 35).



Slika 35. Učestalost pojave pojedinih zvukova u TMZ.

4.3. Koštane degenerativne promjene na CBCT-u i MR-u i stupnjevanje OA

Analiza pojedinih koštanih degenerativnih promjena na CBCT-u provedena je na 202 analizirana TMZ-a. Najčešći koštani nalaz bila je generalizirana skleroza, prisutna u 135 zglobova (66,8 %), a zatim osteofiti u 109 zglobova (54,0 %). Subhondralne ciste i erozije evidentirane su u podjednakom broju zglobova, svaka u 68 zglobova (33,7 %). Slobodna kalcificirana koštana tijela bila su najrjeđi nalaz, prisutan u svega 5 zglobova (2,5 %). Raspodjela pojedinih koštanih nalaza prikazana je na slici 36.



Slika 36. Učestalost koštanih promjena na CBCT-u

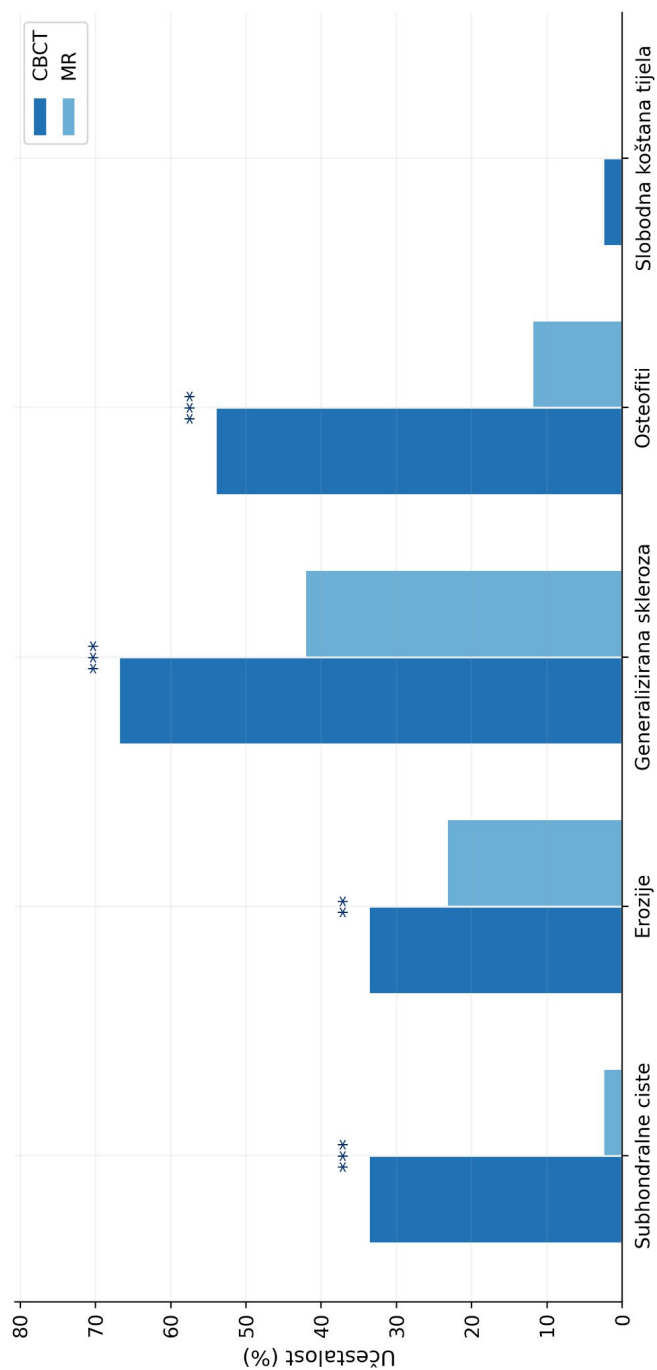
Slaganje nalaza između CBCT-a i MR-a u detekciji koštanih degenerativnih promjena procijenjeno je McNemarovim testom (razlika u učestalosti) i Cohenovim κ (razina slaganja) za pet koštanih kriterija na 202 analizirana TMZ-a. Rezultati su prikazani u tablici 6 i na slici 37. CBCT je pokazao statistički značajno veću učestalost detekcije u usporedbi s MR-om za četiri od pet analiziranih koštanih kriterija: subhondralne ciste (33,7 % vs. 2,5 %; $p < 0,001$), erozije (33,7 % vs. 23,3 %; $p = 0,001$), generaliziranu sklerozu (66,8 % vs. 42,1 %; $p < 0,001$) i osteofite (54,0 % vs. 11,9 %; $p < 0,001$). Za slobodna koštana tijela razlika nije bila statistički značajna (2,5 % vs. 0,0 %; $p = 0,062$), što je vjerojatno posljedica iznimno malog broja slučajeva. Procjena razine slaganja između dvaju modaliteta Cohenovim κ pokazala je sljedeće vrijednosti: subhondralne ciste $\kappa = 0,095$ (zanemarivo slaganje), erozije $\kappa = 0,556$ (umjereno slaganje), generalizirana skleroza $\kappa = 0,474$ (umjereno slaganje), osteofiti $\kappa = 0,169$ (slabo slaganje) i slobodna koštana tijela $\kappa = 0,000$ (nema slaganja iznad slučajnog). Raspodjela nalaza prikazana je na slici 37 (desno), a statistička

značajnost razlika između CBCT-a i MR-a označena je zvjezdicama prema razini p-vrijednosti McNemarova testa.

Tablica 6. Usporedba detekcije koštanih promjena između CBCT-a i MR-a (N = 202 zglobova)

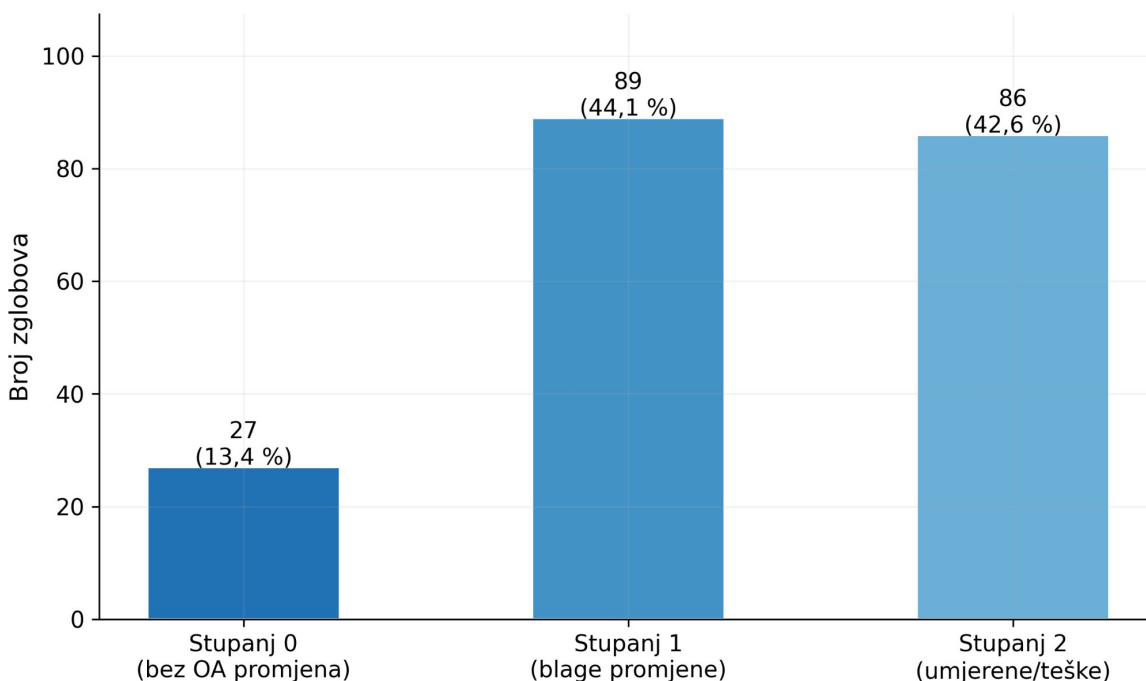
Koštani nalaz	CBCT N (%)	MR N (%)	Cohenov κ	McNemar p	Smjer razlike
Subhondralne ciste	68 (33,7 %)	5 (2,5 %)	0,095	p < 0,001 ***	CBCT > MR
Erozije	68 (33,7 %)	47 (23,3 %)	0,556	p = 0,001 **	CBCT > MR
Generalizirana skleroza	135 (66,8 %)	85 (42,1 %)	0,474	p < 0,001 ***	CBCT > MR
Osteofiti	109 (54,0 %)	24 (11,9 %)	0,169	p < 0,001 ***	CBCT > MR
Slobodna koštana tijela	5 (2,5 %)	0 (0,0 %)	0,000	p = 0,062	CBCT > MR

Legenda: κ – Cohenov kappa koeficijent slaganja; ** p < 0,01; *** p < 0,001 (McNemarov test).
 Klasifikacija razine slaganja: κ < 0,20 – zanemarivo; 0,21–0,40 – slabo; 0,41–0,60 – umjereno slaganje.



Slika 37. Usporedba detekcije koštanih promjena između CBCT-a i MR-a (N = 202 zglobova). Zvezdice označavaju statističku značajnost McNemarova testa za razliku između CBCT-a i MR-a: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Od ukupno 202 analizirana TMZ, 27 zglobova (13,4 %) klasificirano je kao stupanj 0 – bez radiološki vidljivih degenerativnih promjena kondila, 89 zglobova (44,1 %) kao stupanj 1 – blage degenerativne promjene, te 86 zglobova (42,6 %) kao stupanj 2 – umjerene do teške degenerativne promjene. Stupnjevi su određeni prema kriterijima Ahmada i Schiffmana (31). Raspodjela stupnjeva OA prikazana je na slici 38.



Slika 38. Raspodjela stupnja OA na CBCT-u.

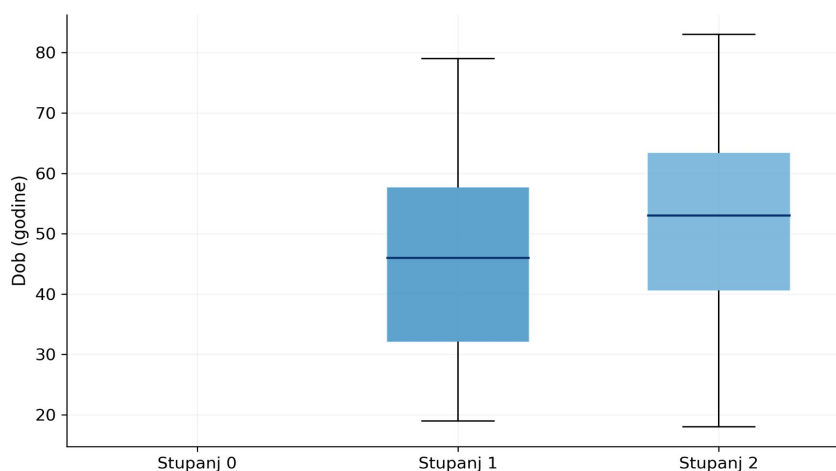
Analize povezanosti stupnja OA s dobi i spolom provedene su na razini ispitanika ($N = 101$), pri čemu je za svakog ispitanika korišten najviši stupanj OA zabilježen na bilo kojem od dvaju zglobova (najteža strana). U analizi su korišteni Kruskal-Wallisov test, koji predstavlja deskriptivnu usporedbu dobi između skupina stupnja OA, te Kendalova τ -b korelacija, kojom je dodatno prikazana ordinalna povezanost dobi i stupnja OA. Kruskal-Wallisovim testom nije utvrđena statistički značajna razlika u dobi između skupina prema stupnju OA ($H = 2,006$; $p =$

0,157), a niti Kendallova korelacija nije pokazala značajnu povezanost dobi i stupnja OA ($\tau = 0,117$; $p = 0,157$) (tablica 7 i slika 39)).

Tablica 7. Dob ispitanika prema najvišem stupnju OA zabilježenom kod pacijenta (razina ispitanika, $N = 101$).

Stupanj OA	n	Medijan	Q1	Q3	Min	Max
Stupanj 0	0	—	—	—	—	—
Stupanj 1	38	46,0	32,0	57,8	19,0	79,0
Stupanj 2	63	53,0	40,5	63,5	18,0	83,0

Q1 – prvi kvartil; Q3 – treći kvartil. Dob je izražena u godinama. Stupanj OA na razini ispitanika definiran je kao najviši stupanj zabilježen na bilo kojem od dvaju zglobova (najteža strana); stoga nijedan ispitanik nema stupanj 0 kao najviši stupanj ($N = 0$).



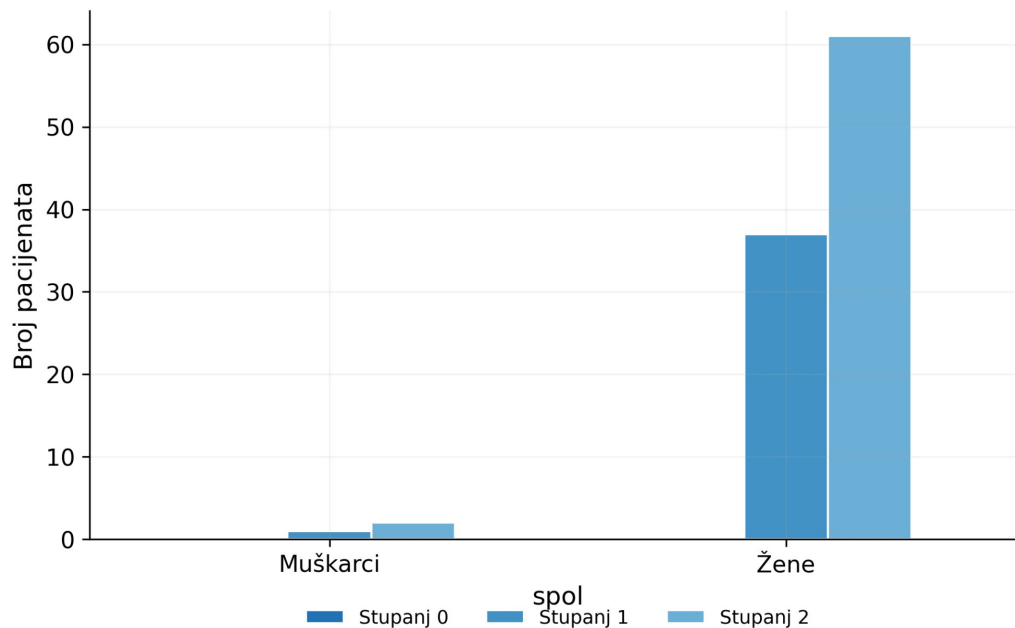
Slika 39. Raspodjela dobi po najvišem stupnju OA.

Raspodjela stupnja OA nije se značajno razlikovala prema spolu (Fisherov egzaktni test, $p = 1,000$) (tablica 8 i slika 40). Zbog izrazito malog broja muških ispitanika ($N = 3$), usporedbu prema spolu treba tumačiti s oprezom.

Tablica 8. Raspodjela najvišeg stupnja OA prema spolu (razina ispitanika, $N = 101$).

Stupanj OA	M (n)	M (%)	Ž (n)	Ž (%)	Ukupno (n)	Ukupno (%)
Stupanj 0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Stupanj 1	1	33,3	37	37,8	38	37,6
Stupanj 2	2	66,7	61	62,2	63	62,4
Ukupno	3	100,0	98	100,0	101	100,0

M – muškarci; Ž – žene. Stupanj OA na razini ispitanika definiran je kao najviši stupanj zabilježen na bilo kojem od dvaju zglobova (najteža strana).



Slika 40. Raspodjela najvišeg stupnja OA prema spolu.

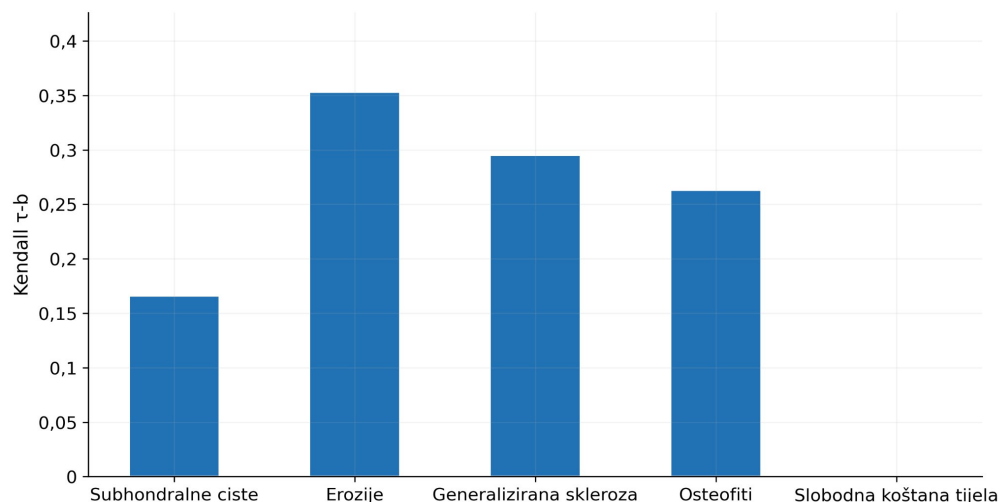
Povezanost pojedinačnih MR koštanih kriterija sa stupnjem OA definiranim na temelju CBCT-a analizirana je s ciljem procjene koliko MR nalazi reflektiraju CBCT klasifikaciju. Za svaki pojedinačni MR koštani kriterij (osim slobodnih koštanih tijela, koja nisu detektirana na MR-u) prikazana je Kendalova τ -b korelacija sa stupnjem OA (tablica 9 i slika 41).

Kendalova τ -b korelacijska analiza pokazala je statistički značajnu pozitivnu korelaciju između stupnja OA i sljedećih MR kriterija: erozije ($\tau = 0,353$; $p < 0,001$), generalizirana skleroza ($\tau = 0,295$; $p < 0,001$), osteofiti ($\tau = 0,263$; $p < 0,001$) te subhondralne ciste ($\tau = 0,166$; $p = 0,014$). Slobodna koštana tijela nisu analizirana zbog iznimno malog broja slučajeva.

Tablica 9. Korelacija MR koštanih kriterija sa stupnjem OA definiranim na CBCT-u (Kendall τ -b)

MR koštani kriterij	Kendall τ -b	p-vrijednost	Razina značajnosti
Subhondralne ciste	0,166	$p = 0,014$	*
Erozije	0,353	$p < 0,001$	***
Generalizirana skleroza	0,295	$p < 0,001$	***
Osteofiti	0,263	$p < 0,001$	***
Slobodna koštana tijela	N/P	N/P	

Legenda: τ -b – Kendallov tau-b koeficijent korelacije; N/P – nije primjenjivo (slobodna koštana tijela nisu detektirana na MR-u); * $p < 0,05$; *** $p < 0,001$. Stupanj OA definiran prema CBCT kriterijima (Ahmad i Schiffman, 2016.).

Slika 41. Korelacija MR koštanih kriterija sa stupnjem OA definiranim na CBCT-u (Kendall τ -b)

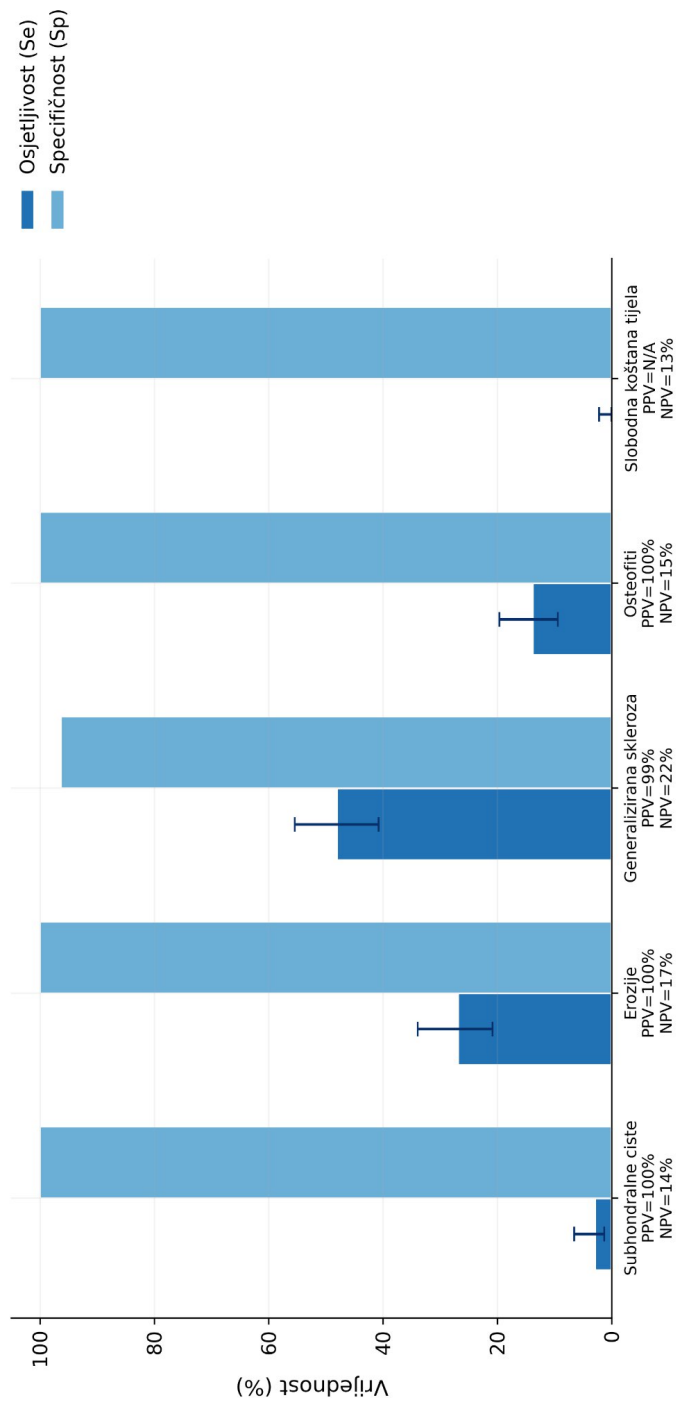
Dijagnostička točnost pojedinih MR koštanih kriterija ispitana je uz CBCT stupanj OA ≥ 1 kao referentni standard, a za svaki MR kriterij prikazane su osjetljivost (Se), specifičnost (Sp), pozitivna prediktivna vrijednost (PPV) i negativna prediktivna vrijednost (NPV). Rezultati su prikazani u tablici 10 i na slici 42. Generalizirana skleroza pokazala je najveću osjetljivost od svih MR kriterija (Se = 48,0 %; 95 % CI 40,7 – 55,4 %), uz visoku specifičnost od 96,3 % i pozitivnu prediktivnu vrijednost (PPV) od 98,8 %. Erozijske su imale osjetljivost od 26,9 % uz specifičnost od 100 % i PPV od 100 %. Osteofiti su pokazali osjetljivost od 13,7 % uz specifičnost od 100 % i PPV od 100 %. Subhondralne ciste imale su najnižu osjetljivost (2,9 %) uz specifičnost od 100 % i PPV od 100 %. Slobodna koštana tijela nisu detektirana ni u jednom zglobovima na MR-u te stoga imaju osjetljivost 0 %, a PPV nije primjenjiv. Negativna prediktivna vrijednost (NPV) bila je niska za sve kriterije (raspon 13,4 – 22,2 %), što odražava visoku prevalenciju OA u uzorku.

Nijedan pojedinačni MR koštani kriterij nije postigao zadovoljavajuću kombinaciju visoke osjetljivosti i visoke specifičnosti, što sugerira da MR koštani nalazi zasebno nisu dostatni za detekciju OA TMZ-a definiranog CBCT-om.

Tablica 10. Dijagnostička točnost MR koštanih nalaza uz CBCT stupanj OA ≥ 1 kao referentni standard (N = 202 zglobova).

MR koštani kriterij	Se (%)	Sp (%)	PPV (%)	NPV (%)	95 % CI (Se)
Subhondralne ciste	2,9 %	100,0 %	100,0 %	13,7 %	(1,2 % – 6,5 %)
Erozije	26,9 %	100,0 %	100,0 %	17,4 %	(20,8 % – 33,9 %)
Generalizirana skleroza	48,0 %	96,3 %	98,8 %	22,2 %	(40,7 % – 55,4 %)
Osteofiti	13,7 %	100,0 %	100,0 %	15,2 %	(9,4 % – 19,6 %)
Slobodna koštana tijela	0,0 %	100,0 %	N/P	13,4 %	(0,0 % – 2,1 %)

Legenda: Se – osjetljivost (*sensitivity*); Sp – specifičnost (*specificity*); PPV – pozitivna prediktivna vrijednost; NPV – negativna prediktivna vrijednost; CI – interval pouzdanosti; N/P – nije primjenjivo (nije detektiran nijedan slučaj na MR-u). Referentni standard: CBCT stupanj OA ≥ 1 .

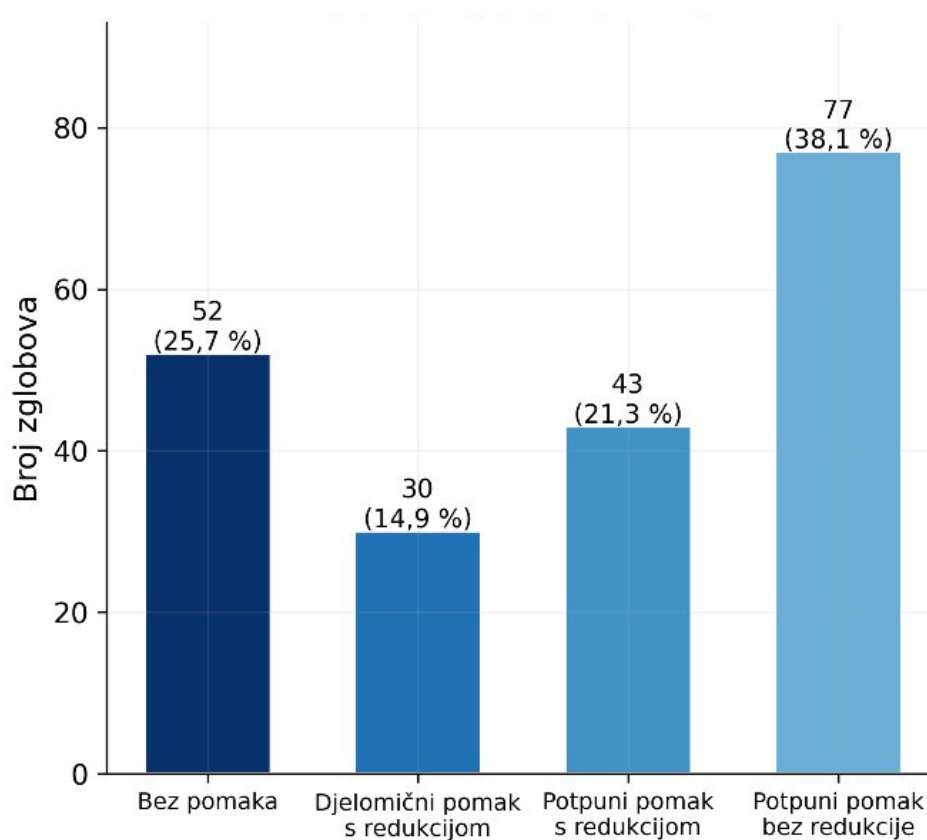


Slika 42. Dijagnostička točnost MR koštanih nalaza uz CBCT stupanj OA ≥ 1 kao referentni standard (N = 202 zglobova).

4.4. Mekotkivni nalazi na MR-u - međusobne korelacije, asocijacije s koštanim nalazima i stupnjem OA

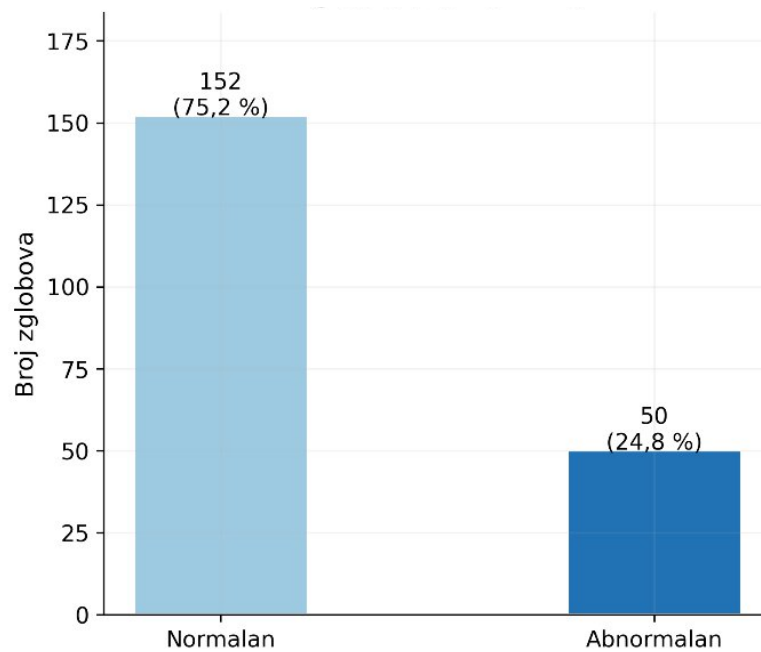
Među nalazima mekotkivnih struktura TMZ-a na MR-u analizirali su se položaj i izgled zglobne pločice te postojanje zglobnog izljeva.

Pomak diska bio je prisutan u 150 zglobova (74,3 %). Od oblika pomaka najzastupljeniji je bio potpuni pomak diska bez redukcije, zabilježen u 77 zglobova (38,1 %), slijedi potpuni pomak diska s redukcijom u 43 zgloba (21,3 %) te djelomični pomak diska s redukcijom u 30 zglobova (14,9 %). Bez pomaka diska bila su 52 zgloba (25,7 %) (slika 43).



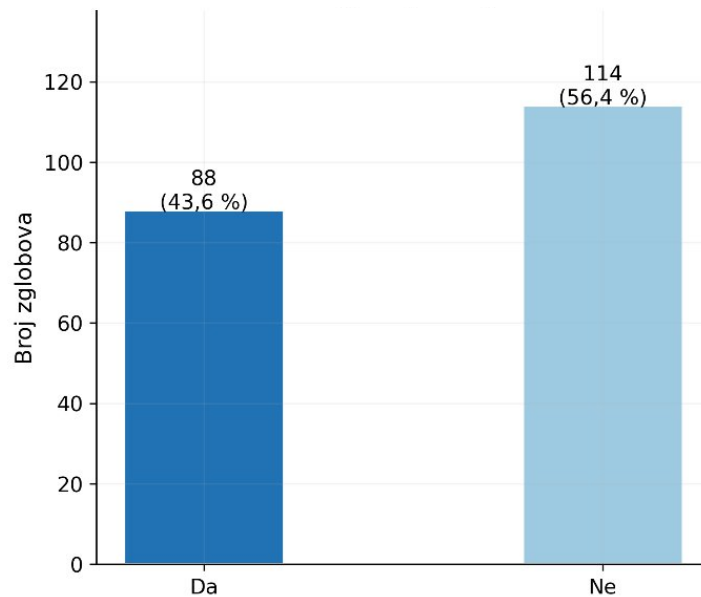
Slika 43. Učestalost i distribucija pomaka diska na MR-u.

Morfologija zglobnog diska ocijenjena je kao normalna u 152 zgloba (75,2 %), a abnormalna u 50 zglobova (24,8 %) (slika 44).



Slika 44. Distribucija izgleda diska na MR-u.

Izljev u zglobnoj šupljini zabilježen je u 88 zglobova (43,6 %), dok u preostalih 114 zglobova (56,4 %) izljev nije bio prisutan (slika 45).



Slika 45. Učestalost zglobnog izljeva na MR-u.

Ispitana je međusobna asocijacija između triju MR mekotkivnih parametara: oblika pomaka diska, prisutnosti izljeva i morfologije diska.

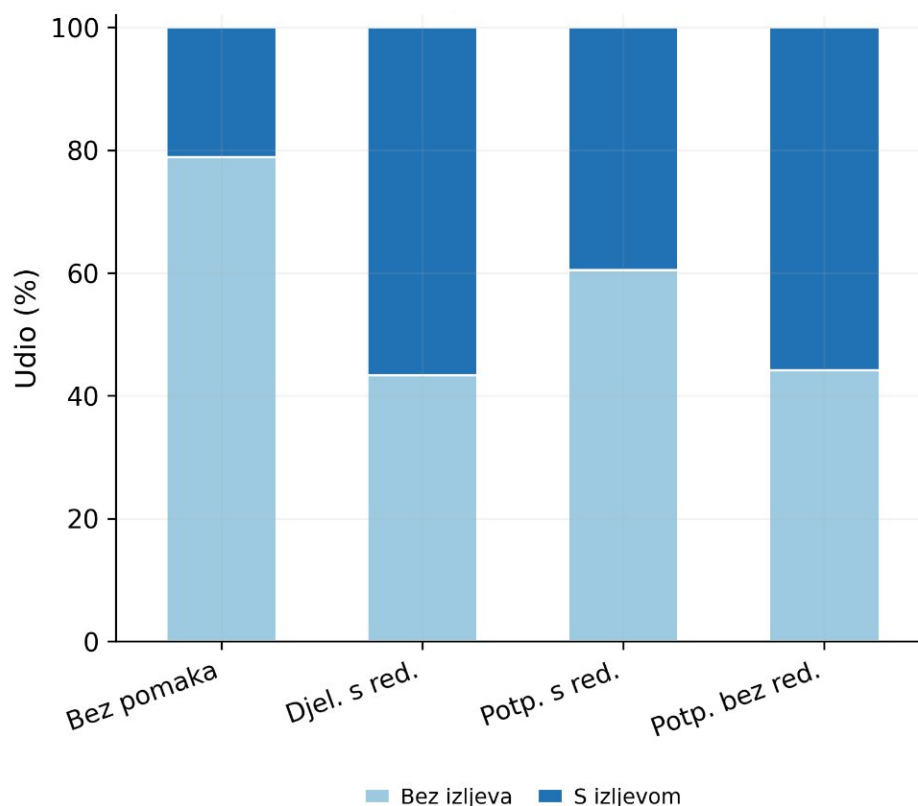
Između oblika pomaka diska i prisutnosti izljeva utvrđena je statistički značajna povezanost ($\chi^2 = 17,724$; $df = 3$; $p < 0,001$): izljev je bio najučestaliji pri potpunom pomaku diska bez redukcije (43 od 77 zglobova; 55,8 %), a najrjeđe se javljao u zglobovima bez pomaka diska (11 od 52 zglobova; 21,2 %) (tablica 11 i slika 46).

Tablica 11. Raspodjela izljeva prema obliku pomaka diska na MR-u (N = 202 zglobova).

Oblik pomaka diska	Izljev		Ukupno
	Bez izljeva N (%)	S izljevom N (%)	N (%)
Bez pomaka diska	41 (20,3 %)	11 (5,4 %)	52 (25,7 %)
Djelomični pomak s red.	13 (6,4 %)	17 (8,4 %)	30 (14,9 %)
Potpuni pomak s red.	26 (12,9 %)	17 (8,4 %)	43 (21,3 %)
Potpuni pomak bez red.	34 (16,8 %)	43 (21,3 %)	77 (38,1 %)
Ukupno	114 (56,4 %)	88 (43,6 %)	202 (100,0 %)

$$\chi^2 = 17,724 \quad df = 3 \quad p < 0,001 \quad ***$$

Legenda: Red. – redukcija; *** $p < 0,001$ (Pearsonov χ^2 test). Postoci su izračunati u odnosu na ukupan broj analiziranih zglobova (N = 202).



Slika 46. Raspodjela izljeva prema obliku pomaka diska na MR-u (N = 202 zglobova).

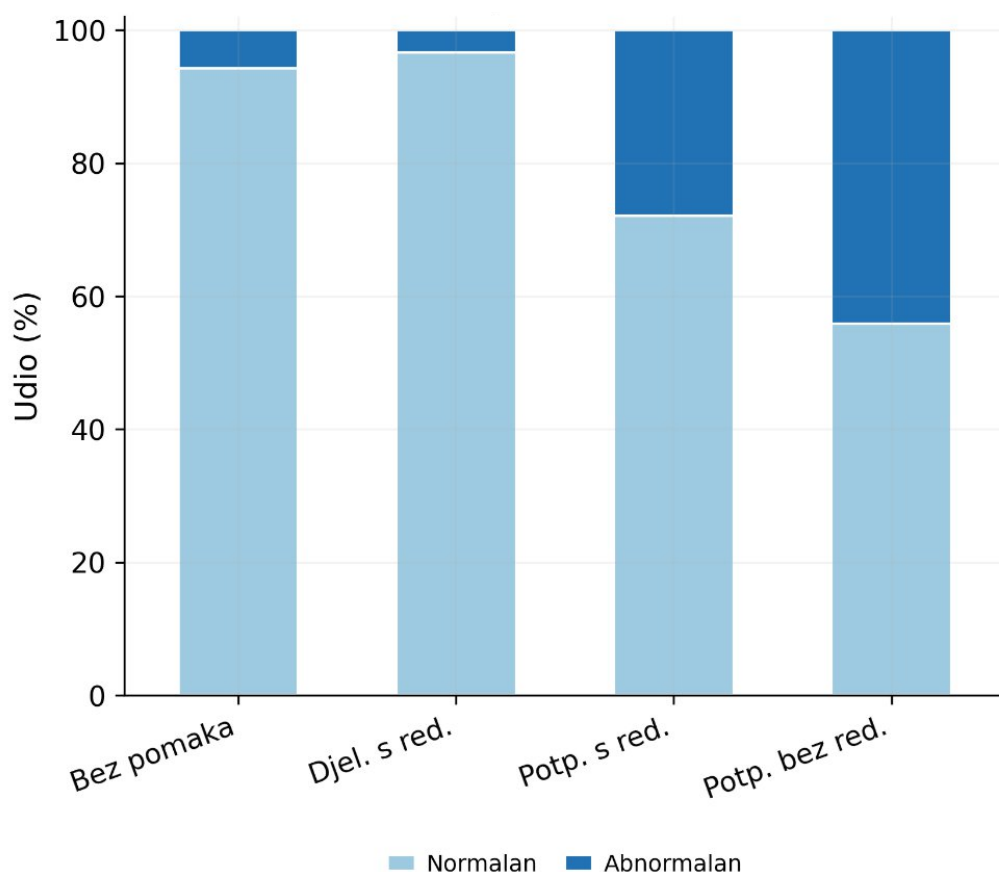
Jednako tako, oblik pomaka diska bio je značajno povezan s abnormalnim izgledom diska ($\chi^2 = 33,245$; $df = 3$; $p < 0,001$), pri čemu je abnormalan izgled diska najčešće zabilježen pri potpunom pomaku bez redukcije (34 od 77 zglobova; 44,2 %), ali je nešto češći bio u zglobovima bez pomaka diska (3 od 52 zglobova; 5,8 %) nego u zglobovima s djelomičnim pomakom s redukcijom (1 od 30 zglobova; 3,3 %) (tablica 12 i slika 47).

Tablica 12. Raspodjela morfologije diska prema obliku pomaka diska na MR-u (N = 202 zglobova)

Oblik pomaka diska	Izgled zglobnog diska		Ukupno
	Normalan N (%)	Abnormalan N (%)	N (%)
Bez pomaka diska	49 (24,3 %)	3 (1,5 %)	52 (25,7 %)
Djelomični pomak s red.	29 (14,4 %)	1 (0,5 %)	30 (14,9 %)
Potpuni pomak s red.	31 (15,3 %)	12 (5,9 %)	43 (21,3 %)
Potpuni pomak bez red.	43 (21,3 %)	34 (16,8 %)	77 (38,1 %)
Ukupno	152 (75,2 %)	50 (24,8 %)	202 (100,0 %)

$$\chi^2 = 33,245 \quad df = 3 \quad p < 0,001 \quad ***$$

Legenda: Red. – redukcija; *** $p < 0,001$ (Pearsonov χ^2 test). Postoci su izračunati u odnosu na ukupan broj analiziranih zglobova (N = 202).



Slika 47. Raspodjela morfologije diska prema obliku pomaka diska na MR-u (N = 202 zglobova).

Ispitana je asocijacija između triju MR mekotkivnih parametara i stupnja OA definiranog CBCT-om (stupnjevi 0, 1 i 2).

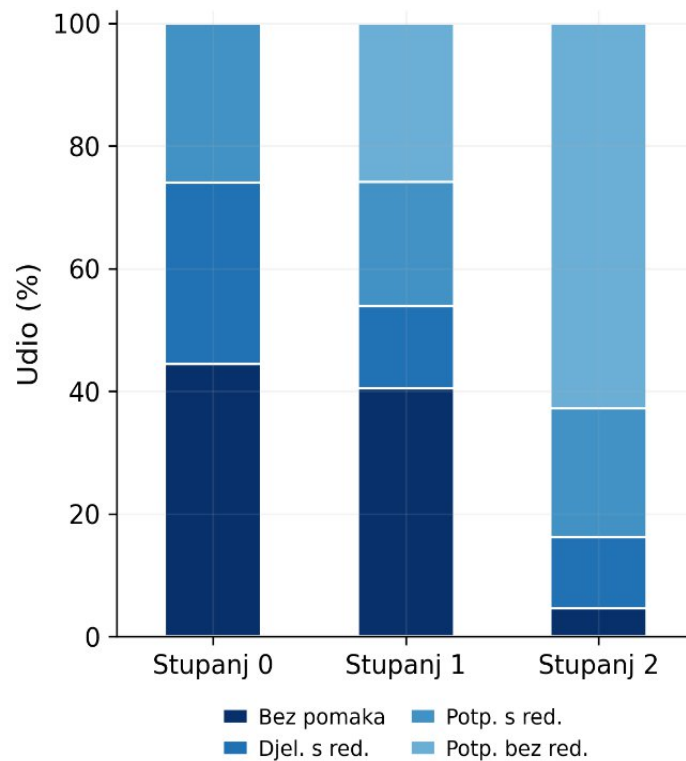
Raspodjela oblika pomaka diska statistički se značajno razlikovala između skupina različitih stupnjeva OA ($p < 0,001$). U stupnju 0 (bez OA promjena) dominirali su zglobovi bez pomaka diska (12 od 27 zglobova; 44,4 %), a ni u jednom zglobov nije postojao potpuni pomak bez redukcije, dok je u stupnju 2 (umjerene do teške promjene) potpuni pomak bez redukcije bio daleko najzastupljeniji oblik (54 od 86 zglobova; 62,8 %), a udio zglobova bez pomaka bio je izrazito nizak (4 od 86 zglobova; 4,7 %) (tablica 13 i slika 48).

Tablica 13. Raspodjela oblika pomaka diska prema stupnju OA (CBCT) na MR-u (N = 202 zglobova)

Stupanj (CBCT)	OA	Oblik pomaka diska na MR-u			Ukupno
	Bez pomaka N (%)	Djelomični pomak s redukcijom N (%)	Potpuni pomak s redukcijom N (%)	Potpuni pomak bez redukcije N (%)	N (%)
Stupanj 0	12 (5,9 %)	8 (4,0 %)	7 (3,5 %)	0 (0,0 %)	27 (13,4 %)
Stupanj 1	36 (17,8 %)	12 (5,9 %)	18 (8,9 %)	23 (11,4 %)	89 (44,1 %)
Stupanj 2	4 (2,0 %)	10 (5,0 %)	18 (8,9 %)	54 (26,7 %)	86 (42,6 %)
Ukupno	52 (25,7 %)	30 (14,9 %)	43 (21,3 %)	77 (38,1 %)	202 (100,0 %)

$p < 0,001$ *** (Pearsonov χ^2 test)

Legenda: Djel. – djelomični; Red. – redukcija; *** $p < 0,001$. Postoci su izračunati u odnosu na N = 202 zglobova.



Slika 48. Raspodjela oblika pomaka diska prema stupnju OA (CBCT) na MR-u (N = 202 zglobova).

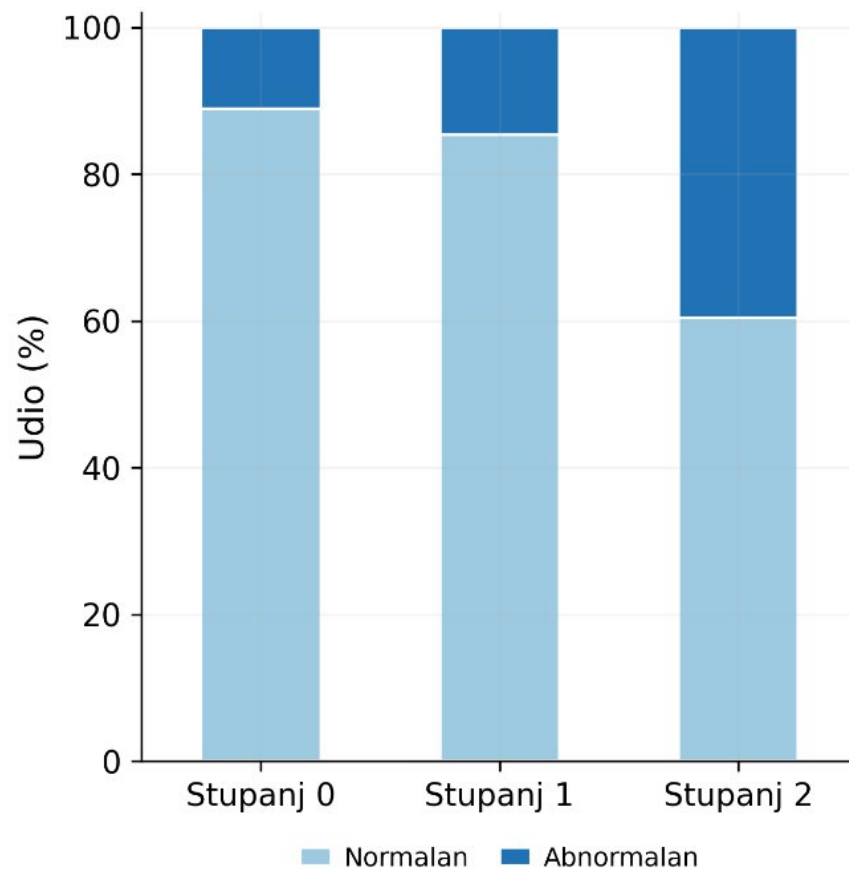
Abnormalan izgled diska statistički se značajno razlikovao između skupina ($p < 0,001$). U stupnju 0 udio abnormalnog diska iznosio je 11,1 % (3 od 27 zglobova), u stupnju 1 14,6 % (13 od 89 zglobova), a u stupnju 2 porastao je na 39,5 % (34 od 86 zglobova) (tablica 14 i slika 49).

Tablica 14. Raspodjela morfologije zglobnog diska prema stupnju OA (CBCT) na MR-u (N = 202 zglobova).

Stupanj (CBCT)	OA	Izgled zglobnog diska na MR-u		Ukupno
		Normalan N (%)	Abnormalan N (%)	N (%)
Stupanj 0		24 (11,9 %)	3 (1,5 %)	27 (13,4 %)
Stupanj 1		76 (37,6 %)	13 (6,4 %)	89 (44,1 %)
Stupanj 2		52 (25,7 %)	34 (16,8 %)	86 (42,6 %)
Ukupno		152 (75,2 %)	50 (24,8 %)	202 (100,0 %)

$p < 0,001$ *** (Pearsonov χ^2 test)

Legenda: *** $p < 0,001$. Postoci su izračunati u odnosu na N = 202 zglobova.



Slika 49. Raspodjela morfologije zglobnog diska prema stupnju OA (CBCT) na MR-u (N = 202 zglobova).

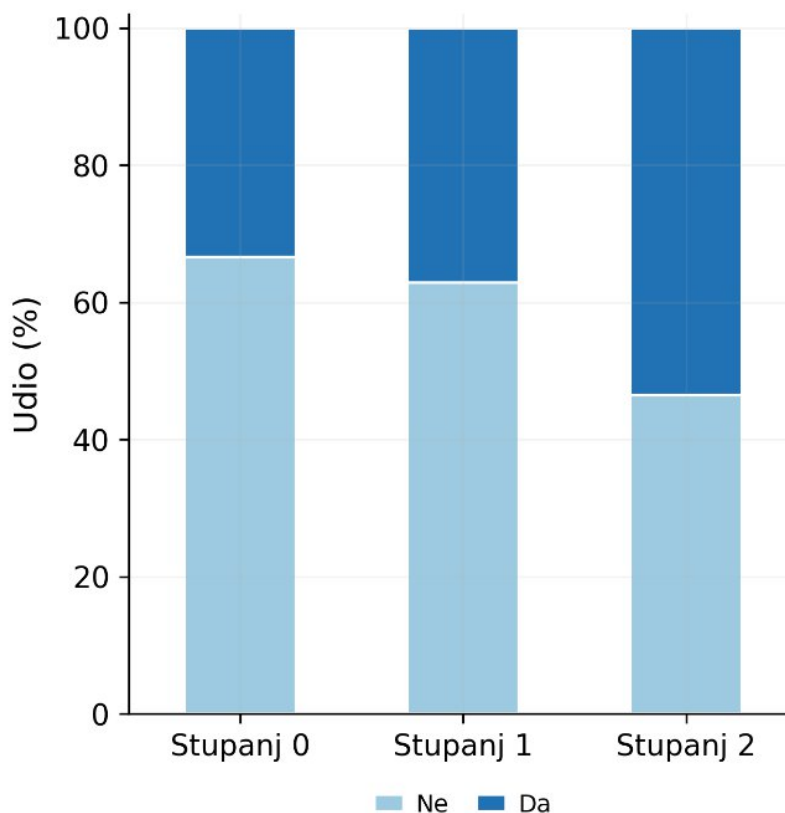
Prisutnost izljeva bila je statistički značajno povezana sa stupnjem OA ($p = 0,047$), pri čemu je udio zglobova s izljevom rastao sa stupnjem OA, od 33,3 % (9 od 27 zglobova) u stupnju 0 do 53,5 % (46 od 86 zglobova) u stupnju 2 (tablica 15 i slika 50).

Tablica 15. Raspodjela izljeva prema stupnju OA (CBCT) na MR-u (N = 202 zglobo)

Stupanj (CBCT)	OA	Izljev na MR-u		Ukupno
		Bez izljeva N (%)	S izljevom N (%)	N (%)
Stupanj 0		18 (8,9 %)	9 (4,5 %)	27 (13,4 %)
Stupanj 1		56 (27,7 %)	33 (16,3 %)	89 (44,1 %)
Stupanj 2		40 (19,8 %)	46 (22,8 %)	86 (42,6 %)
Ukupno		114 (56,4 %)	88 (43,6 %)	202 (100,0 %)

$p = 0,047$ * (Pearsonov χ^2 test)

*Legenda: * $p < 0,05$. Postoci su izračunati u odnosu na $N = 202$ zglobo.*

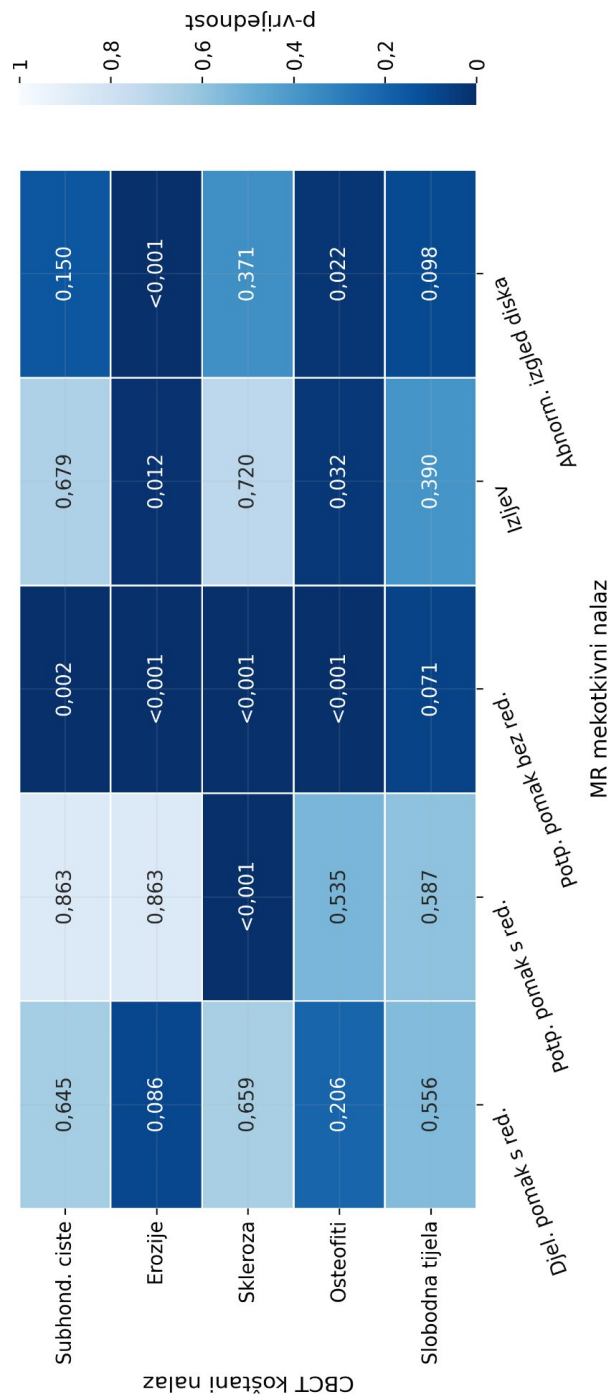


Slika 50. Raspodjela izljeva prema stupnju OA (CBCT) na MR-u (N = 202 zglobova).

Povezanost CBCT koštanih nalaza i MR mekotkivnih nalaza ispitana je χ^2 -testom, odnosno Fisherovim egzaktnim testom za nalaze niske učestalosti, na razini zglobova (N = 202). Od ukupno 25 testiranih kombinacija, 9 asocijacija bilo je statistički značajno na sirovoj razini ($p < 0,05$), a 7 ih je ostalo značajno i nakon korekcije za višestruko testiranje (Benjamini-Hochberg, FDR; $q < 0,05$) (slika 51).

Najdosljedniji obrazac odnosio se na potpuni pomak diska bez redukcije, koji je bio statistički značajno povezan sa svim četirima glavnim koštanim CBCT kriterijima i nakon FDR korekcije: subhondralnim cistama ($p = 0,002$; $q = 0,008$), erozijama ($p < 0,001$; $q < 0,001$), generaliziranom

sklerozom ($p < 0,001$; $q < 0,001$) te osteofitima ($p < 0,001$; $q < 0,001$). Smjer povezanosti bio je dosljedan, svi su koštani nalazi bili izrazito učestaliji u zglobovima s potpunim pomakom diska bez redukcije nego u zglobovima bez pomaka diska: subhondralne ciste 46,8 % naspram 17,3 %, erozije 50,6 % naspram 17,3 %, generalizirana skleroza 87,0 % naspram 57,7 % te osteofiti 75,3 % naspram 25,0 % (tablica 16). Generalizirana skleroza bila je značajno povezana i s potpunim pomakom diska s redukcijom ($p < 0,001$; $q = 0,002$). Erozije su, uz pomak diska, bile značajno povezane i s abnormalnim izgledom diska ($p < 0,001$; $q < 0,001$; 58,0 % naspram 25,7 %) te s izljevom ($p = 0,012$; $q = 0,042$; 43,2 % naspram 26,3 %; tablice 17 i 18). Asocijacije osteofita s izljevom ($p = 0,032$; $q = 0,090$) i s abnormalnim izgledom diska ($p = 0,022$; $q = 0,068$) bile su značajne na sirovoj razini, ali nisu zadržale značajnost nakon FDR korekcije pa ih treba tumačiti s oprezom. Preostale ispitane kombinacije, uključujući sve asocijacije slobodnih koštanih tijela, nisu bile statistički značajne (svi $p > 0,05$). Vrijednosti p za sve kombinacije prikazane su na toplinskoj karti (slika 51).



Slika 51. Raspodjela CBCT koštanih nalaza prema obliku pomaka diska na MR-u; prikazani su broj zglobova i postotak unutar stupca (N = 202).

Tablica 16. Raspodjela CBCT koštanih nalaza prema obliku pomaka diska na MR-u; prikazani su broj zglobova i postotak unutar stupca (N = 202).

Kriterij (CBCT)	Bez pomaka	Djelomični pomak s redukcijom	Potpuni pomak s redukcijom	Potpuni pomak bez redukcije	Ukupno
Subhond. ciste	9 (17,3 %)	9 (30,0 %)	14 (32,6 %)	36 (46,8 %)	68 (33,7 %)
Erozije	9 (17,3 %)	6 (20,0 %)	14 (32,6 %)	39 (50,6 %)	68 (33,7 %)
Skleroza	30 (57,7 %)	19 (63,3 %)	19 (44,2 %)	67 (87,0 %)	135 (66,8 %)
Osteofiti	13 (25,0 %)	13 (43,3 %)	25 (58,1 %)	58 (75,3 %)	109 (54,0 %)
Slobodna tijela	0 (0,0 %)	1 (3,3 %)	0 (0,0 %)	4 (5,2 %)	5 (2,5 %)
Ukupno (N)	52 (100 %)	30 (100 %)	43 (100 %)	77 (100 %)	202 (100 %)

Tablica 17. Raspodjela CBCT koštanih nalaza prema prisutnosti izljeva na MR-u; broj zglobova i postotak unutar stupca (N = 202).

Kriterij (CBCT)	Bez izljeva	S izljevom	Ukupno
Subhond. ciste	37 (32,5 %)	31 (35,2 %)	68 (33,7 %)
Eroziije	30 (26,3 %)	38 (43,2 %)	68 (33,7 %)
Skleroza	75 (65,8 %)	60 (68,2 %)	135 (66,8 %)
Osteofiti	54 (47,4 %)	55 (62,5 %)	109 (54,0 %)
Slobodna tijela	4 (3,5 %)	1 (1,1 %)	5 (2,5 %)
Ukupno (N)	114 (100 %)	88 (100 %)	202 (100 %)

Tablica 18. Raspodjela CBCT koštanih nalaza prema izgledu diska na MR-u; broj zglobova i postotak unutar stupca (N = 202).

Kriterij (CBCT)	Normalan	Abnormalan	Ukupno
Subhond. ciste	47 (30,9 %)	21 (42,0 %)	68 (33,7 %)
Erozije	39 (25,7 %)	29 (58,0 %)	68 (33,7 %)
Skleroza	99 (65,1 %)	36 (72,0 %)	135 (66,8 %)
Osteofiti	75 (49,3 %)	34 (68,0 %)	109 (54,0 %)
Slobodna tijela	2 (1,3 %)	3 (6,0 %)	5 (2,5 %)
Ukupno (N)	152 (100 %)	50 (100 %)	202 (100 %)

4.5. Povezanost kliničkih znakova i simptoma s radiološkim nalazima CBCT-a i MR-a

Povezanost kliničkih i radioloških nalaza ispitana je na razini zgloba (N = 202) χ^2 -testom, odnosno Fisherovim egzaktnim testom, uz korekciju za višestruko testiranje (Benjamini-Hochberg, FDR). Od ukupno 77 ispitanih kombinacija, 24 su bile statistički značajne na sirovoj razini ($p < 0,05$), a 13 ih je ostalo značajno i nakon FDR korekcije ($q < 0,05$), što je prikazano na toplinskim kartama i u zbirnoj kontingencijskoj tablici (tablica 19 i slike 52 i 53).

Najsnažnije asocijacije odnosile su se na povezanost boli i bolnosti bilaminarne zone sa stupnjem OA i koštanim CBCT nalazima. Prisutnost boli bila je značajno povezana sa stupnjem OA ($p < 0,001$): među bolnim zglobovima 52,8 % bilo je stupnja 2, a samo 3,1 % stupnja 0, dok je među nebolnim zglobovima 30,7 % bilo bez degenerativnih promjena (stupanj 0). Bol je također bila značajno povezana s generaliziranom sklerozom (77,2 % bolnih zglobova imalo je sklerozu; $p <$

0,001), erozijama ($q = 0,007$) i subhondralnim cistama ($q = 0,015$), a od mekotkivnih nalaza s potpunim pomakom diska bez redukcije i izljevom (oba $q = 0,031$).

Bolnost bilaminarne zone pokazala je istovjetan obrazac, bila je značajno povezana sa stupnjem OA ($p < 0,001$; 62,0 % bolnih zglobova bilo je stupnja 2), s erozijama i sklerozom te s potpunim pomakom diska bez redukcije i izljevom (svi $q < 0,05$). Krepitacije su bile značajno povezane sa stupnjem OA i generaliziranom sklerozom ($q < 0,05$). Sve tri sastavnice VAS-a (u mirovanju, pri pokretima i pri palpaciji) rasle su s višim stupnjem OA i bile značajno povezane s koštanim CBCT nalazima.

Nasuprot tome, glavobolja, cervikobrahijalni sindrom, ograničeno otvaranje usta i škljocanje nisu pokazali dosljednu značajnu povezanost s radiološkim nalazima nakon korekcije. Smjer svih značajnih asocijacija bio je dosljedan: klinički simptomi i znakovi bili su izraženiji pri višem stupnju OA te pri prisutnosti koštanih degenerativnih promjena i uznapredovalog pomaka diska.

Tablica 19. Povezanost kliničkih i radioloških nalaza – značajne kontingencijske tablice.

Razina zglobova ($N = 202$). U svakoj ćeliji: broj zglobova i postotak unutar retka. Naslovni redak svake kombinacije obojen je prema razini značajnosti.

■ značajno i nakon FDR korekcije ($q < 0,05$) – 13 kombinacija

■ značajno samo na sirovoj razini ($p < 0,05$; $q \geq 0,05$) – 11 kombinacija

1. Bol TMZ $\times$ Stupanj OA (CBCT) (χ^2 , $p = 0,000$, $q = 0,000$)				
Bol TMZ	Stupanj 0	Stupanj 1	Stupanj 2	Total
Ne	23 (30,7 %)	33 (44,0 %)	19 (25,3 %)	75 (100,0 %)
Da	4 (3,1 %)	56 (44,1 %)	67 (52,8 %)	127 (100,0 %)

2. Bol TMZ $\times$ Subhond. ciste (CBCT) (χ^2 , $p = 0,002$, $q = 0,015$)

Bol TMZ	Ne	Da	Total
Ne	60 (80,0 %)	15 (20,0 %)	75 (100,0 %)
Da	74 (58,3 %)	53 (41,7 %)	127 (100,0 %)

3. Bol TMZ $\times$ Eroziije (CBCT) (χ^2 , $p = 0,001$, $q = 0,007$)

Bol TMZ	Ne	Da	Total
Ne	61 (81,3 %)	14 (18,7 %)	75 (100,0 %)
Da	73 (57,5 %)	54 (42,5 %)	127 (100,0 %)

4. Bol TMZ $\times$ Skleroza (CBCT) (χ^2 , $p = 0,000$, $q = 0,001$)

Bol TMZ	Ne	Da	Total
Ne	38 (50,7 %)	37 (49,3 %)	75 (100,0 %)
Da	29 (22,8 %)	98 (77,2 %)	127 (100,0 %)

5. Bol TMZ $\times$ Djel. pomak s red. (MR) (χ^2 , $p = 0,016$, $q = 0,084$)

Bol TMZ	Ne	Da	Total
Ne	58 (77,3 %)	17 (22,7 %)	75 (100,0 %)
Da	114 (89,8 %)	13 (10,2 %)	127 (100,0 %)

6. Bol TMZ $\times$ Potp. pomak bez red. (MR) (χ^2 , $p = 0,004$, $q = 0,031$)

Bol TMZ	Ne	Da	Total	
Ne	56 (74,7 %)	19 (25,3 %)	75 (100,0 %)	
Da	69 (54,3 %)	58 (45,7 %)	127 (100,0 %)	
7. Bol TMZ $\times$ Izljev (MR) (χ^2 , $p = 0,004$, $q = 0,031$)				
Bol TMZ	Ne	Da	Total	
Ne	52 (69,3 %)	23 (30,7 %)	75 (100,0 %)	
Da	62 (48,8 %)	65 (51,2 %)	127 (100,0 %)	
8. Bolnost bilam. zone $\times$ Stupanj OA (CBCT) (χ^2 , $p = 0,000$, $q = 0,000$)				
Bolnost bilam. zone	Stupanj 0	Stupanj 1	Stupanj 2	Total
Ne	26 (19,8 %)	63 (48,1 %)	42 (32,1 %)	131 (100,0 %)
Da	1 (1,4 %)	26 (36,6 %)	44 (62,0 %)	71 (100,0 %)
9. Bolnost bilam. zone $\times$ Subhond. ciste (CBCT) (χ^2 , $p = 0,027$, $q = 0,099$)				
Bolnost bilam. zone	Ne	Da	Total	
Ne	94 (71,8 %)	37 (28,2 %)	131 (100,0 %)	
Da	40 (56,3 %)	31 (43,7 %)	71 (100,0 %)	
10. Bolnost bilam. zone $\times$ Eroziije (CBCT) (χ^2 , $p = 0,001$, $q = 0,007$)				
Bolnost bilam. zone	Ne	Da	Total	

Ne	98 (74,8 %)	33 (25,2 %)	131 (100,0 %)
Da	36 (50,7 %)	35 (49,3 %)	71 (100,0 %)
11. Bolnost bilam. zone $\times$ Skleroza (CBCT) (χ^2 , $p = 0,007$, $q = 0,044$)			
Bolnost bilam. zone	Ne	Da	Total
Ne	52 (39,7 %)	79 (60,3 %)	131 (100,0 %)
Da	15 (21,1 %)	56 (78,9 %)	71 (100,0 %)
12. Bolnost bilam. zone $\times$ Osteofiti (CBCT) (χ^2 , $p = 0,010$, $q = 0,056$)			
Bolnost bilam. zone	Ne	Da	Total
Ne	69 (52,7 %)	62 (47,3 %)	131 (100,0 %)
Da	24 (33,8 %)	47 (66,2 %)	71 (100,0 %)
13. Bolnost bilam. zone $\times$ Potp. pomak bez red. (MR) (χ^2 , $p = 0,000$, $q = 0,002$)			
Bolnost bilam. zone	Ne	Da	Total
Ne	94 (71,8 %)	37 (28,2 %)	131 (100,0 %)
Da	31 (43,7 %)	40 (56,3 %)	71 (100,0 %)
14. Bolnost bilam. zone $\times$ Izljev (MR) (χ^2 , $p = 0,007$, $q = 0,044$)			
Bolnost bilam. zone	Ne	Da	Total
Ne	83 (63,4 %)	48 (36,6 %)	131 (100,0 %)

Da	31 (43,7 %)	40 (56,3 %)	71 (100,0 %)	
15. Bolnost bilam. zone × Abnorm. izgled diska (MR) (χ^2 , $p = 0,028$, $q = 0,099$)				
Bolnost bilam. zone	Ne	Da	Total	
Ne	105 (80,2 %)	26 (19,8 %)	131 (100,0 %)	
Da	47 (66,2 %)	24 (33,8 %)	71 (100,0 %)	
16. Ogr. otvaranje usta × Eroziije (CBCT) (χ^2 , $p = 0,021$, $q = 0,099$)				
Ogr. otvaranje usta	Ne	Da	Total	
Ne	62 (75,6 %)	20 (24,4 %)	82 (100,0 %)	
Da	72 (60,0 %)	48 (40,0 %)	120 (100,0 %)	
17. Škljocanje × Skleroza (CBCT) (χ^2 , $p = 0,024$, $q = 0,099$)				
Škljocanje	Ne	Da	Total	
Ne	54 (38,0 %)	88 (62,0 %)	142 (100,0 %)	
Da	13 (21,7 %)	47 (78,3 %)	60 (100,0 %)	
18. Krepitacije × Stupanj OA (CBCT) (χ^2 , $p = 0,001$, $q = 0,009$)				
Krepitacije	Stupanj 0	Stupanj 1	Stupanj 2	Total
Ne	26 (19,8 %)	56 (42,7 %)	49 (37,4 %)	131 (100,0 %)
Da	1 (1,4 %)	33 (46,5 %)	37 (52,1 %)	71 (100,0 %)

19. Krepitacije × Subhond. ciste (CBCT) (χ^2 , $p = 0,027$, $q = 0,099$)

Krepiteacije	Ne	Da	Total
Ne	94 (71,8 %)	37 (28,2 %)	131 (100,0 %)
Da	40 (56,3 %)	31 (43,7 %)	71 (100,0 %)

20. Krepiteacije × Skleroza (CBCT) (χ^2 , $p = 0,003$, $q = 0,024$)

Krepiteacije	Ne	Da	Total
Ne	53 (40,5 %)	78 (59,5 %)	131 (100,0 %)
Da	14 (19,7 %)	57 (80,3 %)	71 (100,0 %)

21. Krepiteacije × Osteofiti (CBCT) (χ^2 , $p = 0,023$, $q = 0,099$)

Krepiteacije	Ne	Da	Total
Ne	68 (51,9 %)	63 (48,1 %)	131 (100,0 %)
Da	25 (35,2 %)	46 (64,8 %)	71 (100,0 %)

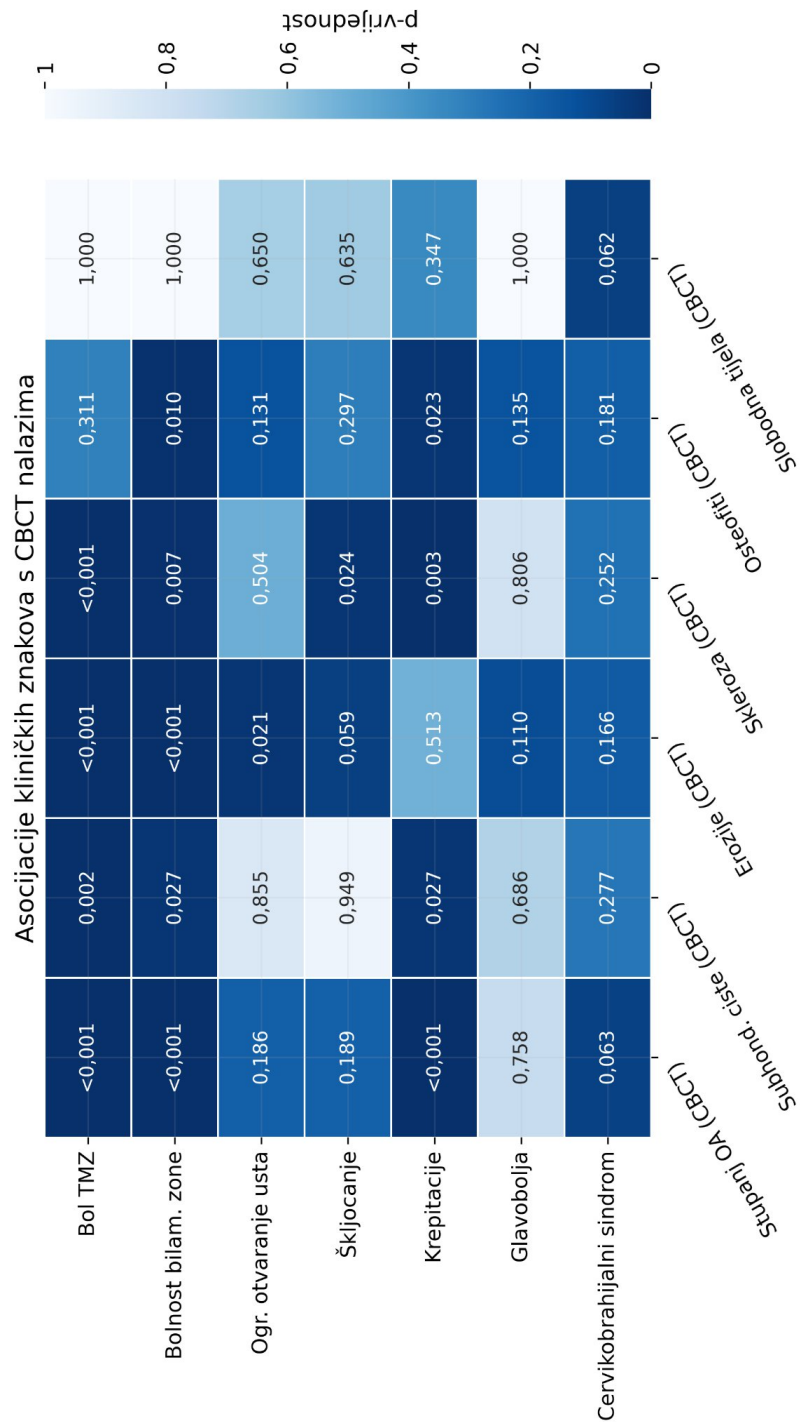
22. Krepiteacije × Abnorm. izgled diska (MR) (χ^2 , $p = 0,028$, $q = 0,099$)

Krepiteacije	Ne	Da	Total
Ne	105 (80,2 %)	26 (19,8 %)	131 (100,0 %)
Da	47 (66,2 %)	24 (33,8 %)	71 (100,0 %)

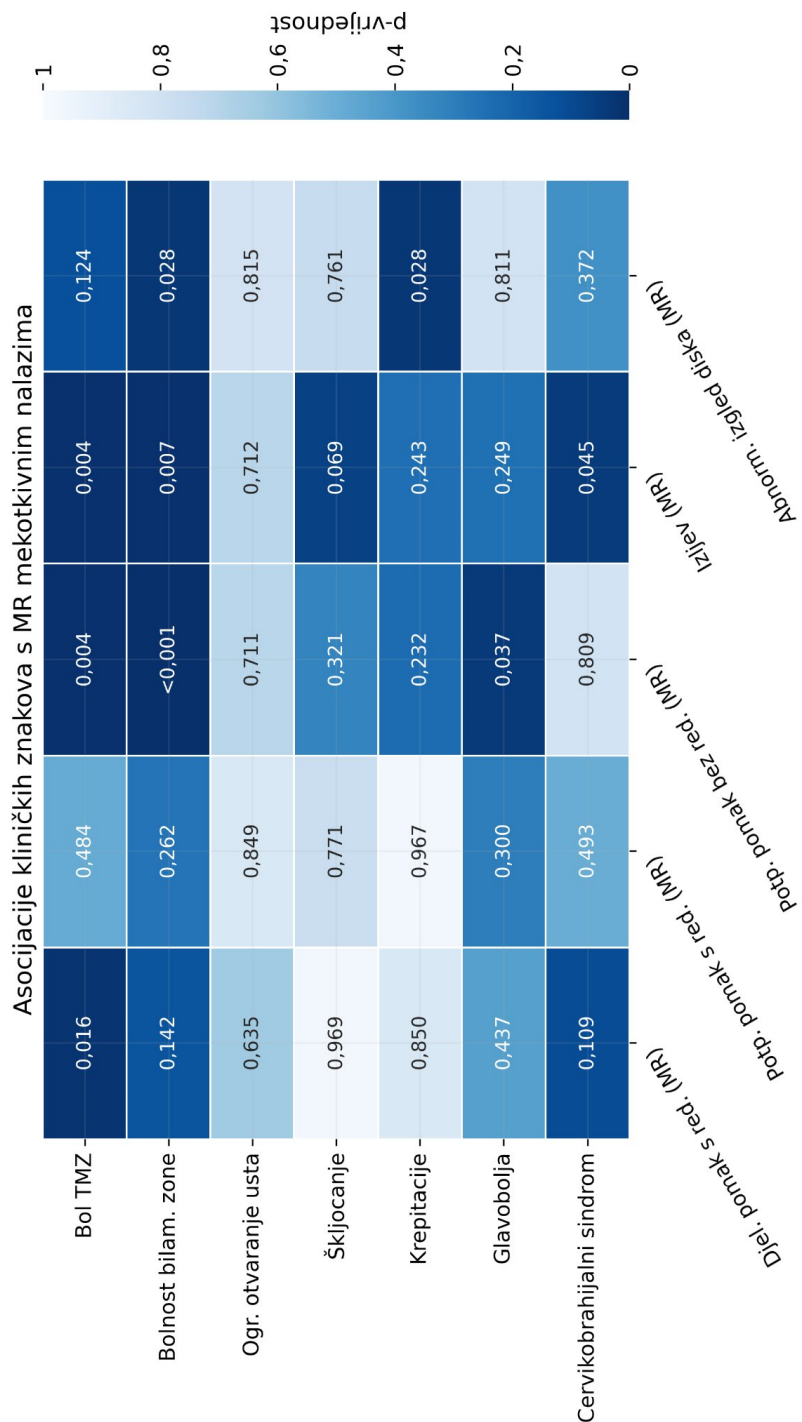
23. Glavobolja × Potp. pomak bez red. (MR) (χ^2 , $p = 0,037$, $q = 0,125$)

Glavobolja	Ne	Da	Total
Ne	51 (54,3 %)	43 (45,7 %)	94 (100,0 %)
Da	74 (68,5 %)	34 (31,5 %)	108 (100,0 %)
24. Cervikobrahijalni sindrom × Izljev (MR) (χ^2 , $p = 0,045$, $q = 0,144$)			
Cervikobrahijalni sindrom	Ne	Da	Total
Ne	46 (48,9 %)	48 (51,1 %)	94 (100,0 %)
Da	68 (63,0 %)	40 (37,0 %)	108 (100,0 %)

p – sirova vrijednost (χ^2 -test ili Fisherov egzaktni test); q – FDR-korigirana vrijednost (Benjamini-Hochberg). Prikazane su sve statistički značajne kombinacije: 13 značajnih i nakon FDR korekcije (zeleno) te 11 značajnih samo na sirovoj razini (plavo), ukupno 24 od 77 ispitanih kombinacija.



Slika 52. Toplinska mapa (*heatmap*) asocijacija kliničkih znakova s CBCT nalazima. Statistički značajne asocijacije imaju p vrijednost < 0,05.



Slika 53. Toplinska mapa (*heatmap*) asocijacija kliničkih znakova s MR nalazima. Statistički značajne asocijacije imaju p-vrijednost $< 0,05$.

Povezanost vrijednosti boli (VAS) s radiološkim nalazima ispitana je Mann-Whitneyjevim U-testom, odnosno Kruskal-Wallisovim testom za stupanj OA, na razini zgloba (N = 202). Od ukupno 33 ispitane kombinacije, 16 ih je bilo statistički značajno.

Sve tri sastavnice VAS-a (pri pokretima, u mirovanju i pri palpaciji) bile su značajno povezane sa stupnjem OA (Kruskal-Wallis, $p < 0,001$), uz dosljedan porast vrijednosti boli s višim stupnjem degenerativnih promjena; primjerice, medijan VAS-a pri pokretima iznosio je 0,0 pri stupnju 0, 4,5 pri stupnju 1 te 5,0 pri stupnju 2.

Najdosljednije su se izdvojile povezanosti VAS-a s koštanim CBCT nalazima: sve tri sastavnice bile su značajno povezane s generaliziranom sklerozom, erozijama i subhondralnim cistama (svi $p < 0,05$), pri čemu su vrijednosti boli bile više u zglobovima s prisutnim nalazom. VAS pri pokretima pokazao je najviše značajnih asocijacija i bio je povezan i s mekotkivnim MR nalazima, izljevom ($p < 0,001$) te potpunim pomakom diska bez redukcije ($p = 0,002$), s višim vrijednostima boli pri njihovoj prisutnosti.

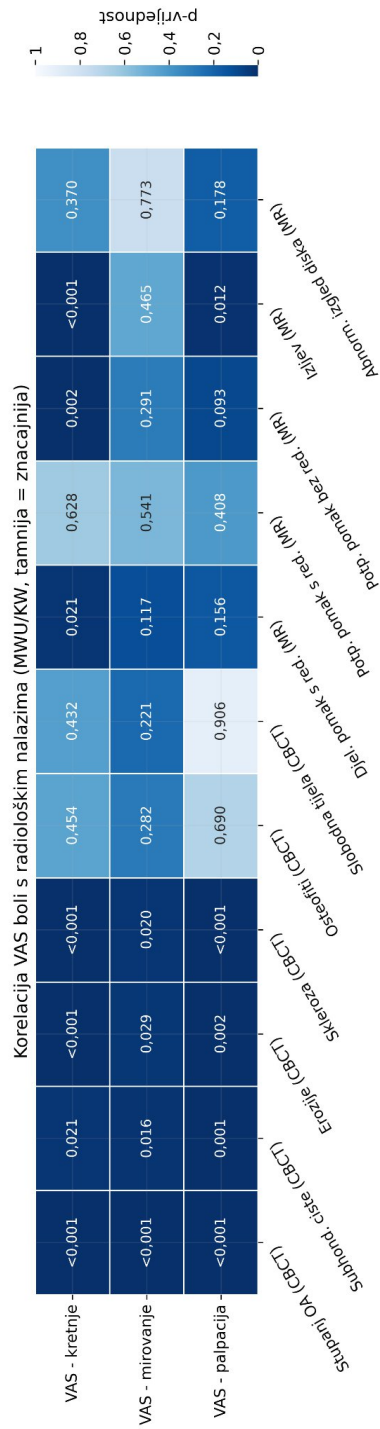
Nasuprot tome, osteofiti i slobodna koštana tijela (CBCT) te potpuni pomak diska s redukcijom (MR) nisu bili značajno povezani ni s jednom sastavnicom VAS-a. Iznimku od općeg obrasca činio je djelomični pomak diska s redukcijom, uz koji je VAS pri pokretima bio paradoksalno niži (medijan 0,0 naspram 5,0 pri odsutnosti nalaza; $p = 0,021$) (tablica 20 i slika 54).

Tablica 20. Statistički značajne povezanosti vrijednosti boli (VAS) s radiološkim nalazima (razina zgloba, N = 202). Prikazano je 16 od 33 ispitanih kombinacija koje su dosegle statističku značajnost.

VAS sastavnica		Radiološki nalaz	Test	p	Medijan [IQR] po skupinama (n)
VAS kretnje	–	Stupanj OA (CBCT)	KW	< 0,001	Stupanj 0: 0,0 [0,0–0,0] (27); Stupanj 1: 4,5 [0,0–7,0] (57); Stupanj 2: 5,0 [3,2–7,0] (58)
VAS mirovanje	–	Stupanj OA (CBCT)	KW	< 0,001	Stupanj 0: 0,0 [0,0–0,0] (27); Stupanj 1: 0,0 [0,0–5,0] (57); Stupanj 2: 3,0 [0,0–5,0] (58)
VAS palpacija	–	Stupanj OA (CBCT)	KW	< 0,001	Stupanj 0: 0,0 [0,0–0,0] (27); Stupanj 1: 0,0 [0,0–4,0] (57); Stupanj 2: 2,5 [0,0–5,0] (58)
VAS kretnje	–	Skleroza (CBCT)	MWU	< 0,001	Ne: 0,0 [0,0–5,0] (59); Da: 5,0 [0,0–7,0] (135)
VAS palpacija	–	Skleroza (CBCT)	MWU	< 0,001	Ne: 0,0 [0,0–2,0] (59); Da: 2,0 [0,0–5,0] (135)
VAS kretnje	–	Erozije (CBCT)	MWU	< 0,001	Ne: 3,0 [0,0–6,0] (134); Da: 5,0 [4,0–7,0] (60)
VAS kretnje	–	Izljev (MR)	MWU	< 0,001	Ne: 3,0 [0,0–6,0] (114); Da: 5,0 [0,0–7,0] (61)

VAS palpacija	–	Subhond. ciste (CBCT)	MWU	0,001	Ne: 0,0 [0,0–4,0] (134); Da: 3,0 [0,0–5,0] (60)
VAS kretnje	–	Potp. pomak bez red. (MR)	MWU	0,002	Ne: 3,0 [0,0–6,0] (125); Da: 5,0 [0,0–7,0] (62)
VAS palpacija	–	Erozije (CBCT)	MWU	0,002	Ne: 0,0 [0,0–3,8] (134); Da: 2,8 [0,0–5,0] (60)
VAS palpacija	–	Izljev (MR)	MWU	0,012	Ne: 0,0 [0,0–3,0] (114); Da: 2,0 [0,0–5,0] (61)
VAS mirovanje	–	Subhond. ciste (CBCT)	MWU	0,016	Ne: 0,0 [0,0–4,0] (134); Da: 3,0 [0,0–5,0] (60)
VAS mirovanje	–	Skleroza (CBCT)	MWU	0,020	Ne: 0,0 [0,0–3,0] (59); Da: 2,0 [0,0–4,5] (135)
VAS kretnje	–	Subhond. ciste (CBCT)	MWU	0,021	Ne: 4,0 [0,0–6,0] (134); Da: 5,0 [0,8–7,0] (60)
VAS kretnje	–	Djel. pomak s red. (MR)	MWU	0,021	Ne: 5,0 [0,0–7,0] (172); Da: 0,0 [0,0–5,0] (30)
VAS mirovanje	–	Erozije (CBCT)	MWU	0,029	Ne: 0,0 [0,0–4,0] (134); Da: 2,8 [0,0–5,0] (60)

VAS – vizualno-analogni skala (0 – 10); KW – Kruskal-Wallisov test (tri skupine prema stupnju OA); MWU – Mann-Whitneyjev U-test (prisutnost nalaza: Ne/Da); IQR – interkvartilni raspon; u zagradama je broj zglobova. Vrijednosti su prikazane kao medijan [IQR].



Slika 54. Toplinska mapa (heatmap) asocijacija VAS vrijednosti boli sa CBCT i MR nalazima. Statistički značajne asocijacije imaju p vrijednost $< 0,05$.

5. RASPRAVA

Demografski profil uzorka u ovom istraživanju, sa značajno većom zastupljenošću žena (97,0 %) i prosječnom dobi od 48,8 godina, sukladan je epidemiološkim podacima o degenerativnim poremećajima temporomandibularnog zgloba (TMZ-a) dokumentiranim u literaturi.

Ženska predominacija u populaciji oboljelih od temporomandibularnih poremećaja (TMP-a) otprije je poznata i potvrđena. Sustavni pregled i meta-analiza Valesan i suradnika, temeljena na dijagnostičkim kriterijima za TMP, pokazala je da degenerativna bolest zgloba pogađa oko 9,8 % opće odrasle populacije, a više su pogođene žene (63). Meta-analiza Zielińskog i suradnika, koja je globalno obuhvatila 172 239 ispitanika iz 74 studije, pokazala je da je incidencija TMP-a u ženskoj skupini od 9 % do 56 % veća od one u muškoj skupini na svim promatranim kontinentima (64). Visok udio žena u našem uzorku (97,0 %) nadilazi prosječne omjere opisane u literaturi i dijelom odražava karakteristike kliničke populacije upućene na specijaliziranu dijagnostičku obradu, kao i poznatu tendenciju žena da češće traže liječničku pomoć zbog kroničnih bolnih poremećaja. Međutim, ovako izrazito visok udio žena u ovom uzorku ne treba promatrati isključivo kao selekcijski artefakt, već i kao demografski odraz stvarne biološke vulnerabilnosti ženskog spola prema degenerativnim promjenama kondila mandibule.

Biološka osnova razlika po spolu postaje jasnija kada se promotri uloga estrogena u homeostazi TMZ-a. Sustavni pregled Zielińskog i Pająk-Zielińske analizirao je studije objavljene od 2015. do 2024. godine i pokazao da su razine estrogena povezane s percepcijom boli u području TMZ-a i lica (65). Kada se razine estrogena mijenjaju tijekom reproduktivnog i perimenopauzalnog razdoblja, žene mogu osjećati izraženiju bol u području lica. Nakon menopauze, kada razina estrogena opada, bol može postati intenzivnija, a degenerativne promjene zgloba mogu brže napredovati. Galhardo i sur. u presječnoj studiji na 74 žene sa simptomima TMZ-a pokazali su da su menopauzalni simptomi statistički značajno korelirani s intenzitetom boli u TMZ-u, pri čemu je najjača korelacija zabilježena u skupini žena u kasnoj menopauzalnoj tranziciji (66). Ovakva saznanja posebno su relevantna u kontekstu prosječne dobi našeg uzorka od 48,8 godina, koja odgovara perimenopauzalom razdoblju, životnom razdoblju obilježenom upravo naglim padom razine estrogena.

Najviše pacijenata u ovom istraživanju bilo je u petom i šestom desetljeću života, a takva dobna raspodjela podudara se s podacima iz literature o vrhuncu pojavnosti osteoartritisa temporomandibularnog zgloba (OA TMZ-a). Alzahrani i sur. analizom CBCT-a 261 TMZ-a pokazali su da se učestalost i težina OA TMZ-a povećavaju s dobi, a najizraženije su u petom i sedmom desetljeću života (67). S druge strane, Qin i sur. u retrospektivnoj studiji na 3362 pacijenta s TMP-om uočili su da su najčešća dobna skupina koja je tražila pomoć bili mlađi ispitanici u dobi od 16 do 35 godina, ponovno češće žene (68). Meta-analiza Wu i suradnika, koja je obuhvatila 2832 ispitanika iz 11 različitih studija, pokazala je jasnu dobno ovisnu progresiju OA TMZ-a te da je učestalost degenerativnih promjena rasla s 35 % u dobnoj skupini od 20 do 39 godina na 54 % u skupini od 60 do 69 godina (69).

Raspodjela stupnjeva OA TMZ-a u ovom istraživanju pokazuje da su blage (stupanj 1) i umjerene do teške degenerativne promjene (stupanj 2) zastupljene u gotovo podjednakim udjelima (redom 44,1 % i 42,6 %), dok je samo 13,4 % zglobova ocijenjeno kao bez vidljivih promjena. Nije pronađena statistički značajna korelacija između dobi i stupnja osteoartritisa (Kruskal-Wallis: $H = 2,006$, $p = 0,157$; Kendall τ -b: $\tau = 0,117$, $p = 0,157$), kao ni između spola i stupnja OA ($p = 1,000$) unutar ovog uzorka. Klasifikacija je provedena prema kriterijima Ahmada i Schiffmana, koji su definirali radiološke pokazatelje degenerativnih promjena kondila vidljive na CBCT-u, uključujući eroziju, osteofite i subhondralnu cistu, kao temelj za standardizirano stupnjevanje bolesti (31).

U literaturi ima malo studija koje bilježe distribuciju stupnjeva OA TMZ, a osim toga heterogenost klasifikacijskih sustava i karakteristika uzoraka temeljni su razlozi zbog kojih je izravna usporedba distribucije pojedinih stupnjeva OA TMZ između studija iznimno otežana. Alzahrani i sur. su u studiji temeljenoj na incidentalnom uzorku od 261 TMZ-a koristili kriterije koje su postavili Ahmad i sur. za dijagnosticiranje OA pomoću CBCT-a. Zglobovi su klasificirani u tri kategorije: bez OA, neodređeni za OA ili s OA, a težina promjena ocjenjivana je prema pristupu koji su razvili Alexius i sur. (36). Od ukupno 261 zgloba, 171 TMZ (65,5 %) imao je radiološka obilježja OA, 16 (6,1 %) nije imalo OA, dok su 74 zgloba (28,6 %) bila neodređena za postojanje OA. Erozija hrskavice zabilježena je kao blaga u 13,8 %, umjerena u 11,5 % i teška u 15,7 % slučajeva zglobova. Osteofiti su bili odsutni u 42,9 % zglobova, dok su blagi osteofiti

pronađeni u 16,9 %, umjereni u 25,3 %, a teški u 14,9 % zglobova. Prevalencija i stupanj OA povećavali su se s godinama, dostižući najviše vrijednosti u petom i sedmom desetljeću života, a žene su imale statistički značajno višu prevalenciju i teže oblike OA nego muškarci (67). Emshoff i sur. primijenili su sustav bodovanja za subhondralne koštane promjene koji uključuje erozije, resorpciju, ciste, sklerozu, osteofite i zaravnjenje, a maksimalni mogući rezultat iznosi 4. Pritom stupnjevi 0 i 1 predstavljaju rane/blage promjene, dok stupnjevi 3 i 4 označavaju uznapredovalu destrukciju, a ključni nalaz viših stupnjeva je resorpcija kondila. Zaključeno je da povećan rizik od razvoja progresivnih promjena subhondralne kosti imaju pacijenti stariji od 45 godina koji imaju istodobnu artralgiu i nedostaje im više od 4 stražnja zuba (70). Chen i suradnici istraživali su 267 pacijenata s TMZ OA i kondilarnom erozijom. Težina erozije na kondilu podijeljena je u četiri razreda (0–III) pomoću CBCT-a, a pacijenti su grupirani prema težini: blaga (stupanj I), umjerena (stupanj II) i uznapredovala erozija (stupanj III). Udio pacijenata koji su mlađi od 30 godina bio je znatno veći u odnosu na druge dobne grupe, a adolescenti su u usporedbi s odraslim osobama pokazali teži stupanj erozije, ali manje izraženu artralgiu (71). Alexiou i suradnici proučavali su 71 pacijenta s TMZ OA koristeći CBCT te procjenjivali koštane promjene kondila (zaravnjenje, eroziju, sklerozaciju, osteofite i resorpciju) koje su kategorizirali kao odsutne, umjerene i opsežne. Istraživanje je pokazalo da se s godinama značajno povećavaju težina i učestalost degenerativnih promjena na kondilu i mandibularnoj jami s obzirom na to da su utvrđene statistički značajne razlike u prosječnoj dobi između slučajeva gdje erozija nije prisutna i onih s umjerenom erozijom ($p = 0,019$), kao i između odsustva erozije i slučajeva s opsežnom erozijom ($p = 0,048$). Slično tome, uočene su značajne razlike u prosječnoj dobi između odsutne i opsežne osteofitoze ($p = 0,003$), kao i između blage i opsežne osteofitoze ($p = 0,025$) (36).

Naši rezultati sugeriraju da starosna dob sama po sebi ne odražava ozbiljnost bolesti prikazane na slikovnoj dijagnostici, odnosno na CBCT-u. Ovo se može objasniti time da razina vidljive degradacije kondila ne ovisi samo o godinama, već i o drugim različitim faktorima (opterećenje, hormoni, genetske predispozicije i trajanje bolesti).

Nedostatak statistički značajne razlike u raspodjeli ocjena OA među spolovima ($p = 1,000$) treba analizirati s oprezom zbog velike disproporcije uzorka (samo tri muška ispitanika u odnosu na 98 ženskih), što otežava pravilno međuspolno uspoređivanje.

Najčešći koštani nalaz u ovom istraživanju bila je generalizirana skleroza (66,8 %), nakon čega slijede osteofiti (54 %), te se takav profil razlikuje od onog kakav se opisuje u studijama s nasumičnim uzorcima ispitanika, ali podudara s nalazima iz klinički odabranih grupa koje imaju potvrđen OA TMZ. Öçal i suradnici su u velikoj retrospektivnoj CBCT studiji pregledali 1636 kondila i utvrdili da su najčešći nalazi zaravnjenje kondila (31,4 %) i erozija (28,9 %), a prate ih osteofiti (27,2 %), skleroza (16,1 %) i subhondralne ciste (12,2 %) (72). Ovakvi niski udjeli skleroze i osteofita u usporedbi s našim rezultatima mogu se tumačiti time da studija Öçalov i sur. nije bila ograničena na klinički potvrđen OA, tj. obuhvatila je i pacijente s blažim ili ranim promjenama. Cömert Kiliç i suradnici analizirali su klinički odabran uzorak od 117 TMZ s potvrđenim OA i detektirali eroziju u 94,0 %, zaravnjenje u 92,3 %, osteofite u 79,5 %, sklerozu u 12,0 % i ciste u 3,4 % zglobova (38). U nasumičnom uzorku Alzahrani i suradnici pregledali su 261 TMZ kondila i otkrili da je kondilarna skleroza prisutna u samo 12,3 % zglobova, zaravnjenje kondila pojavilo se u 86,6 % slučajeva, osteofiti u 57,1 %, erozije u 41 %, a subhondralne ciste zabilježene su u 8,1 % TMZ-ova (67). Song i suradnici su u retrospektivnoj CBCT studiji na 210 TMZ ustanovili da su osteofiti i subhondralne pseudociste znatno češće prisutni kod starijih pacijenata, dok su erozije zabilježene u svim dobnim grupama (73). Neke studije uključivale su mlađe odrasle osobe bez prethodno dijagnosticiranog TMP. Primjer je studija Schnabl i suradnika koji su pregledali 213 pacijenata u dobi od 18 do 30 godina radi vađenja umnjaka te su redom zapažene koštane promjene bile erozija kondila (41,3 %), zaravnjenje (28,2 %), osteofiti (24,4 %), skleroza (16,0 %), resorpcija (4,7 %) i subhondralne ciste (3,8 %) (59). Također, retrospektivna studija Astudillo Uchupaille i suradnika s 311 pacijenata starosti 18 do 40 godina zabilježila je zaravnjenje u 30,2 %, eroziju u 16,1 % i sklerozu u 10,3 % kondila (60). Cardoneanu i suradnici tvrde da subhondralna skleroza nastaje zbog lošeg koštanog preoblikovanja pod opterećenjem i pojačane aktivnosti osteoblasta u kasnijoj fazi (24). Emshoff Mi i suradnici u retrospektivnoj CBCT studiji na 233 pacijenta s artralgiom TMZ uočavaju da je dob iznad 45 godina značajno

povezana s težim subhondralnim koštanim promjenama ($OR = 4,53$; $p < 0,001$) (70). U konačnici se može zaključiti kako velika razlika u prevalenciji koštanih promjena među studijama ovisi o kriterijima odabira uzorka, s obzirom na to da u klinički odabranim uzorcima s potvrđenim OA prevladavaju erozije i osteofiti, a u incidentalnim uzorcima zaravnjenje i skleroza.

U našem istraživanju otkrili smo izuzetno nisku učestalost slobodnih koštanih tijela, koja iznosi 2,5 %. Slobodna intraartikularna tijela su rijetka patološka pojava u zglobovima, koja se očituje prisutnošću kalcificiranih komada kosti ili hrskavice odvojenih od zglobnih površina. Ova stanja često su povezana s uznapredovalim degenerativnim bolestima zgloba ili rijetkim sindromima kao što je sinovijalna hondromatoza (72, 74). Del Rey i suradnici ističu da slobodna tijela u kontekstu OA nastaju odvajanjem fragmenata osteofita s periferije kondila mandibule. Njihova prisutnost često je povezana s erozijom, sklerozom, zaravnjenjem i osteofitima (74). Podaci iz literature ukazuju na nisku učestalost ovog radiološkog nalaza. Koç je u svojoj retrospektivnoj studiji pomoću CBCT-a zabilježio stopu slobodnih tijela od 2,3 % (75), dok su Alkurt i njegovi suradnici zabilježili vrijednost od 0,6 % (76), a Görürgöz i suradnici 1,56 % (77). Öçal i njegovi suradnici u svojoj studiji istražili su 1636 kondila, otkrivajući prevalenciju od 1 %. U većini kondila sa slobodnim tijelima također su zabilježene druge uznapredovale degenerativne promjene, poput osteofita, erozija i subhondralnih cista. Ovi nalazi sugeriraju da slobodna tijela nastaju sekundarno u kasnijem stadiju degenerativnog procesa (72). De Almeida i suradnici proveli su retrospektivnu studiju koristeći CBCT na 1058 pacijenata i utvrdili prevalenciju intraartikularnih kalcifikacija od 2,7 %, a iste su nađene u 73,2 % pacijenata koji su imali koštane promjene, što ukazuje na njihovu značajnu povezanost s degenerativnim promjenama kondila (78). Iako je dijagnostička vrijednost ograničena zbog niske prevalencije, ovaj nalaz treba pažljivo razmotriti kod pacijenata koji pokazuju kliničke simptome kao što su blokada zgloba, pomak diska ili ozbiljna disfunkcija (72, 74).

Dok CBCT omogućava trodimenzionalni prikaz koštanih struktura visoke prostorne rezolucije (18), MR zahvaljujući visokoj kontrastnoj rezoluciji kod prikaza mekotkivnih struktura zgloba omogućava pouzdanu detekciju mekotkivnih promjena te je metoda izbora kod procjene položaja zglobnog diska i postojanja zglobnog izljeva (5, 79).

Magnetska rezonancija (MR) ima ograničenu moć prikaza kortikalnih koštanih promjena zbog niskog signala kortikalne kosti koja sadrži malo slobodnih vodikovih protona (5). Lee i suradnici su istražili zero-echo time (ZTE) MR sekvencu koja generira prikaz koštanih struktura sličan CT-u i utvrdili su da ZTE MR može dostići dijagnostičku točnost CT-a u detekciji kortikalnih promjena kondila (80). Unatoč toj perspektivi, konvencionalne MR sekvence ostaju znatno inferiorne CBCT-u za prikaz koštanih promjena.

Rezultati ovog istraživanja jasno pokazuju da CBCT detektira koštane degenerativne promjene kondila statistički značajno češće nego MR za sve analizirane kriterije osim slobodnih koštanih tijela.

Razina slaganja dvaju modaliteta bila je umjerena za erozije ($\kappa = 0,556$) i generaliziranu sklerozu ($\kappa = 0,474$), a slaba do zanemariva za subhondralne ciste ($\kappa = 0,095$), osteofite ($\kappa = 0,169$) i slobodna koštana tijela ($\kappa = 0,000$).

Dodatno, ni jedan pojedinačni MR koštani kriterij nije postigao zadovoljavajuću kombinaciju osjetljivosti i specifičnosti uz CBCT kao referentni standard: najveću je osjetljivost imala generalizirana skleroza (48,0 %), dok su erozije (26,9 %), osteofiti (13,7 %) i subhondralne ciste (2,9 %) imale nisku osjetljivost uz specifičnost ≥ 96 %. Time se potvrđuje da MR koštani nalazi zasebno nisu dostatni za detekciju OA TMZ-a definiranog CBCT-om.

Premda su svi MR koštani kriteriji bili statistički značajno korelirani sa stupnjem OA (Kendallov τ -b u rasponu 0,166 – 0,353), radilo se tek o slaboj do umjerenoj povezanosti, što dodatno potvrđuje da MR koštani nalazi samo djelomično odražavaju CBCT klasifikaciju stupnja bolesti.

Larheim i sur. navode da CBCT, unatoč ponekim tehničkim ograničenjima kao što su npr. artefakti uslijed pomicanja pacijenta, zahvaljujući visokoj prostornoj razlučivosti i mogućnosti multiplanarnog prikaza nadmašuje MR u detekciji koštanih promjena kondila, kao što su prikaz morfologije koštanih komponenti, procjena integriteta kortikalisa te promjena u subkortikalnoj kosti (81). Hussain i sur. su u sustavnom pregledu analizirali dijagnostičku vrijednost različitih radioloških modaliteta u detekciji erozija i osteofita te zaključili da su CT/CBCT značajno precizniji u procjeni istih u usporedbi s ostalim metodama (62).

Jedan od najrelevantnijih radova koji uspoređuje učinkovitost CBCT-a i MR-a u radiološkoj dijagnostici degenerativnih promjena je istraživanje Kılıç i sur. koji su ispitali 52 pacijenta, odnosno ukupno 83 zglobova s kliničkim znakovima OA TMZ-a. Slično kao i u našem istraživanju, svim pacijentima učinjeni su i CBCT i MR, a snimke su neovisno analizirala dva ispitivača. Iako su radiološka obilježja OA uočena u svim zglobovima barem jednom od spomenutih dviju metoda, uočena je slaba podudarnost te su koštane degenerativne promjene bile vidljive u 74 od 83 zglobova (89,2 %) na CBCT-u, ali u samo 22 zglobova (26,5 %) na MR-u. Pritom je CBCT bio osjetljiviji u detekciji erozija ($p = 0,001$), osteofita ($p = 0,001$) te zaravnjenja kondila ($p = 0,002$) i eminencije ($p = 0,013$), dok su obje metode podjednako osjetljive u prepoznavanju skleroze i subhondralnih cista ($p > 0,05$). Međutim, ako se u obzir uzmu i druge radiološke promjene kao što su izljev (30 zglobova) i poremećaji diska (11 zglobova), pozitivan nalaz na MR-u zabilježen je u 50 zglobova (60,2 %) (45).

Alkhader i sur. istraživali su učinkovitost MR-a u otkrivanju koštanih abnormalnosti uspoređujući rezultate s CBCT-om, koji je uzet kao zlatni standard. Kod 55 pacijenata ispitano je 106 TMZ-ova, na kojima je analizirano osam različitih tipova koštanih promjena. MR je, unatoč relativno niskoj osjetljivosti (30 – 82 %), pokazao visoku specifičnost (84 – 98 %). Najniža osjetljivost bila je u detekciji zaravnjenja kondila (30 %), ankiloze (34 %) i skleroze (40 %) (82).

Uzimajući sve navedeno u obzir, može se zaključiti da niti CBCT niti MR zasebno ne mogu biti potpuno dostatni u dijagnozi OA TMZ-a. Noviji pristupi fuzije MR-CBCT slika, kako bi se istodobno analizirale mekotkivne i koštane strukture TMZ-a te dobio prikaz visoke kontrastne i prostorne rezolucije, imaju potencijal optimizirati dijagnostiku, no klinička primjena ostaje ograničena i nije standardizirana (83).

Optimalan dijagnostički algoritam stoga podrazumijeva početnu CBCT obradu za morfološku procjenu koštanih promjena i klasifikaciju stupnja bolesti, uz naknadnu MR obradu u slučajevima u kojima je mekotkivna patologija klinički relevantna ili gdje se razmatraju intervencijski zahvati.

Magnetska rezonancija (MR) zlatni je standard za ocjenu mekotkivnih struktura TMZ-a, osobito za procjenu položaja i morfologije zglobnog diska te prisutnost intraartikularnoga izljeva (5).

Nalazi MR-a u ovom istraživanju, s visokim udjelom pomaka diska (74,3 %), dominacijom potpunog pomaka bez redukcije (38,1 %) i umjerenom učestalošću izljeva (43,6 %), sukladni su profilu klinički dijagnosticirane populacije s OA TMZ.

Silva i sur. proveli su sustavni pregled i meta-analizu, u kojoj su obuhvatili 18 studija i 3158 zglobova, i konstatirali da je prevalencija OA kod pacijenata s potpunim pomakom bez redukcije iznosila 66 %, a kod pacijenata s potpunim pomakom s redukcijom 35 %. Zaključuju da postoji snažna povezanost između potpunog pomaka bez redukcije i degenerativne bolesti zgloba (84). Permanentna anteriorna pozicija diska bez mogućnosti repozicije može dovesti do povećanog mehaničkog opterećenja kondilarne površine, što je povezano s mikrooštećenjima, sinovijalnom upalom i, u konačnici, degenerativnim remodeliranjem subhondralne kosti (24). Topaloglu Yasan i sur. su u studiji na 162 pacijenta (324 zgloba) pokazali da su kondilarna skleroza i zaravnjenje bili statistički značajno povezani s pomakom diska bez redukcije (OR = 5,268) (85). Prisutnost izljeva u 43,6 % zglobova sukladna je prevalencijama koje se navode u literaturi za klinički selekcioniranu populaciju. Emshoff i sur. pokazali su da je prisutnost izljeva statistički značajno povezana s boli i degenerativnim promjenama kondila, pri čemu veći stupanj izljeva može odražavati uznapređovaliji stadij degenerativnih promjena (51). Abnormalna morfologija diska, zabilježena u 24,8 % zglobova, konzistentna je s nalazima MR studija koje pokazuju da su morfološke deformacije diska – savijanje, skraćenje, zaobljenost – povezane s trajanjem i tipom pomaka diska (86).

Taşkaya-Yilmaz i sur. (87) su u MR studiji na 133 TMZ-a kod pacijenata s unutarnjim poremećajem pokazali da 41,35 % zglobova nije imalo deformaciju, dok je 18 % diskova bilo presavijeno, 19,55 % izduljeno, 9,77 % zaobljeno, 7,51 % bikonveksno, a 3,75 % zadebljano u stražnjem dijelu.

Statistički značajne veze između pomaka diska, zglobnog izljeva i abnormalne morfologije diska na MR-u pokazuju jasan slijed unutarnjeg poremećaja TMZ-a. Pritom je zanimljivo kako je djelomični pomak s redukcijom, koji se prema Laškarinu (56) definira kao pomak vidljiv samo u nekim od parasagitalnih slojeva te se smatra najblažim oblikom pomaka, odnosno prijelaznim

oblikom prema potpunom pomaku, najčešće udružen s izljevom (56,7 %), češće čak od potpunog pomaka s redukcijom (39,5 %) i gotovo jednako učestalo kao i potpuni pomak bez redukcije (55,8 %). Nasuprot tome, djelomični pomak ima najmanji udio abnormalnog izgleda diska (3,3 %), čak manji od zglobova bez pomaka (5,8 %). Može se zaključiti da je, iako je u ovoj fazi disk još uvijek morfološki očuvan, djelomični pomak nerijetko praćen značajnom sinovijalnom upalnom reakcijom.

Hosgor je u studiji na 120 pacijenata (240 TMZ-ova) našao statistički značajnu vezu između umjerenog izljeva i pomaka diska ($p < 0,05$). Izljev je češći u zglobovima s pomakom bez redukcije nego u onima s redukcijom, a značajan zglobni izljev uočen je u 46,4 % slučajeva pomaka bez redukcije (88). Zhang i suradnici pokazali su da se zglobni disk s rastom udaljenosti pomaka postepeno skraćuje i deformira, međutim ta veza je nelinearna te, kada se premaši granica pomaka od 1,7 mm, dolazi do naglog skraćivanja diska i degenerativne promjene postaju vidljivije (58).

Da je izljev češći u zglobovima s pomakom bez redukcije te često udružen s deformacijom diska i degenerativnim promjenama kondila, utvrdili su i Mizuhashi i sur. (89).

Drugi autori, kao što su Bedran i sur. (61), pokazali su da kod anteriornog pomaka diska bez redukcije disk prestaje biti bikonkavno formiran te poprima skraćeni i deformirani oblik, a morfološkim promjenama zahvaćen je i kondil, koji je zaravnjene artikulacijske plohe i nepravilnih kontura kortikalisa u sklopu remodelacijskih promjena. Istim istraživanjem uočilo se i da je težina dislokacije diska povezana sa smanjenjem translacije kondila.

Taşkaya-Yılmaz i sur. (87) također su zaključili da je konfiguracija diska narušenija što je unutarnji poremećaj TMZ-a uznapredovaliji, te su deformacija diska, presavijeni i zaobljeni diskovi bili češći kod prednjeg pomaka diska bez redukcije nego kod prednjeg pomaka diska s redukcijom ($p < 0,001$). Također, svi diskovi bez redukcije bili su presavinuti ili zaobljeni, dok je 56,75 % slučajeva prednjeg pomaka diska s redukcijom bilo izduljeno.

Klinička i patofiziološka implikacija ovih interkorelacija jest da MR mekotkivne nalaze – pomak diska, izljev i morfologiju diska – ne treba promatrati kao izolirane varijable, već kao međusobno povezane pokazatelje stupnja napredovanja unutarnjeg poremećaja TMZ-a.

Statistički značajne asocijacije između MR mekotkivnih nalaza i stupnja OA definiranog CBCT-om – utvrđene za oblik pomaka diska ($p < 0,001$), izljev ($p = 0,047$) i morfologiju diska ($p < 0,001$) – jedan su od ključnih nalaza ovog istraživanja. Ovi rezultati potvrđuju da mekotkivne promjene vidljive na MR-u i koštane promjene vidljive na CBCT-u nisu neovisni fenomeni, već odraz istog patogenetskog procesa.

Progresivan porast udjela potpunog pomaka bez redukcije s rastom stupnja OA podudara se s konceptom koji su potvrdili Silva i sur., s obzirom na to da su u već ranije spomenutom sustavnom pregledu literature degenerativne promjene bile značajno češće kod pomaka bez redukcije (66 %) u usporedbi s pomakom s redukcijom (35 %), a najčešće koštane promjene bile su skleroza (24,3 %), erozije (23,5 %), osteofiti (17,9 %) i subhondralne ciste (7,6 %) (84). Emshoff i sur. uočili su značajnu povezanost kondilarne erozije i potpunog pomaka bez redukcije ($OR = 43,9$; $p < 0,001$) (57), što sugerira bidirekcijsku vezu: nereponirajući pomak potiče koštanu destrukciju, a koštana destrukcija pojačava kliničku sliku zatvorenog zaključavanja zgloba.

Udio izljeva raste s 33,3 % u skupini bez degenerativnih promjena do 53,5 % u skupini s OA drugog stupnja, odnosno razgradnja kosti praćena je upalom u zglobu. Hosgor je našao značajnu vezu između umjerenog izljeva i većeg stupnja unutarnjeg poremećaja (88).

Najjača veza je između abnormalnog oblika diska i stupnja OA ($p < 0,001$), pri čemu se udio abnormalnog diska više nego trostruko povećao između skupine bez CBCT promjena (11,1 %) i skupine s OA drugog stupnja (39,5 %).

Bedran i sur. su u retrospektivnoj studiji, koja je istraživala 2076 TMZ-ova kod 1038 pacijenata, pokazali statistički značajnu ($p < 0,001$) povezanost između više MR nalaza: potpuni pomak diska s redukcijom bio je statistički značajno asociran s deformacijom diska i promjenom oblika artikularne eminencije, potpuni pomak diska bez redukcije s deformacijom diska, degeneracijom kondila i glenoidne jame te izljevom, a posteriorni pomak diska s deformacijom diska. S druge strane, poremećaji kondilarne translacije nisu bili statistički značajno asocirani s deformacijom diska, degenerativnim koštanim promjenama niti s bilo kojim tipom pomaka diska ($p \geq 0,05$; $OR < 1$ za sve) (61).

Nalaz 9 statistički značajnih asocijacija od ukupno 25 testiranih kombinacija između CBCT koštanih i MR mekotkivnih nalaza upućuje na to da mekotkivna i koštana destrukcija u OA TMZ-a ne napreduju neovisno, već su međusobno, iako selektivno, uzročno-posljedično povezane. U tom kontekstu iz rezultata našeg istraživanja uočljiv je gradijent koštane destrukcije koji prati napredovanje pomaka diska. Djelomični pomak s redukcijom, kao najblaži oblik pomaka koji još ne uzrokuje značajnu koštanu destrukciju, nema statistički značajne asocijacije ni s jednom od koštanih promjena. Potpuni pomak s redukcijom pokazuje značajnu asocijaciju samo sa sklerozom ($p < 0,001$), a potpuni pomak bez redukcije značajno je asociiran sa subhondralnim cistama ($p = 0,002$), erozijama ($p < 0,001$), sklerozom ($p < 0,001$) i osteofitima ($p < 0,001$).

Erozije su bile značajno češće uz abnormalan izgled diska (58,0 % naspram 25,7 %; $p < 0,001$) i uz izljev (43,2 % naspram 26,3 %; $p = 0,012$), čime se koštana i mekotkivna komponenta degenerativnog procesa dodatno povezuju.

Kada je disk trajno anteriorno dislociran, dolazi do fokalnog preopterećenja kondilarne površine, pokretanja kaskade apoptoze hondrocita, disrupcije kolagena tipa II i proteoglikana te progresivnog gubitka integriteta hrskavice (24).

Roh i suradnici su u retrospektivnoj MR studiji na 508 TMZ-ova kod 254 pacijenta utvrdili da zglobovi s potpunim pomakom s redukcijom imaju 2,01 puta veći rizik od degenerativnih promjena ($p < 0,01$) i 2,85 puta veći rizik od izljeva ($p < 0,001$), a zglobovi s potpunim pomakom bez redukcije 4,43 puta veći rizik od degenerativnih promjena ($p < 0,001$) i 4,61 puta veći rizik od izljeva ($p < 0,001$) (90).

Prenc i suradnici proveli su presječnu studiju na 198 TMZ-ova, obuhvativši 99 pacijenata s klinički dijagnosticiranim OA TMZ-a, u kojoj su istraživali vezu između koštanih promjena identificiranih putem CBCT-a i obrazaca pomaka diska detektiranih MR-om. Utvrđena je statistički značajna korelacija između stupnja OA i tipa pomaka diska te je potpuni pomak bez redukcije bio najčešće asociiran s OA stupnja 2 (26,8 %), dok nijedan zglob s potpunim pomakom bez redukcije nije pokazivao odsutnost OA. Također, sve specifične koštane promjene – subhondralne ciste ($p = 0,004$), erozije ($p < 0,001$), generalizirana skleroza ($p < 0,001$) i osteofiti ($p < 0,001$) – bile su

statistički značajno učestalije u zglobovima s potpunim pomakom bez redukcije. Osteofiti su imali najjaču povezanost (Fisher = 35,068; $p < 0,001$), dok je generalizirana skleroza bila najčešće zapažena, prisutna u 67,7 % svih zglobova. Zaključeno je da potpuni pomak bez redukcije predstavlja uznapredovali stadij unutarnjeg poremećaja zgloba praćen intenzivnim koštanim remodeliranjem, što dodatno potiče kombiniranu primjenu CBCT-a i MR-a za sveobuhvatnu procjenu OA TMZ-a (91).

Profil kliničkih znakova i simptoma zabilježen u ovom istraživanju, s predominantnom boli u TMZ-u (62,9 %), ograničenim otvaranjem usta (59,4 %) i visokim udjelom glavobolje te cervikobrahijalnog sindroma (53,5 %), u skladu je s opisanom kliničkom slikom uznapredovalog OA TMZ-a, ali istovremeno ukazuje na važne komorbiditetne obrasce koji nadilaze zglobnu patologiju.

Bol i ograničeno otvaranje usta osnovni su klinički znakovi OA TMZ-a. Ahmad i Schiffman opisuju OA TMZ-a kao degenerativni poremećaj praćen boli pri pokretu, ograničenim otvaranjem usta i krepitacijama zbog trenja prilikom trljanja kosti o kost kod oštećenja diska ili hrskavice (31). U retrospektivnoj studiji Topaloglu Yasan i suradnici na 324 TMZ-a (162 pacijenta) proučavali su asocijaciju kliničkih (bol i zvukovi u TMZ-u te maksimalno otvaranje usta) i MR nalaza (položaj i morfologija diska, morfologija kondila i prisutnost izljeva). Pacijenti s prednjim pomakom diska bez redukcije imali su povećani rizik od ograničenog otvaranja usta u odnosu na normalan položaj diska (omjer izgleda: 5,268). Nije pronađena povezanost između ograničenog otvaranja usta i drugih MR nalaza. Nijedan od MR nalaza nije imao značajnu vrijednost za predviđanje zvukova TMZ-a. U grupi s prednjim pomakom diska bez redukcije češće su bile i abnormalne morfologije diska, osteofiti i značajan izljev (85). Ottersen i suradnici u studiji populacijske CBCT analize na 159 nasumično odabranih 65-godišnjaka iz Osla utvrdili su da su znakovi OA TMZ-a prisutni kod 35 % ispitanika (47 % među ženama i 22 % među muškarcima), međutim samo 9 % ispitanika prijavilo je bolove u TMZ-u te nije postojala statistički značajna razlika između onih s OA TMZ-a i onih bez OA TMZ-a (92). Abrahamsson i suradnici analizirali su grupu od 54 pacijenta s OA šake (88 % žena, prosječna dob 71 godina) i otkrili da su znakovi OA TMZ-a na CBCT-u prisutni kod 67 % sudionika, među kojima je 22 % izvijestilo o bolovima prilikom otvaranja usta, 33 % o

škljocanju, a 25 % o krepitacijama. Krepitacija je bila statistički značajno prisutnija u grupi s OA (33 %), što dovodi do zaključka da krepitacije, kada su prisutne, jasno ukazuju na degenerativnu bolest (93). Krepitacije se javljaju u 35,1 % zglobova u našem uzorku. Yap i njegovi suradnici analizirali su uzorak od 877 pacijenata, koji su bili podijeljeni u tri CBCT skupine: bez promjena (39,7 %), rane promjene (17,0 %) i kasne promjene (43,3 %). Utvrđene su značajne razlike u prevalenciji kliničkih znakova i simptoma među tim grupama ($p \leq 0,001$). Bol i ograničeno otvaranje usta pojavili su se češće u ranim fazama degenerativnih promjena nego u kasnijim. Krepitacija je također bila prisutnija u većem postotku od škljocanja kod pacijenata s degenerativnim promjenama zglobova (27,5 – 32,6 % naspram 6,3 %) (40). Ovo ukazuje na to da je krepitacija karakteristična za uznapredovale stadije OA TMZ-a.

Bol je u ovom uzorku imala izražen kronični karakter – medijan trajanja iznosio je 10 mjeseci, uz izrazito desno zakošenu raspodjelu i pojedine ispitanike s višegodišnjim trajanjem (do 415 mjeseci) – što odgovara dugotrajnoj prirodi degenerativne bolesti TMZ-a. Bol se najčešće manifestirala istodobno u mirovanju i pri kretnjama (68,3 % pacijenata), a po lokalizaciji bila je otprilike podjednako raspoređena na lijevu (39,6 %), desnu (34,7 %) te na obje strane (25,7 %).

Krepitacije su, za razliku od škljocanja, bile statistički značajno povezane sa stupnjem OA (za škljocanje $p = 0,189$), čime se i u ovom uzorku potvrđuje da su krepitacije pouzdaniji klinički pokazatelj uznapredovale degenerativne bolesti TMZ-a od škljocanja. U našem istraživanju zabilježen je vrlo visok postotak glavobolje (53,5 %) i cervikobrahijalnog sindroma (53,5 %) kod pacijenata s TMZ OA. Yakkaph i suradnici uočili su da se glavobolje često javljaju zajedno s TMP-om te da između ta dva stanja postoji dvosmjerna veza: zajednička prevalencija glavobolja među pacijentima s TMP-om iznosila je 61,58 % (95 % CI 45,26 – 76,66), dok je prevalencija TMP-a kod osoba koje pate od glavobolja bila 59,42 % (95 % CI 51,93 – 66,60). Migrena je bila **češća** kod pacijenata s TMP-om (40,25 %) u odnosu na tenzijske glavobolje (18,89 %). Glavobolja je bila posebno učestala kod bolnih oblika TMP-a (82,80 %) (94). Cuenca-Martínez i suradnici su u sustavnom pregledu pokazali da postoji značajna veza između cervikalne i mandibularne disfunkcije (standardizirana srednja razlika = 0,72; 95 % interval pouzdanosti 0,56 – 0,82), temeljena na neuroanatomskoj osnovi cervikalnih vlakana u trigeminocervikalnom

kompleksu (95). Klinička studija Badela i sur. na 65 pacijenata s OA TMZ-a zabilježila je cervikalni sindrom u 10,8 % slučajeva, cervikobrahijalni sindrom u 26,1 % pacijenata, cervikocefalični sindrom u 7,7 %, a 9,2 % pacijenata imalo je oba, pri čemu je cervikalni sindrom bio statistički značajno zastupljeniji u mlađih pacijenata ($p = 0,0002$) (96). Viši udio cervikobrahijalnog sindroma u ovom istraživanju (53,5 %) može se dijelom objasniti širom kliničkom definicijom primijenjenom u ovom uzorku.

Alghadir i suradnici su na uzorku od 121 pacijenta s OA koljena utvrdili da je među različitim ljestvicama boli VAS najpouzdanija mjera, osobito primjerena za praćenje stanja pacijenata s degenerativnim bolestima zglobova (97). Schiffman i suradnici ističu da su VAS i NRS (Numeric Rating Scale), uz bol pri pokretima mandibule, među tri najkorisnije kliničke metode za procjenu boli kod pacijenata s TMP-om, čime je njihova primjena u istraživanjima OA TMZ-a metodološki opravdana (30). Zbog složenosti bolnog iskustva u OA TMZ-u, gdje bol može biti mehanička, upalna ili nociceptivna po svojoj prirodi, bol se zasebno mjeri pri kretanju, mirovanju i palpaciji. Medijan vrijednosti VAS-a pri kretanju od 5,0 upućuje na umjerenu bol pri funkcijskim pokretima (97).

Wadhwa i suradnici naglašavaju da, za razliku od koljena gdje 50 % osoba s radiografskim OA osjeća bol, TMZ pokazuje znatno slabiju vezu između radiografskih nalaza i boli. Osim toga, bol u OA TMZ-u često se spontano smanjuje tijekom vremena, a radiološke promjene ne moraju nužno progredirati (98). Wu i suradnici u sustavnom pregledu iz 2021. zaključuju da artralgiya TMZ-a i krepitacije pokazuju najjaču kliničku korelaciju s CBCT nalazima OA. Nasuprot tome, drugi simptomi poput miofascijalne boli i otežanog otvaranja usta nisu statistički značajno povezani s degenerativnim promjenama kondila (99). U recentnijoj studiji Wu i suradnici analizirali su odnos pojedinih simptoma s različitim degenerativnim promjenama na CBCT-u. Jedina statistički značajna povezanost utvrđena je između osteofita i škljocanja, dok ukupna povezanost između kliničke slike i radioloških nalaza ostaje nekonzistentna, stoga prisutnost ili težina simptoma ne odražavaju nužno opseg radioloških promjena (100).

Kalladka i sur. napominju kako su simptomi OA povezani s fazom prirodnog tijeka bolesti: rana faza sa škljocanjem i intermitentnim blokadama, intermedijarna s destrukcijom zgloba i jakom boli te kasna ili „burnout” faza u kojoj degenerativna aktivnost prestaje i bol se spontano smanjuje (101). Pacijenti u ovom istraživanju s VAS = 0, unatoč jasnim radiološkim znakovima OA, najvjerojatnije se nalaze upravo u toj kasnoj fazi, što podupire temeljnu hipotezu ovog doktorata. Neka istraživanja opisuju neurobiološku osnovu kliničko-radiološke diskordancije, pri čemu retrodiskalna tkiva, sinovijalna ovojnica, nociceptivna živčana vlakna te upalni medijatori i neuropeptidi imaju značajniju ulogu od same subhondralne kosti ili hrskavice, što implicira da bol u OA TMZ-u nije isključivo posljedica mehaničke destrukcije zgloba, nego rezultat složenih interakcija između degenerativnih promjena, upale i neuroloških mehanizama senzibilizacije. Ovime se objašnjava činjenica da pacijenti s minimalnim koštanim promjenama na CBCT-u mogu osjećati intenzivnu bol ako MR pokazuje izljev ili kompresiju bilaminarne zone (102 – 104).

Rezultati korelacijske analize između intenziteta boli mjenog VAS ljestvicom i radioloških nalaza otkrivaju konzistentan, ali selektivan obrazac: stupanj OA, erozije, skleroza i subhondralne ciste na CBCT-u dosljedni su prediktori viših vrijednosti VAS-a u svim trima načinima mjerenja boli, dok osteofiti i slobodna koštana tijela na CBCT-u te većina MR mekotkivnih nalaza ne pokazuju statistički značajnu povezanost s intenzitetom boli. Pritom su vrijednosti boli bile najviše pri kretnjama (medijan VAS-a 5,0), a niže u mirovanju i pri palpaciji, što je u skladu s mehaničkom prirodom boli kod OA TMZ-a, izazvanom opterećenjem.

Ovakav obrazac dijeli rezultate s nalazima Bae i sur., koji su u studiji na 283 TMZ-a s DJD-om, koristeći NRS (Numeric Rating Scale) skalu boli, utvrdili da je učestalost erozija direktno proporcionalna intenzitetu boli, a frekvencija osteofita obrnuto proporcionalna (39). Izostanak statistički značajne veze između osteofita i intenziteta boli može se tumačiti time da osteofiti označavaju stabilnu fazu OA, u kojoj je aktivna upalna aktivnost uglavnom smanjena, dok su erozivne promjene češće povezane s aktivnom fazom bolesti i simptomima boli.

Arayasantiparb i sur. su u CBCT studiji na 73 pacijenta (142 zgloba) uočili da stupanj koštanih degenerativnih promjena ne korelira značajno s boli u TMZ-u. Isto istraživanje pokazalo je

značajnu povezanost kreptacija sa svim koštanim radiološkim obilježjima OA, izuzev sa zaravnjenjem zglobnih ploha (105).

Izljev na magnetskoj rezonanciji pokazao je značajnu vezu s VAS boli pri pokretu ($p < 0,001$) i VAS pri palpaciji ($p = 0,012$), ali ne i s VAS u mirovanju (0,465) – to je jasno jer izljev odražava aktivnu sinovijalnu upalu koja uzrokuje bol pri pokretu. Hosgor je pokazao da je količina zglobnog izljeva direktno proporcionalna s intenzitetom boli i pomakom diska – statistički značajna povezanost ($p < 0,05$) s TMZ boli postojala je sa značajnim izljevom, ali ne i u slučaju umjerenog zglobnog izljeva (88). Li i sur. su u istraživanju s velikim brojem ispitanika (1532 TMZ-a kod 766 pacijenata) potvrdili da je bol u zglobu najznačajniji rizični čimbenik pojave zglobnog izljeva. Vjerojatnost pojave zglobnog izljeva bila je 8,463 puta veća kod pacijenata s boli u zglobu u usporedbi s onima bez boli. Ostali rizični čimbenici bili su zvukovi u zglobu (vjerojatnost pojave zglobnog izljeva bila je 1,726 puta veća u odnosu na zglobove bez zvukova), kontrakture zglobnog diska (vjerojatnost pojave zglobnog izljeva bila je 2,277 puta veća u usporedbi s bikonkavnim diskom) te prednji pomak diska s redukcijom (vjerojatnost pojave zglobnog izljeva bila je 1,740 puta veća u usporedbi s normalnim položajem diska) (106).

Topaloglu Yasan i suradnici ustanovili su znatno višu VAS vrijednost za prednji pomak diska bez redukcije u odnosu na prednji pomak diska s redukcijom ($p = 0,007$), a skleroza i zaravnjenost kondila također su pokazali značajnu povezanost s višim vrijednostima VAS-a u usporedbi s drugim MR nalazima (85).

Analiza asocijacija između kliničkih znakova i simptoma te radioloških nalaza u ovom istraživanju otkrila je 24 statistički značajne veze od ukupno 77 testiranih kombinacija, pri čemu su najdosljednije asocijacije pronađene između boli i bolnosti bilaminarne zone, s jedne strane, te koštanih promjena na CBCT-u i potpunog pomaka bez redukcije i izljeva na MR-u, s druge strane. Postoji statistički značajna asocijacija boli s više radioloških nalaza: stupnjem OA ($p < 0,001$), erozijom ($p < 0,001$), sklerozom ($p < 0,001$), subhondralnim cistama ($p = 0,002$), potpunim pomakom diska bez redukcije ($p = 0,004$) i izljevom ($p = 0,004$).

Jeon i sur. su u retrospektivnoj studiji na 754 TMZ-a kod 377 pacijenata s TMP-om istraživali povezanost simptoma (bol, zvukovi i ograničeno otvaranje usta) i radioloških nalaza na CBCT-u (koštane promjene) i MR snimkama (abnormalnosti diska i izljev). Istraživači su otkrili da je bol značajno povezana s kondilnom sklerozom na CBCT-u (OR = 3,81) te s pomakom diska bez redukcije (OR = 3,22) i izljevom na MR-u (stupanj 2 izljeva: OR = 2,33; stupanj 3 izljeva: OR = 5,54). Zvukovi u TMZ-u bili su značajno povezani s pomakom diska s redukcijom (OR = 3,04), pomakom diska bez redukcije (OR = 2,50), izljevom u zglobu stupnja 2 (OR = 2,37) i stupnja 3 (OR = 3,23). Ograničeno otvaranje usta imalo je značajnu povezanost sa zaravnjenom (OR = 2,08) i presavijenom konfiguracijom diska (OR = 2,30) te izljevom u zglobu stupnja 3 (OR = 2,85) (107).

Yap i suradnici su u velikoj studiji na 877 ispitanika s TMP-om ispitali povezanost kliničkih znakova i simptoma s različitim CBCT nalazima koji su grupirani kao nalaz bez degenerativnih promjena, rane i kasne degenerativne promjene. Najniže i najviše Kappa vrijednosti (κ) redom su zabilježene za zvukove TMZ-a u skupini s ranim degenerativnim promjenama (κ = 0,20) i ograničenje otvaranja usta u skupini bez degenerativnih promjena (κ = 0,58). Kada se zajednički promatraju sve tri grupe, postoji umjerena podudarnost za bol (κ = 0,58) i ograničenje otvaranja usta (κ = 0,46), a slaba podudarnost za zvukove TMZ-a (κ = 0,28) (40).

Sang i suradnici su u sustavnom pregledu 22 studije otkrili da je u polovici studija bol pozitivno korelirala s izljevom, edemom koštane srži, pomakom diska i kondilnom erozijom. U većini studija koje su analizirale povezanost raspona pokreta i MR nalaza ograničeno otvaranje usta bilo je povezano s pomakom diska. Isto tako, među studijama koje su procjenjivale povezanost između zglobnih zvukova i MR nalaza, većina je prijavila značajnu povezanost između pomaka diska i zvukova (108).

Bolnost bilaminarne zone u našem radu statistički je značajno povezana s pet od šest CBCT parametara te s pomakom diska bez redukcije, izljevom i abnormalnim izgledom diska na MR-u. Ovakav rezultat u skladu je s tumačenjem Chung i sur., koji zaključuju da su bogato vaskularizirana i inervirana retrodiskalna meka tkiva ključna mjesta periferne nociceptivne aktivacije i da u nastanku boli imaju značajniju ulogu od degeneracije hrskavice, koja je slabo inervirana (102).

Krepitacije su bile statistički značajno asocirane isključivo s CBCT nalazima – stupnjem OA (p < 0,001), erozijama (p = 0,027), sklerozom (p = 0,003), osteofitima (p = 0,023) i subhondralnim cistama (p = 0,027) – ali ne i s MR mekotkivnim nalazima.

Abrahamsson i sur. su u studiji koja je uključivala pacijente sa i bez CBCT-om potvrđenog OA TMZ-a ustanovili da klinička dijagnoza ima nisku osjetljivost (0,42), ali visoku specifičnost (0,93), te da su pritom krepitacije bile jedini klinički znak češće prisutan kod OA TMZ-a (33 %, 95 % CI 29 – 77 %). Istim istraživanjem utvrđeno je da su ispitanici s pozitivnim CBCT nalazom imali značajno veću učestalost boli prilikom otvaranja usta (22 %, 95 % CI 4 – 40 %), klikanja (33 %, 95 % CI 14 – 52 %) i krepitacija (25 %, 95 % CI 4 – 46 %) (93).

Taşkaya-Yilmaz i sur. (87) pokazali su da su krepitacije bile povezane s presavijenim i zaobljenim deformacijama diska, dok je izduljen disk bio obilježje diskova s redukcijom povezanih sa škljocanjem. Ograničeno otvaranje usta bilo je značajno asocirano jedino s erozijama na CBCT-u ($p = 0,021$). Rezultati više različitih studija nisu pronašli značajnu povezanost između opsega pokreta i CBCT nalaza (99).

Asocijacija glavobolje s pomakom diska bez redukcije ($p = 0,037$) ima neurobiološku osnovu. Klarić i suradnici proveli su jednogodišnju prospektivnu studiju na 105 pacijenata s TMP-om. Njihovi nalazi pokazuju da su primarne glavobolje uglavnom povezane s miogenim, a ne s artrogenim oblicima TMD-a. Stoga je u skupini s OA TMZ najčešći oblik bila cervikogena glavobolja, dok su migrena i glavobolja povezana s TMZ-om bile češće u grupi s pomakom diska. Neuroanatomski temelji te interakcije zasnivaju se na preklapanju trigeminalne i gornje cervikalne senzorne inervacije unutar trigeminocervikalne jezgre, zbog čega pacijenti mogu imati istovremene cervikalne poremećaje i glavobolje (109). Asocijacija cervikobrahijalnog sindroma s izljevom ($p = 0,045$) možda je također posredovana sličnim trigeminocervikalnim mehanizmima.

Sveukupno, rezultati asocijacijske analize pokazuju selektivan, a ne sveobuhvatan obrazac kliničko-radioloških veza. Primjer koji to potvrđuje jest studija Wu i suradnika u kojoj je jedina značajna povezanost pronađena između klikanja i prisutnosti osteofita ($p < 0,05$), dok između ostalih kliničkih obilježja i CBCT nalaza nije bilo značajne povezanosti (100). Sustavni pregled literature koji je Wu također proveo sa suradnicima potvrđuje da su bol i zvukovi TMZ-a najjače povezani s različitim CBCT nalazima, što ujedno znači da bi pacijenti s ovim simptomima mogli

imati koristi od CBCT snimanja. Nasuprot tome, zbog slabe povezanosti, mijalgija i ograničen opseg pokreta ne zahtijevaju rutinsko CBCT oslikavanje (99).

Iz prikazane literature uočava se kako su brojna istraživanja proučavala problem diskordancije kliničke slike i stvarnog strukturnog oštećenja TMZ-a koristeći različite pristupe, ali najčešće oslanjajući se na jednu slikovnu metodu. Ovo istraživanje je metodološki cjelovito obzirom da povezuje kliničke nalaze, koštane promjene na CBCT-u i mekotkivne promjene na MR-u u istih bolesnika. Međutim, studija ima i nekoliko ograničenja. Iako su bilateralni TMZ-ovi analizirani neovisno na razini zgloba, opažanja dobivena od istog pojedinca mogu dijeliti neizmjerene klasterske varijable (npr., genetski čimbenici, sistemske bolesti, obilježja okluzije), potencijalno povećavajući statističke povezanosti. Osim toga, u ovu studiju bili su uključeni pacijenti s kliničkom dijagnozom OA TMZ-a iz specijaliziranih stomatoloških klinika, stvarajući selekcijsku pristranost prema težim ili simptomatskim bolestima u usporedbi s uzorcima opće populacije. Značajna prevaga ženskog spola u uzorku odražava poznatu epidemiologiju poremećaja TMZ-a, ali značajno ograničava generalizaciju nalaza na mušku populaciju. Konačno, retrospektivni dizajn studije onemogućuje utvrđivanje uzročno-posljedične i vremenske povezanosti između kliničke slike i radioloških promjena.

6. ZAKLJUČAK

Hipoteza ovog istraživanja je da je klinička dijagnoza osteoartritisa temporomandibularnog zgloba (OA TMZ-a) u pozitivnoj korelaciji s radiološkim znacima OA prisutnima na snimkama učinjenima konusnom kompjutoriziranom tomografijom (CBCT) i magnetskom rezonancijom (MR) TMZ-a te s kliničkom slikom poremećaja. Rezultati ovog istraživanja djelomično su potvrdili ovu hipotezu. Kod pacijenata s klinički dijagnosticiranim OA TMZ-a ispitana je i uspoređena povezanost standardiziranih radioloških parametara na CBCT-u i MR-u s uočenim kliničkim znakovima i simptomima. Utvrđena je statistički značajna povezanost 24, odnosno 13 nakon korekcije za višestruko testiranje, od ukupno 77 ispitanih kombinacija kliničkih i radioloških nalaza. Bol u TMZ-u, bolnost bilaminarne zone, krepitacije i vrijednosti boli na vizualno-analognj skali (VAS) bile su značajno povezane sa stupnjem OA i koštanim CBCT nalazima te s uznapređovalim pomakom diska i izljevom na MR-u, pri čemu su klinički nalazi bili izraženiji pri težim radiološkim promjenama. Nasuprot tome, glavobolja, cervikobrahijalni sindrom, ograničeno otvaranje usta i škljocanje nisu pokazali dosljednu povezanost s radiološkim nalazima.

Specifični ciljevi postavljeni u istraživanju bili su uspješno ostvareni.

Prvo, utvrđena je statistički značajna, ali selektivna povezanost koštanih (CBCT) i mekotkivnih (MR) nalaza: potpuni pomak diska bez redukcije bio je značajno povezan sa svim glavnim koštanim promjenama, a porast stupnja OA bio je praćen porastom udjela potpunog pomaka diska bez redukcije, abnormalne morfologije diska i zglobnog izljeva. Time je potvrđeno da koštana i mekotkivna destrukcija u OA TMZ-a ne napreduju neovisno, već predstavljaju odraz istoga patogenetskog procesa. Osim toga, i među mekotkivnim nalazima analiziranim na MR-u (pomak diska, izljev i morfologija diska) postojala je statistički značajna povezanost koja ukazuje na dosljedan slijed unutarnjeg poremećaja zgloba, a pomak diska bio je prisutan u 74,3 % zglobova, najčešće kao potpuni pomak bez redukcije.

Drugo, CBCT je detektirao koštane degenerativne promjene statistički značajno češće od MR-a za sve analizirane kriterije osim slobodnih koštanih tijela, uz tek umjereno slaganje dvaju modaliteta za erozije i sklerozu, a slabo za ostale nalaze. Nijedan pojedinačni MR kriterij za procjenu koštanih promjena nije postigao zadovoljavajuću kombinaciju osjetljivosti i specifičnosti. Stoga MR koštani

nalazi zasebno nisu dostatni za procjenu koštane komponente OA TMZ-a, dok CBCT ostaje metoda izbora za prikaz koštanih promjena i stupnjevanje bolesti.

Treće, određena je učestalost pojedinih radioloških kriterija OA TMZ-a na CBCT-u i među koštanim nalazima najučestalije su bile generalizirana skleroza (66,8 %) i osteofiti (54,0 %), a potom subhondralne ciste i erozije (po 33,7 %), dok su slobodna koštana tijela bila iznimno rijetka (2,5 %).

Četvrti cilj, procjena stupnja degenerativnih promjena na CBCT-u temeljem definiranih kriterija (DC/TMD), pokazao je da su blage degenerativne promjene (stupanj 1; 44,1 %) i umjerene do teške degenerativne promjene (stupanj 2; 42,6 %) bile gotovo podjednako zastupljene, dok je manji udio zglobova bio bez vidljivih degenerativnih promjena (stupanj 0; 13,4 %).

Petim ciljem određena je učestalost pojedinih kliničkih znakova i simptoma. Najčešći klinički nalaz bila je bol u zglobu (62,9 % zglobova), uz ograničeno otvaranje usta (59,4 %), visok udio glavobolje i cervikobrahijalnog sindroma (po 53,5 %) te krepitacija (35,1 %). Bol je imala izražen kronični karakter, s medijanom trajanja od 10 mjeseci. Klinička slika ispitanika odgovarala je uznapredovalom OA TMZ-a.

Šestim ciljem prikazana je distribucija dijagnoze OA TMZ-a i stupnja bolesti prema dobi i spolu. Istraživanje je provedeno na 101 pacijentu, odnosno 202 TMZ-a, u pretežno ženskoj populaciji (97,0 %) prosječne dobi od 48,8 godina. Dob i spol ispitanika nisu bili statistički značajno povezani sa stupnjem OA, što upućuje na to da težina radiološki vidljivih degenerativnih promjena ne ovisi izravno o dobi, nego vjerojatno o kombinaciji mehaničkog opterećenja te hormonskih, genetskih i drugih čimbenika. Ovakva izražena spolna nerazmjernost u uzorku jedno je od ograničenja studije, a rezultat usporedbe prema spolu treba tumačiti s oprezom zbog izrazito malog broja muških ispitanika.

Znanstveni doprinos ovog istraživanja, koje povezuje klinički, CBCT i MR nalaz u ciljanoj podgrupi pacijenata s OA TMZ-a korištenjem standardiziranih kliničkih i radioloških kriterija, višeznačan je. U dosadašnjim istraživanjima zasebno se proučavala korelacija kliničkog i CBCT nalaza te kliničkog i MR nalaza kod pacijenata s dijagnozom OA TMZ-a. Istodobno istraživanje

povezanosti kliničkog, CBCT i MR nalaza obuhvaćalo je širu skupinu pacijenata s artrogenim temporomandibularnim poremećajima, ali ne i ciljanu podskupinu s OA TMZ-a. Određeni broj radova nije koristio standardizirane smjernice za klinički pregled i radiološko izvještavanje, a dobiveni rezultati nerijetko su bili oprečni. U tom kontekstu, standardizirano ispitivanje koje objedinjuje klinički pregled, CBCT i MR u dijagnostici OA TMZ-a jedinstveno je u dosadašnjoj literaturi.

Značaj ovog istraživanja ogleda se u činjenici da je iz podataka prikupljenih kroz dugo razdoblje praćenja dobiven bolji uvid u klinička obilježja bolesnika upućenih na radiološku dijagnostiku. Ovim istraživanjem djelomično je razjašnjena korelacija kliničkih i radioloških parametara kod pacijenata s OA TMZ-a, pri čemu je dodatna prednost ovog istraživanja i usporedba različitih radioloških dijagnostičkih metoda. Dobiveni rezultati mogli bi se primijeniti u pogledu adekvatnijeg i pravodobnog indiciranja radioloških pretraga te optimizacije očitavanja radioloških nalaza TMZ-a.

U kliničkom smislu, rezultati upućuju na to da optimalan dijagnostički pristup OA TMZ-u podrazumijeva komplementarnu primjenu CBCT-a i MR-a uz cjelovitu kliničku procjenu, čime se omogućuju točnija dijagnoza i ciljano planiranje liječenja. Buduća longitudinalna istraživanja mogla bi razjasniti vremenski slijed nastanka kliničkih i radioloških promjena te dodatno vrednovati dijagnostičku vrijednost kombinirane CBCT i MR obrade.

7. LITERATURA I IZVORI

1. Helland MM. Anatomy and function of the temporomandibular joint. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1980;1(3):145-152. doi: 10.2519/jospt.1980.1.3.145. PMID: 18810175.
2. Sakul BU, Bilecenoglu B, Ocak M. Anatomy of the Temporomandibular Joint. In: Rozylo-Kalinowska I, Orhan K, editors. *Imaging of the Temporomandibular Joint.* Cham: Springer; 2019. doi: 10.1007/978-3-319-99468-0_2.
3. Wilkie G, Al-Ani Z. Temporomandibular joint anatomy, function and clinical relevance. *Br Dent J.* 2022 Oct;233(7):539-546. doi: 10.1038/s41415-022-5082-0. Epub 2022 Oct 14. PMID: 36241801.
4. Badel T. *Temporomandibularni poremećaji i stomatološka protetika.* Zagreb: Medicinska naklada; 2007.
5. Bag AK, Gaddikeri S, Singhal A, Hardin S, Tran BD, Medina JA, et al. Imaging of the temporomandibular joint: An update. *World J Radiol.* 2014 Aug 28;6(8):567-582. doi: 10.4329/wjr.v6.i8.567. PMID: 25170394; PMCID: PMC4147437.
6. Bordonì B, Varacallo M. Anatomy, head and neck, temporomandibular joint. [Updated 2023 Jul 17]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538486/>.
7. Kranjčić J. Istraživanje antropometrijskih mjera zglobne kvržice temporomandibularnoga zgloba na historijskim uzorcima. [doktorska disertacija]. Zagreb: Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2016.
8. Andrés Crespo Reinoso P, Ruiz Delgado E, Jerez Robalino J. Biomechanics of the Temporomandibular Joint. In: *Temporomandibular Joint - Surgical Reconstruction and Managements* [Internet]. IntechOpen; 2023. doi: 10.5772/intechopen.103836.
9. Hazari A, Maiya AG, Nagda TV. Kinetics and kinematics of temporomandibular joint. In: Hazari A, Maiya AG, Nagda TV, editors. *Conceptual Biomechanics and Kinesiology.* Singapore: Springer; 2021. p. 59-65.

10. Palla S. Anatomy and pathophysiology of the temporomandibular joint. In: Klineberg I, Eckert SE, editors. *Functional Occlusion in Restorative Dentistry and Prosthodontics*. Mosby; 2016. p. 67-85. doi: 10.1016/B978-0-7234-3809-0.00006-1.
11. Whyte A, Boeddinghaus R, Bartley A, Vijayaendra R. Imaging of the temporomandibular joint. *Clin Radiol*. 2021 Jan;76(1):76.e21-76.e35. doi: 10.1016/j.crad.2020.06.020. Epub 2020 Jul 21. PMID: 32709388.
12. Nainoor N, Pani G. Imaging of Temporomandibular Joint. In: *Diagnosing and Managing Temporomandibular Joint Conditions* [Internet]. IntechOpen; 2024. doi: 10.5772/intechopen.1004930.
13. Cayón-Somacarrera S, Gutiérrez-Rodríguez R, Muñoz-Guerra MF, Rodríguez-Campo FJ, Escorial-Hernández V, Ocón-Alonso EM. Unlocking the temporomandibular joint: CT, MRI, and arthroscopic correlation. *Radiographics*. 2024 Oct;44(10):e240025. doi: 10.1148/rg.240025. PMID: 39325658.
14. Różyło-Kalinowska I. Computed Tomography (CT). In: Rozylo-Kalinowska I, Orhan K, editors. *Imaging of the Temporomandibular Joint*. Cham: Springer; 2019. p. 115-123. doi: 10.1007/978-3-319-99468-0_2.
15. Zdravec D, Krolo I, Prenc M. Dentalni radiološki uređaji. In: Zdravec D, editor. *Dentalna radiologija*. Zagreb: Medicinski fakultet, Medicinska naklada; 2023. p. 21-28.
16. Petscavage-Thomas J, Walker EA, Finden S. Temporomandibular Joint. In: Pope T, Bloem JL, Morrison WB, Wilson DJ, White L, editors. *Musculoskeletal Imaging*. Cham: Springer; 2023. doi: 10.1007/978-3-030-57376-8_107-1.
17. Zdravec D. Indikacije i primjena CBCT-a. In: Zdravec D, editor. *Dentalna radiologija*. Zagreb: Medicinski fakultet, Medicinska naklada; 2023. p. 338-362.
18. Krishnamoorthy B, Mamatha N, Kumar VA. TMJ imaging by CBCT: Current scenario. *Ann Maxillofac Surg*. 2013 Jan;3(1):80-83. doi: 10.4103/2231-0746.110069. PMID: 23662265; PMCID: PMC3645617.

19. Różyło-Kalinowska I. Cone beam computed tomography (CBCT) in TMJ imaging. In: Rozylo-Kalinowska I, Orhan K, editors. Imaging of the Temporomandibular Joint. Cham: Springer; 2019. p. 125-131. doi: 10.1007/978-3-319-99468-0_2.
20. Krolo I, Romanić A, Bašić M, Prenc M. UZV i MR u dentalnoj radiologiji. In: Zadravec D, editor. Dentalna radiologija. Zagreb: Medicinski fakultet, Medicinska naklada; 2023. p. 31-35.
21. Mustapić M, Marotti M. Slikovna dijagnostika temporomandibularnih zglobova. In: Zadravec D, editor. Dentalna radiologija. Zagreb: Medicinski fakultet, Medicinska naklada; 2023. p. 222-238.
22. Gharavi SM, Qiao Y, Faghihimehr A, Vossen J. Imaging of the Temporomandibular Joint. *Diagnostics (Basel)*. 2022;12(4):1006. doi: 10.3390/diagnostics12041006.
23. Karlo CA, Patcas R, Kau T, Watzal H, Signorelli L, Müller L, et al. MRI of the temporomandibular joint: which sequence is best suited to assess the cortical bone of the mandibular condyle? A cadaveric study using micro-CT as the standard of reference. *Eur Radiol*. 2012 Jul;22(7):1579-1585. doi: 10.1007/s00330-012-2391-8. Epub 2012 Feb 10. PMID: 22322312.
24. Cardoneanu A, Macovei LA, Burlui AM, Mihai IR, Bratoiu I, Rezus II, et al. Temporomandibular joint osteoarthritis: Pathogenic mechanisms involving the cartilage and subchondral bone, and potential therapeutic strategies for joint regeneration. *Int J Mol Sci*. 2022 Dec 22;24(1):171. doi: 10.3390/ijms24010171. PMID: 36613615; PMCID: PMC9820477.
25. Mélou C, Pellen-Mussi P, Jeanne S, Novella A, Tricot-Doleux S, Chauvel-Lebret D. Osteoarthritis of the temporomandibular joint: A narrative overview. *Medicina (Kaunas)*. 2023;59(1):8. doi: 10.3390/medicina59010008.
26. Derwich M, Mitus-Kenig M, Pawlowska E. Interdisciplinary approach to the temporomandibular joint osteoarthritis-review of the literature. *Medicina (Kaunas)*. 2020 May 9;56(5):225. doi: 10.3390/medicina56050225. PMID: 32397412; PMCID: PMC7279162.

27. Wang XD, Zhang JN, Gan YH, Zhou YH. Current understanding of pathogenesis and treatment of TMJ osteoarthritis. *J Dent Res.* 2015 May;94(5):666-673. doi: 10.1177/0022034515574770. Epub 2015 Mar 5. PMID: 25744069.
28. Al-Ani Z. Temporomandibular joint osteoarthritis: A review of clinical aspects and management. *Prim Dent J.* 2021 Mar;10(1):132-140. doi: 10.1177/2050168420980977. PMID: 33722124.
29. Minervini G, Marrapodi MM, Siurkel Y, Cicciù M, Ronsivalle V. Accuracy of temporomandibular disorders diagnosis evaluated through the diagnostic criteria for temporomandibular disorder (DC/TMD) Axis II compared to the Axis I evaluations: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health.* 2024 Mar 2;24(1):299. doi: 10.1186/s12903-024-03983-7. PMID: 38431574; PMCID: PMC10909276.
30. Schiffman E, Ohrbach R, Truelove E, Look J, Anderson G, Goulet JP, et al. Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC/TMD) for Clinical and Research Applications: recommendations of the International RDC/TMD Consortium Network and Orofacial Pain Special Interest Group†. *J Oral Facial Pain Headache.* 2014 Winter;28(1):6-27. doi: 10.11607/jop.1151. PMID: 24482784; PMCID: PMC4478082.
31. Ahmad M, Schiffman EL. Temporomandibular joint disorders and orofacial pain. *Dent Clin North Am.* 2016 Jan;60(1):105-124. doi: 10.1016/j.cden.2015.08.004. Epub 2015 Oct 21. PMID: 26614951; PMCID: PMC6762033.
32. Ahmad M, Hollender L, Anderson Q, Kartha K, Ohrbach R, Truelove EL, et al. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders (RDC/TMD): development of image analysis criteria and examiner reliability for image analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009 Jun;107(6):844-860. doi: 10.1016/j.tripleo.2009.02.023. PMID: 19464658; PMCID: PMC3139469.
33. Mallya SM, Ahmad M, Cohen JR, Kaspo G, Ramesh A. Recommendations for imaging of the temporomandibular joint. Position statement from the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology and the American Academy of Orofacial Pain. *Oral Surg Oral Med*

- Oral Pathol Oral Radiol. 2022 Nov;134(5):639-648. doi: 10.1016/j.oooo.2022.06.007. Epub 2022 Jun 26. PMID: 35963768.
34. dos Anjos Pontual ML, Freire JS, Barbosa JM, Frazão MA, dos Anjos Pontual A. Evaluation of bone changes in the temporomandibular joint using cone beam CT. Dentomaxillofac Radiol. 2012 Jan;41(1):24-29. doi: 10.1259/dmfr/17815139. PMID: 22184625; PMCID: PMC3520276.
35. Massilla Mani F, Sivasubramanian SS. A study of temporomandibular joint osteoarthritis using computed tomographic imaging. Biomed J. 2016 Jun;39(3):201-206. doi: 10.1016/j.bj.2016.06.003. Epub 2016 Aug 31. PMID: 27621122; PMCID: PMC6138784.
36. Alexiou K, Stamatakis H, Tsiklakis K. Evaluation of the severity of temporomandibular joint osteoarthritic changes related to age using cone beam computed tomography. Dentomaxillofac Radiol. 2009 Mar;38(3):141-147. doi: 10.1259/dmfr/59263880. PMID: 19225084.
37. Toshima H, Ogura I. Characteristics of patients with temporomandibular joint osteoarthrosis on magnetic resonance imaging. J Med Imaging Radiat Oncol. 2020 Oct;64(5):615-619. doi: 10.1111/1754-9485.13054. Epub 2020 Jun 1. PMID: 32478461.
38. Cömert Kiliç S, Kiliç N, Sümbüllü MA. Temporomandibular joint osteoarthritis: cone beam computed tomography findings, clinical features, and correlations. Int J Oral Maxillofac Surg. 2015 Oct;44(10):1268-1274. doi: 10.1016/j.ijom.2015.06.023. Epub 2015 Jul 17. PMID: 26194774.
39. Bae S, Park MS, Han JW, Kim YJ. Correlation between pain and degenerative bony changes on cone-beam computed tomography images of temporomandibular joints. Maxillofac Plast Reconstr Surg. 2017 Jul 5;39(1):19. doi: 10.1186/s40902-017-0117-1. PMID: 28730147; PMCID: PMC5496923.
40. Yap AU, Lei J, Zhang XH, Fu KY. TMJ degenerative joint disease: relationships between CBCT findings, clinical symptoms, and signs. Acta Odontol Scand. 2023 Oct;81(7):562-568. doi: 10.1080/00016357.2023.2215317. Epub 2023 May 21. PMID: 37211630.

41. Bianchi J, Roberto Gonçalves J, Carlos de Oliveira Ruellas A, Vieira Pastana Bianchi J, Ashman LM, Yatabe M, et al. Radiographic interpretation using high-resolution Cbct to diagnose degenerative temporomandibular joint disease. PLoS One. 2021 Aug 10;16(8):e0255937. doi: 10.1371/journal.pone.0255937. PMID: 34375354; PMCID: PMC8354480.
42. Brandlmaier I, Grüner S, Rudisch A, Bertram S, Emshoff R. Validation of the clinical diagnostic criteria for temporomandibular disorders for the diagnostic subgroup of degenerative joint disease. J Oral Rehabil. 2003 Apr;30(4):401-406. doi: 10.1046/j.1365-2842.2003.01035.x. PMID: 12631164.
43. Campos MI, Campos PS, Cangussu MC, Guimarães RC, Line SR. Analysis of magnetic resonance imaging characteristics and pain in temporomandibular joints with and without degenerative changes of the condyle. Int J Oral Maxillofac Surg. 2008 Jun;37(6):529-534. doi: 10.1016/j.ijom.2008.02.011. Epub 2008 Apr 28. PMID: 18440778.
44. Badel T, Marotti M, Kraljević Šimunković S, Keros J, Kern J, Krolo I. Radiological characteristics of osteoarthritis of temporomandibular joint without disc displacement. Period Biol. 2009;111(2):289-292.
45. Kiliç SC, Kiliç N, Güven F, Sümbüllü MA. Is magnetic resonance imaging or cone beam computed tomography alone adequate for the radiological diagnosis of symptomatic temporomandibular joint osteoarthritis? A retrospective study. Int J Oral Maxillofac Surg. 2023 Nov;52(11):1197-1204. doi: 10.1016/j.ijom.2023.04.005. Epub 2023 May 17. PMID: 37208280.
46. Cortés D, Exss E, Marholz C, Millas R, Moncada G. Association between disk position and degenerative bone changes of the temporomandibular joints: an imaging study in subjects with TMD. Cranio. 2011 Apr;29(2):117-126. doi: 10.1179/crn.2011.020. Erratum in: Cranio. 2011 Oct;29(4):A-5. Sylvester, Daniel Cortés [corrected to Cortés, Daniel]. PMID: 21661586.
47. Dias IM, Coelho PR, Picorelli Assis NM, Pereira Leite FP, Devito KL. Evaluation of the correlation between disc displacements and degenerative bone changes of the

- temporomandibular joint by means of magnetic resonance images. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2012 Sep;41(9):1051-1057. doi: 10.1016/j.ijom.2012.03.005. Epub 2012 Mar 31. PMID: 22464851.
48. Fan PD, Han SLR, Cheng QY, Dan RC, Cheng JX, Tian YH, et al. Exploring the effect of disc displacement on the risk and severity of condylar erosion in adult temporomandibular disorder patients: A CBCT and MRI study. *J Oral Rehabil*. 2024 Jul;51(7):1166-1174. doi: 10.1111/joor.13688. Epub 2024 Mar 21. PMID: 38514933.
49. Matsubara R, Yanagi Y, Oki K, Hisatomi M, Santos KC, Bamgbose BO, et al. Assessment of MRI findings and clinical symptoms in patients with temporomandibular joint disorders. *Dentomaxillofac Radiol*. 2018 May;47(4):20170412. doi: 10.1259/dmfr.20170412. Epub 2018 Feb 22. PMID: 29451403; PMCID: PMC5991762.
50. Takahara N, Nakagawa S, Sumikura K, Kabasawa Y, Sakamoto I, Harada H. Association of temporomandibular joint pain according to magnetic resonance imaging findings in temporomandibular disorder patients. *J Oral Maxillofac Surg*. 2017 Sep;75(9):1848-1855. doi: 10.1016/j.joms.2017.03.026. Epub 2017 Mar 24. PMID: 28413149.
51. Emshoff R, Brandlmaier I, Bertram S, Rudisch A. Relative odds of temporomandibular joint pain as a function of magnetic resonance imaging findings of internal derangement, osteoarthritis, effusion, and bone marrow edema. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2003 Apr;95(4):437-445. doi: 10.1067/moe.2003.95. PMID: 12686927.
52. Palconet G, Ludlow JB, Tyndall DA, Lim PF. Correlating cone beam CT results with temporomandibular joint pain of osteoarthritic origin. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012 Feb;41(2):126-130. doi: 10.1259/dmfr/60489374. Epub 2011 Nov 24. PMID: 22116122; PMCID: PMC3520377.
53. Badel T, Marotti M, Savić-Pavicin I, Zadavec D, Kern J. Radiographic validation of manual functional analysis of temporomandibular joint osteoarthritis. *Acta Clin Croat*. 2012 Mar;51(1):35-42. PMID: 22924180.

54. Pandey U, Sattur AP, Burde K, Radke J. Correlation of clinical and radiographic characteristics in patients with arthrogenous temporomandibular disorders. *Adv Dent Tech.* 2020;58-67.
55. Jeon KJ, Lee C, Choi YJ, Han S-S. Comparison of the usefulness of CBCT and MRI in TMD patients according to clinical symptoms and age. *Appl Sci (Basel).* 2020;10(10):3599. doi: 10.3390/app10103599.
56. Laškarin M. Radiološka i klinička obilježja djelomičnoga pomaka zglobne pločice u pacijenata s poremećajem čeljusnoga zgloba [dissertation]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet; 2014.
57. Emshoff R, Bertram A, Hupp L, Rudisch A. Condylar erosion is predictive of painful closed lock of the temporomandibular joint: a magnetic resonance imaging study. *Head Face Med.* 2021 Sep 10;17(1):40. doi: 10.1186/s13005-021-00291-1. PMID: 34507596; PMCID: PMC8431861.
58. Zhang Q, Ye Z, Wu Y, Zhu Y, Liu J, Yang W, et al. Nonlinear relationship between temporomandibular joint disc displacement distance and disc length: A magnetic resonance imaging analysis. *J Clin Med.* 2022 Dec 1;11(23):7160. doi: 10.3390/jcm11237160. PMID: 36498733; PMCID: PMC9741082.
59. Schnabl D, Pamminer D, Rohde S, Hupp L, Rudisch A, Emshoff R. Prevalence of degenerative alterations of osseous temporomandibular joint structures in cone beam computed tomograms in a consecutive sample of young adults. A retrospective study. *Clin Oral Investig.* 2025;29(11):523. PMID: 41117949.
60. Astudillo Uchupaille AM, Palacios Astudillo IA, Abad Salinas YR, Romero Rodríguez VP, Bravo Torres WD. Prevalence of osteoarthritis using cone beam in patients at the University of Cuenca. *Clin Exp Dent Res.* 2026;12(2):e70344. PMID: 42035461.
61. Bedran LM, Dos Santos AASMD. Changes in temporomandibular joint anatomy, changes in condylar translation, and their relationship with disc displacement: magnetic resonance

- imaging study. *Radiol Bras.* 2019 Mar-Apr;52(2):85-91. doi: 10.1590/0100-3984.2018.0020. PMID: 31019336; PMCID: PMC6472865.
62. Hussain AM, Packota G, Major PW, Flores-Mir C. Role of different imaging modalities in assessment of temporomandibular joint erosions and osteophytes: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008 Feb;37(2):63-71. doi: 10.1259/dmfr/16932758. PMID: 18239033.
63. Valesan LF, Da-Cas CD, Réus JC, Denardin ACS, Garanhani RR, Bonotto D, et al. Prevalence of temporomandibular joint disorders: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2021 Feb;25(2):441-453. doi: 10.1007/s00784-020-03710-w. Epub 2021 Jan 6. PMID: 33409693.
64. Zieliński G, Pająk-Zielińska B, Ginszt M. A meta-analysis of the global prevalence of temporomandibular disorders. *J Clin Med.* 2024 Feb 28;13(5):1365. doi: 10.3390/jcm13051365. PMID: 38592227; PMCID: PMC10931584.
65. Zieliński G, Pająk-Zielińska B. Association between estrogen levels and temporomandibular disorders: An updated systematic review. *Int J Mol Sci.* 2024 Sep 12;25(18):9867. doi: 10.3390/ijms25189867. PMID: 39337355; PMCID: PMC11432328.
66. Galhardo APM, Mukai MK, Baracat MCP, da Fonseca AM, Roa CL, Sorpreso ICE, et al. Does temporomandibular disorder correlate with menopausal symptoms? *Menopause.* 2022 Jun 1;29(6):728-733. doi: 10.1097/GME.0000000000001962. PMID: 35544600.
67. Alzahrani A, Yadav S, Gandhi V, Lurie AG, Tadinada A. Incidental findings of temporomandibular joint osteoarthritis and its variability based on age and sex. *Imaging Sci Dent.* 2020 Sep;50(3):245-253. doi: 10.5624/isd.2020.50.3.245. Epub 2020 Sep 16. PMID: 33005582; PMCID: PMC7506092.
68. Qin H, Guo S, Chen X, Liu Y, Lu L, Zhang M, et al. Clinical profile in relation to age and gender of patients with temporomandibular disorders: a retrospective study. *BMC Oral Health.* 2024 Aug 16;24(1):955. doi: 10.1186/s12903-024-04736-2. PMID: 39152429; PMCID: PMC11330063.

69. Wu Z, Lin Y, Lin Y. Impact of age on degenerative joint disease of the temporomandibular joint: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2025;104(17):e41915. PMID: 40295246.
70. Emshoff R, Rudisch A, Bertram S. Clinical factors associated with radiographic severity of progressive temporomandibular joint osteoarthritis: a retrospective CBCT study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2025;26:880. doi: 10.1186/s12891-025-09149-y.
71. Chen Y, Zhang X, Xia C, Tang L, Chen ME, Huang S, et al. Characteristics of temporomandibular joint osteoarthritis patients with condylar erosion: A retrospective cross-sectional study. *J Oral Rehabil*. 2025 Feb;52(2):208-221. doi: 10.1111/joor.13894. Epub 2024 Nov 12. PMID: 39532685.
72. Öçal MÇ, Daldal M, Baybars SC, Katı E. Radiographic evaluation of degenerative findings in the temporomandibular joint using CBCT: a prevalence-based study. *BMC Oral Health*. 2026 Mar 9;26(1):935. doi: 10.1186/s12903-026-08065-4. PMID: 41796323; PMCID: PMC13231658.
73. Song HJ, Choi HM, Shin BM, Kim YJ, Park MS, Kim C. Age-stratified analysis of temporomandibular joint osteoarthritis using cone-beam computed tomography. *Imaging Sci Dent*. 2024;54(1):71-80. PMID: 38571965.
74. Del Rey YC, Parize H, Oliveira-Santos C, Almeida MG. Loose intra-articular body in the temporomandibular joint: case report of a successful conservative management. *Eur Ann Dent Sci*. 2021;48(2):69-73.
75. Koç N. Evaluation of osteoarthritic changes in the temporomandibular joint and their correlations with age: A retrospective CBCT study. *Dent Med Probl*. 2020;57(1):67-72.
76. Alkurt MT, Özdede M. Temporomandibular Eklemin Kemiksel Patolojilerinin Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi İle Retrospektif Olarak Belirlenmesi. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg*. 2016;26(3):421-428. doi: 10.17567/dfd.277843.

77. Görürgöz C, İçen M, Kurt MH, Aksoy S, Bakırarar B, Rozylo-Kalinowska I, et al. Degenerative changes of the mandibular condyle in relation to the temporomandibular joint space, gender and age: a multicenter CBCT study. *Dent Med Probl.* 2023;60(1):127-135.
78. de Almeida D, de Souza PSAP, de Mendonça LP, Verner FS, Devito KL. Intra-articular calcifications of the temporomandibular joint and associations with degenerative bone alterations. *Imaging Sci Dent.* 2020;50(2):99-104. PMID: 32601584.
79. Yılmaz D, Kamburoğlu K. Comparison of the effectiveness of high resolution ultrasound with MRI in patients with temporomandibular joint disorders. *Dentomaxillofac Radiol.* 2019 Jul;48(5):20180349. doi: 10.1259/dmfr.20180349. Epub 2019 Feb 28. PMID: 30810356; PMCID: PMC6747419.
80. Lee C, Jeon KJ, Han SS, Kim YH, Choi YJ, Lee A, et al. CT-like MRI using the zero-TE technique for osseous changes of the TMJ. *Dentomaxillofac Radiol.* 2020 Mar;49(3):20190272. doi: 10.1259/dmfr.20190272. Epub 2019 Nov 12. PMID: 31670578; PMCID: PMC7068078.
81. Larheim TA, Abrahamsson AK, Kristensen M, Arvidsson LZ. Temporomandibular joint diagnostics using CBCT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44(1):20140235. doi: 10.1259/dmfr.20140235. PMID: 25369205; PMCID: PMC4277441.
82. Alkhader M, Ohbayashi N, Tetsumura A, Nakamura S, Okochi K, Momin MA, et al. Diagnostic performance of magnetic resonance imaging for detecting osseous abnormalities of the temporomandibular joint and its correlation with cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2010 Jul;39(5):270-276. doi: 10.1259/dmfr/25151578. PMID: 20587650; PMCID: PMC3520245.
83. Al-Saleh MA, Alsufyani NA, Saltaji H, Jaremko JL, Major PW. MRI and CBCT image registration of temporomandibular joint: a systematic review. *J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2016 May 10;45(1):30. doi: 10.1186/s40463-016-0144-4. PMID: 27164975; PMCID: PMC4863319.

84. Silva MAG, Pantoja LLQ, Dutra-Horstmann KL, Valladares-Neto J, Wolff FL, Porporatti AL, et al. Prevalence of degenerative disease in temporomandibular disorder patients with disc displacement: A systematic review and meta-analysis. *J Craniomaxillofac Surg.* 2020 Oct;48(10):942-955. doi: 10.1016/j.jcms.2020.08.004. Epub 2020 Aug 25. PMID: 32896478.
85. Topaloglu Yasan G, Adiloglu S, Tuz HH, Sahar D. Evaluation of clinical signs and magnetic resonance imaging findings in patients with temporomandibular disorders. *J Craniomaxillofac Surg.* 2023 Jul-Aug;51(7-8):441-447. doi: 10.1016/j.jcms.2023.08.013. Epub 2023 Aug 16. PMID: 37604767.
86. de Farias JF, Melo SL, Bento PM, Oliveira LS, Campos PS, de Melo DP. Correlation between temporomandibular joint morphology and disc displacement by MRI. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44(7):20150023. doi: 10.1259/dmfr.20150023. Epub 2015 Mar 25. PMID: 25806865; PMCID: PMC4628409.
87. Taşkaya-Yilmaz N, Oğütçen-Toller M. Magnetic resonance imaging evaluation of temporomandibular joint disc deformities in relation to type of disc displacement. *J Oral Maxillofac Surg.* 2001 Aug;59(8):860-865; discussion 865-866. doi: 10.1053/joms.2001.25015. PMID: 11474436.
88. Hosgor H. The relationship between temporomandibular joint effusion and pain in patients with internal derangement. *J Craniomaxillofac Surg.* 2019 Jun;47(6):940-944. doi: 10.1016/j.jcms.2019.03.010. Epub 2019 Mar 15. Erratum in: *J Craniomaxillofac Surg.* 2021 Aug;49(8):748. doi: 10.1016/j.jcms.2021.05.006. PMID: 30935852.
89. Mizuhashi F, Ogura I, Mizuhashi R, Watarai Y, Oohashi M, Suzuki T, et al. Examination of joint effusion magnetic resonance imaging of patients with temporomandibular disorders with disc displacement. *J Imaging.* 2024 Sep 27;10(10):241. doi: 10.3390/jimaging10100241. PMID: 39452404; PMCID: PMC11508675.
90. Roh HS, Kim W, Kim YK, Lee JY. Relationships between disk displacement, joint effusion, and degenerative changes of the TMJ in TMD patients based on MRI findings. *J*

- Craniomaxillofac Surg. 2012;40(3):283-286. doi: 10.1016/j.jcms.2011.04.005. PMID: 21620706.
91. Prenc M, Badel T, Bilić B, Drev EN, Hager J, Žižek H, et al. Correlation between osseous degenerative changes on cone beam computed tomography and disc displacement on magnetic resonance imaging in temporomandibular joint osteoarthritis. *Acta Stomatol Croat.* 2026;60(1):4-18. PMID: 41971965.
92. Ottersen MK, Larheim TA, Hove LH, Arvidsson LZ. Imaging signs of temporomandibular joint osteoarthritis in an urban population of 65-year-olds: A cone beam computed tomography study. *J Oral Rehabil.* 2023 Nov;50(11):1194-1201. doi: 10.1111/joor.13547. Epub 2023 Jul 5. PMID: 37356072.
93. Abrahamsson AK, Kristensen M, Arvidsson LZ, Kvien TK, Larheim TA, Haugen IK. Frequency of temporomandibular joint osteoarthritis and related symptoms in a hand osteoarthritis cohort. *Osteoarthritis Cartilage.* 2017 May;25(5):654-657. doi: 10.1016/j.joca.2016.12.028. Epub 2017 Jan 5. PMID: 28064031.
94. Yakkaphan P, Smith JG, Chana P, Renton T, Lambru G. Temporomandibular disorder and headache prevalence: A systematic review and meta-analysis. *Cephalalgia Rep.* 2022;5. doi: 10.1177/25158163221097352.
95. Cuenca-Martínez F, Herranz-Gómez A, Madroñero-Miguel B, Reina-Varona Á, La Touche R, Angulo-Díaz-Parreño S, et al. Craniocervical and cervical spine features of patients with temporomandibular disorders: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *J Clin Med.* 2020;9(9):2806. PMID: 32872670.
96. Badel T, Kes VB, Rosic D, Zadavec D, Kern J. Headache and cervical spine disturbances in a patient with osteoarthritis of temporomandibular joint – one-year-follow-up. *J Headache Pain.* 2014;15(Suppl 1):C5. PMCID: PMC4180156.
97. Alghadir AH, Anwer S, Iqbal A, Iqbal ZA. Test-retest reliability, validity, and minimum detectable change of visual analog, numerical rating, and verbal rating scales for measurement of osteoarthritic knee pain. *J Pain Res.* 2018;11:851-856. PMID: 29731662.

98. Wadhwa S, Skelton M, Fernandez E, Paek T, Levit M, Yin MT. Significance of radiographic temporomandibular degenerative joint disease findings. *Semin Orthod*. 2024 Jul;30(3):277-282. doi: 10.1053/j.sodo.2023.12.001. Epub 2023 Dec 10. PMID: 38983798; PMCID: PMC11230652.
99. Wu M, Almeida FT, Friesen R. A systematic review on the association between clinical symptoms and CBCT findings in symptomatic TMJ degenerative joint disease. *J Oral Facial Pain Headache*. 2021 Nov-Dec;35(4):332-345. doi: 10.11607/ofph.2953. PMID: 34990502.
100. Wu M, Lai H, Almeida FT, Friesen R. Exploring the association between clinical features and CBCT findings in TMJ degenerative joint disease. *J Oral Rehabil*. 2025 Jul;52(7):1043-1049. doi: 10.1111/joor.13970. Epub 2025 Apr 15. PMID: 40235098; PMCID: PMC12162413.
101. Kalladka M, Quek S, Heir G, Eliav E, Mupparapu M, Viswanath A. Temporomandibular joint osteoarthritis: diagnosis and long-term conservative management: a topic review. *J Indian Prosthodont Soc*. 2014 Mar;14(1):6-15. doi: 10.1007/s13191-013-0321-3. Epub 2013 Sep 22. PMID: 24604992; PMCID: PMC3935038.
102. Chung MK, Wang S, Alshanqiti I, Hu J, Ro JY. The degeneration-pain relationship in the temporomandibular joint: Current understandings and rodent models. *Front Pain Res (Lausanne)*. 2023 Feb 9;4:1038808. doi: 10.3389/fpain.2023.1038808. PMID: 36846071; PMCID: PMC9947567.
103. Jariyasakulroj S, Shu Y, Lin Z, Chen J, Chang Q, Ko PF, et al. Mapping cell diversity and dynamics in inflammatory temporomandibular joint osteoarthritis with pain at single-cell resolution. *JCI Insight*. 2025 Feb 10;10(3):e184379. doi: 10.1172/jci.insight.184379. PMID: 39927459; PMCID: PMC11948589.
104. Wojciechowska B, Szarmach A, Michcik A, Wach T, Drogoszewska B. Association between clinical manifestations in temporomandibular joint disorders and corresponding radiographic findings. *J Clin Med*. 2024;13(16):4886. doi: 10.3390/jcm13164886.

105. Arayasantiparb R, Mitirattanakul S, Kunasarapun P, Chutimataewin H, Netnoparat P, Sae-Heng W. Association of radiographic and clinical findings in patients with temporomandibular joints osseous alteration. *Clin Oral Investig*. 2020 Jan;24(1):221-227. doi: 10.1007/s00784-019-02945-6. Epub 2019 May 11. PMID: 31079244.
106. Li C, Chen B, Zhang R, Zhang Q. Comparative study of clinical and MRI features of TMD patients with or without joint effusion: a retrospective study. *BMC Oral Health*. 2024 Mar 9;24(1):314. doi: 10.1186/s12903-024-04065-4. PMID: 38461246; PMCID: PMC10924403.
107. Jeon KJ, Lee C, Choi YJ, Han SS. Analysis of three-dimensional imaging findings and clinical symptoms in patients with temporomandibular joint disorders. *Quant Imaging Med Surg*. 2021 May;11(5):1921-1931. doi: 10.21037/qims-20-857. PMID: 33936975; PMCID: PMC8047356.
108. Sang S, Ameli N, Almeida FT, Friesen R. Association between clinical symptoms and MRI image findings in symptomatic temporomandibular joint (TMJ) disease: A systematic review. *J Craniomaxillofac Surg*. 2024 Jul;52(7):835-842. doi: 10.1016/j.jcms.2024.04.006. Epub 2024 Apr 27. PMID: 38724287.
109. Klarić I, Badel T, Bašić Kes V, Ćimić S, Zadavec D. Temporomandibular joint disorder and headache – one-year-follow-up. *Period Biol*. 2015;117(2):261-266.

PRILOZI

Prilog 1. Obrazac korišten za potrebe ovog istraživanja

ime i prezime _____

datum pregleda _____

adresa _____

telefon _____

dijagnoza _____ e-pošta _____

V1_1 DOB _____ god. (_____) V2 SPOL 1 muško 2 žensko V3 Prebivalište 1 urbano 2 ruralno

V1_2 dob 1 <19 2 20-39 3 40-59 4 60+ V4 STRUČNA SPREMA 1 NSS 2 SSS 3 VŠS/VSS

V1_3 dob 1 <14 2 25-44 3 45-64 4 65+ V5 ZANIMANJE: 1 školovanje 2 zaposlen 3 mirovina

V1_4 dob 1 <19 2 20-59 3 60+ 4 nezaposlen 5 domaćica 6

V6 Iko je uputio: 1 sam, 2 student, 3 stomatolog, 4 oralni kirurg, 5 maksilofacijalni kirurg, 6 reumatolog, 7 opća medicina

8 radiolog; 9 neurolog; 10 ORL; 11 dentalna patologija; 12 ortodont; 13 prijateljica; 14 psihijatar; 15 protetičar

16 struka dr. stom. 17 oralna medicina 18 anesteziolog 19 hitna stomatologija 20

prethodna specijalistička obrada: V7_1 oralni kirurg 1 ne; 2 da V7_2 ORL 1 ne; 2 da V7_3 neurolog 1 ne; 2 da

V7_4 opća medicina 1 ne; 2 da V7_5 maksilo kirurg 1 ne; 2 da V7_6 reumatolog 1 ne; 2 da V7_7 ortodont 1 ne; 2 da

V7_8 protetičar 1 ne; 2 da V7_9 psihijatar 1 ne; 2 da V7_10 kiropraktičar 1 ne; 2 da V7_11 pedijatrija (dn bol) 1 ne; 2 da

V7_12 infektologija 1 ne; 2 da V7_13 parodontolog 1 ne; 2 da V7_14 okulist 1 ne; 2 da V7_15 oralna medicina 1 ne; 2 da

V7_16 neurokirurg 1 ne; 2 da V7_17 hitna medicina 1 ne; 2 da V7_18 radiolog 1 ne; 2 da V7_19 ortoped 1 ne; 2 da V7_20 dent patolog 1 ne; 2 da

V8_1 zvukovi LIJEVO 1 ne 2 škljocanje 3 krepitacija 4 oboje V7_22 _____ 2 da V7_20 broj ukupno _____

V9_1 zvukovi DESNO 1 ne 2 škljocanje 3 krepitacija 4 oboje

V10_1 patološki zvukovi u prethodnom razdoblju sada ne lijevo 1 ne 2 škljocanje 3 krepitacija 4 oboje

V10_2 patološki zvukovi u prethodnom razdoblju sada ne desno 1 ne 2 škljocanje 3 krepitacija 4 oboje

1 ne 2 da 1 ne 2 da

V12_1 Bol č. zgloba LIJEVO 1 ne 2 da V12_2 Bol č. zgloba DESNO 1 ne 2 da

V13_1 Bol u obrazima LIJEVO 1 ne 2 da V13_2 Bol u obrazima DESNO 1 ne 2 da

1 ne 2 bol 3 šum 4 oboje 1 ne 2 bol 3 šum 4 oboje

V15_1 Bol pri žvakanju LIJEVO 1 ne 2 da V15_2 Bol pri žvakanju DESNO 1 ne 2 da

V16_1 Bol pri jačem otvaranju LIJEVO 1 ne 2 da V16_2 Bol pri jačem otvaranju DESNO 1 ne 2 da

V17 ograničeno otv. usta 1 ne 2 da V18 MANIFESTACIJA BOLI 1. samo mirovanje 2. kod kretanja čeljusti 3. oboje

V19_1 trajanje boli 1 1/4 mjeseci 2 do 3 mj. 3 do 6 mj. 4 do 12 mj. 5 >12 mj

V19_2 bol trajanja: 1 do 0-6 mj. 2 do 7-12 mj. 3 13-14 mj. 4 25 mj. i duže

V19_3 1 0-3 mj. 2 4-12 mj. 3 >12 mj. V19_4 trajanje boli mjeseci _____

TMZ lijevo TMZ desno

V20_1 VAS kretanja _____ V21_1 VAS kretanja _____ V26_1 lijevo VAS lica _____

V21_2 VAS mirovanje _____ V24_2 VAS mirovanje _____ V27_2 desno VAS lica _____

V22_2 VAS palpacija _____ V25_2 VAS palpacija _____ V28_2 VAS vrat-zglobovi _____

V29_2 VAS glatvočija _____

V30_1 STAI-1 _____ V31_1 anks STAI 1 1 ne 2 da V32_1 STAI-2 _____ V32_2 anks STAI 2 1 ne 2 da

V33_1 PEČENJE U USTIMA 1 ne 2 da V33_2 KSEROSTOMIJA 1 ne 2 da V33_3 ZUBOBOLJA uz simptome 1 ne 2 da
V34_1 neuralgija 1 ne 2 da V35_1 neuralgija lijevo: V36_1 neuralgija desno: 1 ne
mjesto primarne neuralgične boli **sekundarna /druge orofacijalne boli** 2 I 3 II 4 III 5 I+II 6 I+III
7 II+III 8 sve tri
V37_1 bez obzira na stranu
1 ne 2 I 3 II 4 III
5 I+II 6 I+III 7 II+III 8 I+II+III sve grane

V38_1 primarna bol lica 1 ne 2 sjevajuća 3 rezanje/bodjenje iglom
4 struja/zarenje 5 trnjenje 6 pečenje 7 pulsacija 8
V38_2 background pain: 1 ne 2 nupa bol 3 pečenje 4 pulsacija
5 glavobolja 6 otečenost 7 trganje 8 trnjenje 9 podmuklo
10 pikanje iglom
V86_1 primarna bol: V86_2 sekundarna
1 kratkotrajna lokalizirana 2 dugotrajna difuzna 3 dugotrajna lokalizirana
V87_1 bol je po: 1 po danu 2 po noći 3 oboje
V88_1 lijevo 1 ne 2 da
V88_2 desno 1 ne 2 da
V89_1 perzistentna idiopatska bol lica 1 ne 2 da
V90_1 osjećaj strnog tijela u grlu 1 ne 2 da
V91_1 vertigo 1 ne 2 da V91_2 pareza facijalisa 1 ne 2 da
V91_3 multipla skleroza 1 ne 2 da
V92 SRCE: 1 ne 2 stenokardija 3 infarkt
V93_1 1 ne 2 tenzijska (temporarna) 3 migrena 4 cervikogena 5 glavob. & TMD 6 klaster 7 tumor 8
V93_2 1 ne 2 vrste: 2-3-5 3 4-7-x V93_3 1 ne 2 ima glavobolju bol i pulsacija temporalna + bol i na kretanje mandibule
V93_4 glavobolja: 1 epizodična (do 14 dana mjesečno) 2 kronična (15 i više dana mj.) V93_5 glavobolja 1 ne 2 primarna (2-3-6) 3 sekundarna
V94_0 pojava neuralgične boli: 1 ne 2 stalno 3 više puta dnevno 4 1x na dan 5 tjedno 6 mjesečno 7 sezonski 8
zahvati na zubima 1 ne V95_0 ekstrakcija V96_0 endodoncija V97_0 skidanje mosta V98_0 ponavljanje protetike
V99_0 apisitomija V100_0 kiretaža V101_0 implantati V102_0 alveoplastika
trigger: 1 ne 2 da V103_0 2 zatvaranje usta V104_0 2 otvaranje usta V105_0 govor V106_0 četkanje zubi V107_0 žvakanje
V108_0 hladnoća V109_0 toplina V110_0 pokreti glavom V111_0 stavljanje krunice V112_0 nervoza V113_0 buka V114_0 gutanje
V114_1 cervikobrah. CB sy 1 ne 2 da V114_2 kranijalni CC sy 1 ne 2 da V114_3 Sy cervicale 1 ne 2 da V114_4 L-S sindrom 1 ne 2 da V114_5 Th-seg. 1 ne 2 da
V114_6 radikularni sindrom SVI 1 ne 2 da V114_7 cervikalni sindromi 1 ne 2 CB 3 CC 4 CB&CC 5 Sy cervicale
V115_1 osteoartritis: TMZ i jedna dr. zglobov 1 ne 2 da V115_2 poliartritis (i sake) 1 ne 2 da V116_1 koljeno 1 ne 2 da V116_2 kuk 1 ne 2 da
V116_3 rame 1 ne 2 da V116_4 ručni 1 ne 2 da V116_5 gležanj 1 ne 2 da V116_6 lakat 1 ne 2 da V116_7 sakroilijski z. 1 ne 2 da
V117_1 autoimune bolesti 1 ne 2 Sjogren sy 3 reumat. art. 4 ankilozantni spondilitis 5 psorijatični artritis
V118 depresija/anksioznost 1 ne 2 da V119 denzitometrija 1 ne 2 normalno 3 PENIJA 4 POROZA V120 SINUS 1 ne 2 lijevi 3 desni 4 L+D
V121_1 1 ne 2 mobilni 3 fiksni 4 mobilni i fiksni V121_2 ortodoncija 1 ne 2 da
V121_3 subjektivni uspjeh 1 ne 2 da 3 ne znam V121_4 prije koliko godina bila terapija
V122_1 ORČA ANESTEZIJA/INTUBACIJA 1 ne 2 DA V122_2 prije mjeseci V122_3 nakon traumati simptomi mj.
V123_1 trajna ozljeda vrata (TOV) 1 ne 2 DA V123_2 TOV prije mjeseci V123_3 nakon traumati simptomi mj.
V124_1 koja vrsta traume 1 ne 2 sport direktni udarac 3 sport indirektni 4 udarac direktni 5 udarac indirektni (pad na lice)
V124_2 vrsta traume 1 ne 2 direktni udarac (2+4) 3 indirektni udarac (3+5)
V124_3 vrsta traume 1 ne 2 trauma u sportu (2+3) 3 udarac+pad na lice (4+5)
V124_4 trauma stomatološki zahvat 1 ne 2 ekstrakcija zubi 3 plombaranje 4 endodoncija 5 protetski radovi 6 rtg Schüller
V124_5 trauma prije koliko mjeseci V124_6 nakon SVIH traumati simptomi mjeseci
V125 PRETHODILO tegobama 1 ne 2 orofac. TRAUMA 3 otvorena usta 4 protetika 5 ortodoncija 6 TOV 7 nicanje umnjaka 8 intubacija
V126 GL. SIMPTOM 1 bol TMZ 2 škljocanje 3 kreptacija 4 limitacija otv. 5 neuralgična bol 6 trnjenje 7 glavobolja 8 sum u uhu/TMZ
9 subluksacija 10 zatvaranje usta 11 12
V127 poteškoća držanja otv. usta kod stomatologa 1 ne 2 da V128_1 BOLOVA ovisi o promjeni vremena 1 ne 2 da

V164_1 POTREBNA DEFINITIVNA TERAPIJA: 1 ne 2 prozetska 3 ortodonska 4 konzervativna 5 kirurška 6.....

V164_2 ortodontski indeks potrebe za terapijom: 1 2 3 4

V165 ZUBNA ABRAZIJA (Pullinger i Seligman modifikirano po John 1993,2002)

1 stupanj 0 (nema aticije) 2 stupanj 1 (minimalna kvržica i incizalnih bridova)
3 stupanj 2 (fasete paralelne s normalnim konutrama zubnih ploha) 4 stupanj 3 (zamjetno zaravnjenje u cikli)
5 stupanj 4 (gubitak kontura i ekspozicija dentina do polovice krune) 6 stupanj 5 (ekspozicija dentina za više od polovice krune)

VOĐENJE: V166_1 LATEROTRUZIJSKA STRANA V166_2 VOĐENJE MEDIOTRUZIJSKA STRANA

					uzete proteze u obzir samo ako ih nosi
1	očnjak/fronta obostrano	1	bez balansa obostrano		
2	grupno vođenje obostrano	2	balans obostrano		
3	L očnjak/fronta - D grupno	3	L balansa - D bez balansa		
4	L grupno - D očnjak/fronta	4	L bez balansa - D balansa		
5	distalni zubina obostrano	5	hiperbalans obostrano		
6	L distalni zubi - D grupno	6	L hiperbalans - D bez balansa		
7	L grupno - D distalni zubi	7	L bez balansa - D hiperbalans		
8	nonokluzija obostrano	8	L hiperbalans - D balans		
9	L nonokluzija - D očnjak/grupno	9	L balans - D hiperbalans		
10	L očnjak/grupno - D nonokluzija				
11	NEMA distalni zubi	11	NEMA distalni zubi		
12	L distalni zubi - D nonokluzija				
13	L nonokluzija - D distalni zubi				

V167 1 lijevo: 1 očnjak/fronta 2 grupno 3 balansirano 4 ipsilat. molar 5 hiperbalans 6 nema distalnih

V167 2 desno: 1 očnjak/fronta 2 grupno 3 balansirano 4 ipsilat. molar 5 hiperbalans 6 nema distalnih

V168 PROTITUZIJSKI DODIR: 1 obostrano fronta 2 jednostrano fronta 3 nema-interferencina distalnim 4 nema sve front zube
5 anomalija (otvorci, zagriz i sl.) 6 ne nosi proteze

V169_1 buktinarna zona LIJEVO 1 ne 2 da V169_2 buktinarna zona DESNO 1 ne 2 da

V170 aktivno otvaranje lijevo 1 ne 2 kreptus 3 škljocanje inicijalno-intermedijarno
4 škljocanje terminalno 5 kombinacija škljocanja i kreptusa 6 subluksacijsko namještanje 7 bolna subluksacija

V171 aktivno otvaranje desno 1 ne 2 kreptus 3 škljocanje inicijalno-intermedijarno
4 škljocanje terminalno 5 kombinacija škljocanja i kreptusa 6 subluksacijsko namještanje 7 bolna subluksacija

V172 lijevo 1 ne 2 kreptus s boli 3 škljocanje inicijalno-intermedijarno 4 bol : limitacijom 5 škljocanje subluksacijsko namještanje 6 bolna subluksacija 7 bolna subluksacija 8 bolna subluksacija 9 kreptus/bol/limitacija

V173 desno 1 ne 2 kreptus s boli 3 škljocanje inicijalno-intermedijarno 4 bol : limitacijom 5 škljocanje subluksacijsko namještanje 6 bolna subluksacija 7 bolna subluksacija 8 bolna subluksacija 9 kreptus/bol/limitacija

V174 dinamičke translacije lijevo 1 ne 2 škljocanje obostrano 3 škljocanje medijalno 4 škljocanje distalno V175 dinamičke translacije desno 1 ne 2 škljocanje obostrano 3 škljocanje medijalno 4 škljocanje distalno

V176_1 lijevo 1 ne 2 mastur 3 temporalis 4 oboje 5 digastrikus V176_2 desno 1 ne 2 mastur 3 temporalis 4 oboje 5 digastrikus

1 ne 2 da 3 ne zna se 1 ne 2 da 3 ne zna se

Dx 1 ne 2 D2 3 D3 4 D4 5 ne zna se Dx 1 ne 2 D2 3 D3 4 D4 5 ne zna se

kliničke dg i nalaza MR za lijevo kliničke dg i nalaza MR za desno

1 nema klinički OA 2 potvrđeno dg MFA 3 nepotvrđeno 1 nema klinički OA 2 potvrđeno dg MFA 3 nepotvrđeno

4 asimptomatski Dx 5 asimptomatski OA 4 asimptomatski Dx 5 asimptomatski OA

V183 kliničke dg i nalaza MR za V184 kliničke dg i nalaza MR za

1 nema klinički Dx 2 potvrđeno dg MFA 3 nepotvrđeno 1 nema klinički Dx 2 potvrđeno dg MFA 3 nepotvrđeno

4 asimptomatski Dx 5 asimptomatski OA 4 asimptomatski Dx 5 asimptomatski OA

8. ŽIVOTOPIS S POPISOM OBJAVLJENIH RADOVA

Životopis

Matea Prenc rođena je 25. veljače 1995. godine. Srednju školu završila je u Prirodoslovno-matematičkoj gimnaziji u Puli te je istodobno završila i Glazbenu školu „Ivan Matetić Ronjgov“, stekavši zvanje pijanistice.

Studij medicine upisala je 2013. godine na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, gdje je 2019. godine diplomirala i stekla akademski naziv doktorice medicine. Dobitnica je Dekanove nagrade za najbolju studenticu na prvoj godini studija.

Tijekom 2019. godine radila je kao liječnica u Objedinjenom hitnom bolničkom prijmu Kliničke bolnice „Sveti Duh“ u Zagrebu. Od 2020. do 2025. godine obavljala je specijalizaciju iz kliničke radiologije u Kliničkom bolničkom centru Sestre milosrdnice u Zagrebu. Godine 2025. stekla je zvanje specijalistice radiologije te Europsku diplomu iz radiologije (EDiR) 2026. godine.

Od 2020. godine zaposlena je kao asistentica na Stomatološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, gdje vodi vježbe i seminare iz opće i dentalne radiologije. Dobitnica je nagrade za najboljeg asistenta Stomatološkog fakulteta 2023. i 2025. godine.

Od rujna do prosinca 2024. godine boravila je na stručnom usavršavanju u sklopu ESOR stipendije na Odjelu za dijagnostičku i intervencijsku neuroradiologiju Instituta „Carlo Besta“ (Fondazione IRCCS) u Milanu.

Aktivno se služi engleskim i talijanskim jezikom. Članica je Europskog radiološkog društva (ESR) i Europskog društva za neuroradiologiju (ESNR).

Autorica je i koautorica više znanstvenih radova i nekoliko poglavlja u sveučilišnom udžbeniku, a rezultate svoga rada predstavila je na brojnim domaćim i međunarodnim znanstvenim i stručnim skupovima.

Popis objavljenih radova

i) Radovi objavljeni u časopisima u WoS Science Citation Indexu Expanded (WoS SCIE)
- kvartil prema Journal Citation Reports (JCR)

1. Dmytriw A, Kiani I, Salim H, Fastre S, Lefebvre T, Koren L, **Prenc M**, Brechbühl C, Ghinst MV, Scarcia L, Yedavalli V, Gorelik N, Boudiba Y, Lubicz B, Guenego A. Natural History of Bone Formation Following Venous Sinus Stenting. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2026 May 18:ajnr.A9424. doi: 10.3174/ajnr.A9424. Epub ahead of print. PMID: 42156123. **Q 1**

2. Van Schaik K, **Prenc M**, Tomorad M, Stimac I, Novak M, Eppenberger P, Čavka M. CT, MR, and isotope data of a mummified child from Zagreb Cathedral, Croatia: giving voice to the past through imaging. *Pediatr Radiol*. 2024;54(5):859-861. **Q 2**

3. Bajramagić S, Sever M, Rašić F, Starešinić M, Škrtić A, Beketić Orešković L, Orešković I, Štrbe S, Loga Zec S, Hrabar J, Ćorić L, **Prenc M**, Blagaić V, Brčić K, Boban Blagaić A, Seiwerth S, Sikirić P. Stable Gastric Pentadecapeptide BPC 157 and Intestinal Anastomoses Therapy in Rats – A Review. *Pharmaceuticals*. 2024;17(8):1081. **Q1**

4. **Prenc M**, Žižek H, Radić P, Škoro M, Novak AM, Čulo B, Kalousek V. Step-by-step venous navigation in treatment of tentorial dural arteriovenous fistula supplied by artery of Bernasconi and Cassinari. *Interv Neuroradiol*. 2024. doi:10.1177/15910199241258656 **Q 2**

5. Smoday IM, Krezić I, Kalogjera L, Vuković V, Žižek H, Škoro M, Kašnik Kovač K, Vraneš H, Barišić I, Sikirić S, Štrbe S, Tepeš M, Oroz K, Zubčić S, Stupnišek M, Beketić Orešković L, Kavelj I, Novosel L, **Prenc M**, Baršić Ostojić S, Dobrić I, Sever M, Boban Blagaić A, Škrtić A, Starešinić M, Sjekavica I, Seiwerth S, Sikirić P. Pentadecapeptide BPC 157 as Therapy for Inferior Caval Vein Embolization: Recovery of Sodium Laurate-Post-Embolization Syndrome in Rats. *Pharmaceuticals*. 2023;16(10):1507. **Q 1**

ii) Radovi objavljeni u časopisima u drugim bazama (WoS ESCI, Scopus itd.)

1. **Prenc M**, Badel T, Bilić B, Drev EN, Hager J, Žižek H, Smoljan Basuga M, Zadravec D. Correlation Between Osseous Degenerative Changes on CBCT and Disc Displacement on MRI in Temporomandibular Joint Osteoarthritis. *Acta Stomatol Croat.* 2026;60(1):4-18.

Q2 - rad proizašao iz doktorskog istraživanja

2. Smoljan Basuga M, Marelić M, Badel T, Škrinjar I, Lončar Brzak B, Klemenčić A, Flegarić Bradić M, **Prenc M**, Zadravec D. Significance of Calcifications in Projection of Carotid Arteries on Orthopantomography for Detection of Carotid Artery Stenosis. *Acta Stomatol Croat.* 2022;56(3):257-266. **Q 2**

3. Badel T, Vojnović S, Buković D, Zadravec D, Anić Milošević S, Smoljan Basuga M, **Prenc M**, Savić Pavičin I. The Asymmetry of the Mandible in Patients with Unilateral Temporomandibular Joint Disc Displacement Confirmed by Magnetic Resonance Imaging. *Acta Stomatol Croat.* 2023;57(2):167-176. **Q 2**

4. Basuga MS, Flegarić Bradić M, Klemenčić A, **Prenc M**, Rihtar T, Zadravec D. Cerebellar Cystic Metastasis – An Unusual Presentation of Prostate Adenocarcinoma Dissemination: A Case Report. *Clin Case Rep.* 2026;14(4):8. **Q 3**

5. **Prenc M**, Aurer B, Hat J, Fila J. Synchronous Presentation of Papillary Thyroid Carcinoma and Hodgkin Lymphoma – A Case Report. *Libri Oncol.* 2024;52(1):41-45. doi:10.20471/lo.2024.52.01.05. **Q 4**

6. **Prenc M**, Janko Labinac D, Radolović Prenc L, Flegarić Bradić M. A Rare Case of a Patient with Myotonic Dystrophy Type 1 and Multiple Sclerosis – A Case Report. *Medicina Fluminensis.* 2024;60(2):214-219. doi:10.21860/medflum2024_316227 **Q 4**

7. **Prenc M**, Sozio SJ, Tjan A, Kim S, Mukherji SK. CT and MR Imaging Findings of Lingual Nerve Perineural Spread. Neurographics. 2024;14(3):214-221. **Q 4**

iii) Sažetci s međunarodnih i domaćih kongresa

1. **Prenc M**, Žižek H, Rončević R, Didović I, Smoljan M, Badel T, Zadavec D. Correlation between the clinical diagnosis of temporomandibular joint osteoarthritis and the findings of magnetic resonance imaging and cone beam computed tomography. European Congress of Radiology (ECR 2025), 26. veljače – 2. ožujka 2025., Beč, Austrija
(međunarodni, oralna prezentacija proizašla iz rezultata doktorata)

2. **Prenc M**, Badel T, Zadavec D, Anić Milošević S, Smoljan Basuga M, Savić Pavičin I. Comparative analysis of temporomandibular joint (TMJ) by means of cone beam computed tomography (CBCT) and panoramic radiography in patients with and without osteoarthritis (OA). ESNR 46th Annual Meeting, 20.–24. rujna 2023., Beč, Austrija
(međunarodni, poster prezentacija proizašla iz rezultata doktorata)

3. Flegarić Bradić M, Smoljan Basuga M, **Prenc M**, Jednačak H, Ozretić D. Ruptured spinal arteriovenous malformation in a child – a case report. ESNR 46th Annual Meeting, 20.–24. rujna 2023., Beč, Austrija.

4. **Prenc M**, Badel T, Zadavec D, Smoljan Basuga M. Imaging findings in idiopathic resorption of mandibular condyle. ESHNR 34th Annual Meeting and Refresher Course, 6.–8. listopada 2022., Tallinn, Estonija.

5. **Prenc M**, Meštrović M, Zadavec D, Smoljan Basuga M. A rare case of otomastoiditis complicated by pneumocephalus, meningitis and cerebritis. ESER Annual Scientific Meeting, 22.–23. rujna 2022., Rim, Italija.

6. **Prenc M**, Sozio SJ, Tjan A, Kim S, Mukherji SK. CT and MR Imaging Findings of Lingual Nerve Perineural Spread. 61st ASNR Annual Meeting, 29. travnja – 3. svibnja 2023., Chicago, IL, SAD.