

# Primjena radiološke snimke u određivanju stadija spajanja epifiza s dijafizama dugih kostiju zgloba koljena u procjeni punoljetnosti u dvije različite populacije

---

**Mihanović, Frane**

**Doctoral thesis / Disertacija**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, School of Medicine / Sveučilište u Splitu, Medicinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:171:544601>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-09**



*Repository / Repozitorij:*

[MEFST Repository](#)



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
MEDICINSKI FAKULTET

**FRANE MIHANOVIĆ, mag. med. rad.**

**PRIMJENA RADIOLOŠKE SNIMKE U ODREĐIVANJU  
STADIJA SPAJANJA EPIFIZA S DIJAFIZAMA DUGIH  
KOSTIJU ZGLOBA KOLJENA U PROCJENI  
PUNOLJETNOSTI U DVIJE RAZLIČITE POPULACIJE**

DOKTORSKA DISERTACIJA

SPLIT, 2016.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
MEDICINSKI FAKULTET**

**Frane Mihanović**

**PRIMJENA RADIOLOŠKE SNIMKE U ODREĐIVANJU STADIJA  
SPAJANJA EPIFIZA S DIJAFIZAMA DUGIH KOSTIJU ZGLOBA  
KOLJENA U PROCJENI PUNOLJETNOSTI U DVIJE RAZLIČITE  
POPULACIJE**

**Doktorska disertacija**

**Akadska godina: 2015./2016.**

**Mentor:**

**Prof. dr. sc. Stipan Janković**

**U Splitu, lipanj 2016.**

Rad je izrađen pod mentorstvom prof. dr. sc. Stipana Jankovića na Sveučilištu u Splitu, Sveučilišnom odjelu za zdravstvene studije.

Istraživanje I koje se provodilo u uzorku populacije Italije (regija Umbrija) odobreno je od strane Etičkog povjerenstva za istraživanje na živim ispitanicima bolnice „Foligno Hospital“, Foligno.

Istraživanje II koje se provodilo u uzorku populacije Bosne i Hercegovine (regija Hercegovina) odobreno je od strane Etičkog povjerenstva Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Mostaru.

## Zahvala

*S pitanjem je li ovo kraj ili početak, s radošću se želim zahvaliti mnogim osobama.*

*Iskrenu zahvalnost upućujem prof. dr. sc. Stipanu Jankoviću koji me je svojim bogatim znanjem i velikim znanstvenim iskustvom vodio kroz proces realizacije ovog znanstvenog rada.*

*Neizmjernu zahvalnost izražavam doc. dr. sc. Ivanu Galiću na izuzetnoj podršci u organizaciji i provođenju istraživanja kao i u upornosti da me uvede u dio znanosti koja se bavi proučavanjem dobi.*

*Veliko hvala doc. dr. sc. Miru Miljku koji mi je nesebično pomagao u prikupljanju i evaluaciji radiološkog slikovnog materijala.*

*Zahvaljujem svim kolegicama i kolegama s poslijediplomskog studija na sugestijama, komentarima i zajedničkom radu, a posebno dr. sc. Tei Galić i dr. sc. Jošku Božiću.*

*Veliku zahvalnost dugujem kolegicama i kolegama sa Sveučilišnog odjela zdravstvenih studija Sveučilišta u Splitu, a posebno doc. dr. sc. Ani Jerončić; Ljubici Žunić, univ. spec. iur.; Mariji Kulić, dipl. iur.; Sonji Koren, prof.; Ani Stipčić, mag. soc. i Aniti Jukić, up. pravnik.*

*Hvala voditeljici službe za poslijediplomsku nastavu Mariti Maričić Mimici, prof. psihol., što je na svako moje pitanje imala odgovor.*

*Zahvaljujem i osobama koje ovdje nisu navedene, a sudjelovale su u izgradnji mene kao osobe i moje profesionalne karijere.*

*Neizmjerno hvala mojoj obitelji.*

# SADRŽAJ

SADRŽAJ.....	4
POPIS KRATICA I OZNAKA .....	5
1. UVOD .....	7
1.1 Biološka i forenzična antropologija.....	7
1.2 Zakonski akti (legislativa) .....	9
1.3 Procjena dobi pojedinca.....	11
2. CILJEVI I HIPOTEZE .....	14
2.1 Ciljevi istraživanja.....	14
2.2 Hipoteze istraživanja .....	14
3. METODE I MATERIJALI (ISPITANICI I POSTUPCI).....	15
3.1 Ispitanici i dizajn studije.....	15
3.2 Postupci .....	16
3.3 Materijali i uvjeti radiološkog snimanja.....	20
3.4 Statistički postupci i upravljanje podacima .....	21
4. REZULTATI.....	24
4.1 Uzorak u populaciji regija Umbrija (Italija).....	24
4.2 Uzorak u populaciji regija Hercegovina (Bosna i Hercegovina).....	33
5. RASPRAVA.....	42
6. ZAKLJUČAK .....	50
7. SAŽETAK.....	51
8. SUMMARY .....	53
9. POPIS LITERATURE .....	55
10. ŽIVOTOPIS .....	65

## POPIS KRATICA I OZNAKA

AGFAD	skupina za forenzičnu dijagnostiku dobi (engl. <i>Assesment Group on Forensic Age Diagnostics</i> )
BiH	Bosna i Hercegovina
MR	magnetna rezonancija
CT	kompjuterizirana tomografija
DF	distalni dio femura
PT	proksimalni dio tibije
PF	proksimalni dio fibule
SKJ	bodovni rezultat procjene svih epifiza zgloba koljena (engl. <i>Scoring Knee Joint</i> )
mA	mili Amper
mAs	mili Amper sekunda
kV	kilo Volt
Gy	Gray, jedinica za apsorbiranu dozu ionizirajućeg zračenja
mGy	mili Gray, jedinica za apsorbiranu dozu ionizirajućeg zračenja
μGy	mikro Gray, jedinica za apsorbiranu dozu ionizirajućeg zračenja
J	Joule, jedinica za energiju
Sv	Sievert, jedinica za ekvivalentnu dozu ionizirajućeg zračenja
mSv	mili Sievert, jedinica za ekvivalentnu dozu ionizirajućeg zračenja
μSv	mikro Sievert, jedinica za ekvivalentnu dozu ionizirajućeg zračenja
kg	kilogram
AGFA	tvrtka za proizvodnju digitalnih radioloških sustava i radnih stanica
PACS	sustav za pohranu radioloških snimaka (engl. <i>Picture Archiving and Communication System</i> )
RWT	metoda procjene koštane dobi (engl. <i>Roche - Wainer - Thissen method</i> )
SE	standardna pogreška (engl. <i>Standard Error</i> )
AUC	površina ispod krivulje (engl. <i>Area Under Curve</i> )
PIK	površina ispod krivulje
TP	stvarno pozitivan (engl. <i>True Positive values</i> )
FP	lažno pozitivan (engl. <i>False Positive values</i> )

FN	lažno negativan (engl. <i>False negative values</i> )
TN	stvarno negativan (engl. <i>True Negative values</i> )
Acc	točnost testa (engl. <i>Accurate classification</i> )
o	osjetljivost
s	specifičnost
Inf.	beskonačno (engl. <i>Infinity</i> )
J-indeks	Judenov indeks (engl. <i>Youden index</i> )
PPV	pozitivna prediktivna vrijednost (engl. <i>Positive Predictive Value</i> )
NPV	negativna prediktivna vrijednost (engl. <i>Negative Predictive Value</i> )
LR+	omjer vjerojatnosti pozitivnog testa (engl. <i>positive Likelihood Ratio</i> )
LR-	omjer vjerojatnosti negativnog testa (engl. <i>negative Likelihood Ratio</i> )
Bayes PTP	Bayesova vjerojatnost poslije testa (engl. <i>Bayes Post-Test Probability</i> )
95 % CI AUC-a	95 %-tni raspon pouzdanosti PIK-a
M	muškarci
I <sub>3M</sub>	indeks sazrijevanja trećeg kutnjaka (engl. <i>third molar index</i> )
Ž	žene
ROC curve	ROC krivulja (engl. <i>Receiver Operator Characteristic</i> )
EU	Europska unija
OECD	organizacija za ekonomsku suradnju i razvoj (engl. <i>The Organisation for Economic Co-operation and Development</i> )
AP	anteroposteriorno



## 1. UVOD

### 1.1 Biološka i forenzična antropologija

Antropologija je znanost koja se bavi proučavanjem čovjeka, a naziv potječe od grčkih riječi *anthros* (čovjek) i *logos* (znanost). Biološka antropologija dio je antropologije – znanosti koja se u najširem smislu bavi čovjekom istražujući njegovo podrijetlo, kao i biološke i kulturne značajke ljudske vrste u vremenu i prostoru na interdisciplinarni i komparativan način (1). Uz biološku antropologiju sačinjavaju je kulturna antropologija, arheologija te lingvistika. Kulturna antropologija proučava društvene vidove ljudskog društva, lingvistiku jezika i njegovu evoluciju, dok se arheologija bavi proučavanjem društava iz prošlosti pomoću materijalnih artefakata (2).

Biološka antropologija još se naziva i biologijom čovjeka, bioantropologijom, fizičkom antropologijom. Ova znanost proučava ljudsku biološku varijabilnost u prostoru i vremenu (1). Tijekom godina razvila su se i brojna potpodručja poput primatologije, paleoantropologije, biologije čovjeka, prehrane, genetike i osteologije (2).

Začetak biološke antropologije veže se uz anatora Jeana Josepha Suea, koji je krajem 18. stoljeća objavio rezultate mjerenja ljudskih tijela kao i mjere kostiju. U prvim se istraživanjima znanstvenici zanimaju za anatomske karakteristike, ali i mjerenja ljudskog tijela (antropometriju) i kostiju (osteometriju). Osim u Europi, antropologija se paralelno razvija i u Sjedinjenim Američkim Državama gdje Aleš Hrdlička osniva osteološku zbirku koja se danas sastoji od više od 33 000 kostura. Osim toga, pokreće i znanstveni časopis *American Journal of Physical Anthropology* specijaliziran za teme iz biološke antropologije.

U Hrvatskoj veliki doprinos razvoju ove znanosti daje geolog Dragutin Gorjanović Kramberger, koji predvodi istraživanja krapinskog Neandertalca s nalazišta Hušnjakovo brdo u Krapini (3). On je i pionir primjene radiografskih tehnika u biološkoj antropologiji te je samo sedam godina nakon otkrića rendgenskih zraka (1902. g.) koristio radiografiju za snimanje fosila pronađenih u Krapini stvorivši zbirku od 884 radiografske snimke. Proučavanje tako zabilježenih koštanih tumora, kirurških amputacija i osteoartritisa snažno je doprinijelo uvođenju radiografskih tehnika u biološku, a kasnije i u forenzičnu antropologiju (4). Metodologija dokumentiranja uzoraka snimljenih radiografskim tehnikama i dan danas se smatra zlatnim standardom (5). Osim njega, tijekom povijesti važan doprinos razvoju antropološke znanosti u Hrvatskoj dali su i drugi hrvatski znanstvenici (6-11), a u novije

vrijeme i današnji znanstvenici (12-20). Također, osnivanje Instituta za antropologiju (21), Hrvatskog antropološkog društva i časopisa *Collegium Antropologicum* dodatno osnažuje razvoj antropologije u Hrvatskoj te formiranje dviju zbirki koštanih ostataka, i to u Hrvatskoj akademiji znanosti i umjetnosti 1991. godine (22) i na Sveučilištu u Splitu 2009. godine, daje značajan poticaj razvoju ove znanosti u Hrvatskoj.

Tijekom Domovinskog rata i nakon njega na našim se prostorima javlja potreba za prihvaćanjem još jedne poddiscipline biološke antropologije u kojoj se njeni znanstveni potencijali primjenjuju u identifikaciji žrtava rata te u sudskim postupcima i istragama. Ta poddisciplina, temeljena na metodologijama antropologije i forenzične medicine, poznata je kao forenzična antropologija te postaje sastavni dio forenzičke znanosti (2, 23). U praktičnom smislu forenzična se antropologija ponajviše odnosi na utvrđivanja identiteta osoba te uzroka i načina smrti. Prilikom utvrđivanja identiteta forenzični antropolozi trebaju procijeniti podrijetlo, spol, dob, prosječnu tjelesnu visinu kao i različita individualna obilježja pomoću kojih bi se moglo doći do identifikacije (24, 25).

Jedna od metoda određivanja dobi je metoda koja uzima u obzir kronologiju spajanja epifiza s dijafizama. Tijekom rasta, dijafize i epifize su u dječjoj dobi u potpunosti odvojene, a tijekom puberteta započinje njihovo spajanje. Završetkom spajanja epifiza s dijafizama završava i rast. Zbog toga, procjena stupnja spajanja dijafiza i epifiza može dati podatke o stvarnoj dobi djeteta, odnosno adolescenta. (26-28).

## 1.2 Zakonski akti (legislativa)

Zakonski akti koji se odnose na pojmove djeteta, maloljetnika, punoljetnika kao i granice utvrđivanja kaznene odgovornosti regulirani su na svjetskoj razini kao i na razinama pojedinih država. Prema Konvenciji o pravima djeteta, dijete je svako ljudsko biće mlađe od 18 godina, osim ako se prema zakonu pojedine države koji se primjenjuje na dijete punoljetnost ne stječe ranije (29).

Republika Hrvatska prihvatila je Konvencije o pravima djeteta od 8. listopada 1991. godine prema Odluci o objavljivanju mnogostranih međunarodnih ugovora kojih je Republika Hrvatska jedna od ugovornih strana na temelju notifikacija o sukcesiji. Tu odluku donijela je Vlada Republike Hrvatske 30. rujna 1993. godine (30).

Valja napomenuti kako je definicija djeteta prema Konvenciji otvorila mogućnost pojedinoj državi da u okviru navedenog može imati svoje definicije, odnosno svojim zakonom ovu granicu i pomicati. Naše zakonodavstvo pojam djeteta spominje u zakonskim propisima koji određuju obiteljska, socijalna i kaznena prava, obveze i dužnosti djeteta, i to: u Obiteljskom zakonu, Zakonu o socijalnoj skrbi, Kaznenom zakonu, Zakonu o sudovima za mladež itd.

Zakon o socijalnoj skrbi (31) definira dijete kao osobu koja nije navršila osamnaest godina života (članak 4., st. 6.) kao i Kazneni zakon koji u članku 87., st.7. definira dijete na isti način, kao osobu koja nije navršila osamnaest godina života.

Prema članku 7. Kaznenog zakona (32) kazneno zakonodavstvo ne primjenjuje se prema djetetu koje u vrijeme počinjenja djela nije navršilo četrnaest godina. Osoba do navršenih četrnaest godina života nije kazneno odgovorna i prema njoj se ne može pokrenuti kazneni postupak, izricati prekršajne ili kaznene sankcije, već se postupa u okviru nadležnosti službe socijalne skrbi. Odredbe za mlade počinitelje kaznenih djela u materijalnom kaznenom pravu, odredbe o sudovima, o kaznenom postupku i o izvršenju sankcija te propisi o kaznenopravnoj zaštiti djece uređene su Zakonom o sudovima za mladež (33). U članku 2. maloljetnik je definiran kao osoba koja je u vrijeme počinjenja djela navršila četrnaest, a nije navršila osamnaest godina života, dok je mlađi punoljetnik osoba koja je u vrijeme počinjenja djela navršila osamnaest, a nije navršila dvadeset i jednu godinu života. Mlađi počinitelji kaznenih djela, prema važećoj zakonskoj regulativi, članku 5. istog Zakona, dijele se na mlađe maloljetnike i starije maloljetnike. Maloljetnik koji je u vrijeme počinjenja kaznenog djela navršio četrnaest, a nije navršio šesnaest godina života mlađi je maloljetnik, kojemu se mogu

izreći odgojne mjere i sigurnosne mjere. Maloljetnik koji je u vrijeme počinjenja kaznenog djela navršio šesnaest, a nije navršio osamnaest godina života stariji je maloljetnik, kojemu se osim odgojnih i sigurnosnih mjera može odrediti i maloljetnički zatvor.

Obiteljski zakoni Federacije Bosne i Hercegovine, Republike Srpske i Distrikta Brčko normiraju da se punoljetstvo stječe s navršenih osamnaest godina života (34-36).

Zakonom propisani osobni dokumenti i rodni list jedini su način određivanja točne dobi pojedinca. Ali, za one koji ne posjeduju dokumente, od najveće je važnosti utvrditi hoće li ih državna uprava i vlasti tretirati kao maloljetnike ili odrasle. To je važno ne samo u pravnim i kaznenim progonima već i u građanskim parnicama uključujući utvrđivanje npr. izbjegličkog statusa (25, 37-40). Pragovi punoljetnosti i dobna granica razlikuju se u različitim zemljama te se relevantna dob kaznene odgovornosti kreće između 14 i 18 godina (41-43). U Hrvatskoj, Italiji i Bosni i Hercegovini puna se odgovornost stječe s 18 godina (34-36, 44, 45).

### 1.3 Procjena dobi pojedinca

Za procjenu dobi pojedinca za kojeg nije dostupna zakonita dokumentacija forenzičari moraju koristiti etički i znanstveni pristup koji se oslanja na provjerene podatke o rastu i razvoju populacije (46-49). Ovaj pristup omogućuje stvaranje biološkog profila razvojnog statusa pojedinca nepoznate dobi, što je osnova za procjenu dobi. Taj se profil temelji na obilježjima (markerima) za rast pojedinih anatomskih struktura, uglavnom skeletnim (ruka i ručni zglob, duge kosti, kralješci, ključna kost) kao i anatomskih struktura orofacijalnog područja dentalne medicine (50-56). Mogućnost procjene dobi pomoću mjera kostiju i zubi važan je dio forenzične antropologije i može pomoći u pružanju dokaza u slučaju nezakonite migracije (24, 57).

Istraživačka skupina za forenzičnu dijagnostiku dobi AGFAD (engl. *Assesment Group on Forensic Age Diagnostics*) izradila je i dopunila smjernice za procjenu dobi, koje uključuju konsenzus među znanstvenicima o najprikladnijim metodama za korištenje u određenim situacijama; izradu preporuka za procjenu dobi i institucionalizaciju kontrole kvalitete, s posebnim naglaskom na osjetljive pravne i etičke implikacije (58). Cunha i suradnici (25) predlažu da u slučajevima procjene dobi, metoda koja se koristi treba biti primjenjiva i treba slijediti specifične protokole te biti predstavljena znanstvenoj zajednici, u pravilu objavljivanjem u recenziranim časopisima.

Jasni podatci koji se odnose na točnost procjene dobi primjenom ove metode trebaju biti dostupni, a u slučajevima procjene dobi kod živih pojedinaca, moraju se uzeti u obzir načela medicinske etike i pravni propisi (25). Prema AGFAD-u, skeletno sazrijevanje vrednuje se po radiografskoj snimci lijeve ruke; ako je okoštavanje završeno, potreban je dodatan pregled ključne kosti (58). Utjecaj rase, društveno-ekonomske, patološke, geografske i vremenske varijabilnosti na skeletni razvoj lijeve ruke detaljno su opisali Garamendi i suradnici (57).

Posebnu pozornost treba obratiti na moguće rizike od radioloških pregleda s preporukom izbjegavanja nepotrebnog ili predugog izlaganja rendgenskim zrakama. U novijoj literaturi vodi se snažna rasprava o različitim etičkim aspektima, različitim dobnim granicama u mnogim zemljama i razini vjerojatnosti koju zahtijevaju pravni propisi za procjenu dobi u kaznenim i građanskim predmetima (44, 59, 60). Isto tako, novija su istraživanja napravila značajan iskorak u primjeni neinvazivnih slikovnih postupaka u procjeni dobi živih ispitanika kao što su magnetska rezonancija (MR) i pregledi ultrazvukom (61-72).

Koljeno je anatomska struktura koja može pružiti veliku količinu podataka u istraživanjima za procjenu dobi ispitanika. Zglobne (artikulacijske) površine triju različitih kostiju i to: distalni dio femura (DF), proksimalni dio tibije (PT) i proksimalni dio fibule (PF) čine zglob koljena. To je anatomski prostor koji se može lako radiološki snimiti s niskim dozama zračenja, u anteroposteriornom (AP) smjeru i bez superponiranja drugih anatomskih struktura (73-75).

Postoje brojne druge antropološke studije koštanog sazrijevanja koljena na temelju proučavanja suhe kosti, korištenjem radioloških snimaka i magnetne rezonancije, ali razlikuju se s obzirom na brojne varijable kao što su: etnicitet, spol, raspon dobi, broj ispitanika te broj stadija spajanja epifiza i dijafiza kostiju (64, 65, 68, 69, 75-81).

Glavna je primjena Pyleovog i Hoerrovog (74) radiografskog atlasa koštanog razvoja dječjeg koljena iz 1955. godine u procjeni stupnja razvoja dječjeg koljena iz radiološke snimke. Radiografski je atlas temeljen na longitudinalnom istraživanju zdravih bijelih pojedinaca iz Clevelanda od rođenja do dobi od 18 godina. Ispitanici su bili muškarci i žene poznate dobi i povoljnog socijalnog statusa s ciljem proučavanja različitih utjecaja, poput prehrane ili bolesti, na rast i razvoj. Roche i sur. (81) uveli su postupak procjene koštane dobi koristeći samo anteroposteriornu snimku zgloba koljena RWT metodom (engl. *Roche - Wainer - Thissen method*). Za razliku od Pyleovog i Hoerrovog (74) atlasa, AP snimka koljena pruža normalne raspone koštane dobi i pogreške procjene. RWT metoda koristi ukupno šesnaest tibijalnih, dvanaest femoralnih i šest fibularnih pokazatelja i računalni program za procjenu koštanog sazrijevanja.

Najopsežnije i najpreciznije antropološko istraživanje zgloba koljena proveli su McKern i Stewart, koji su pregledali tijela mladih sjevernoameričkih vojnika ubijenih tijekom Korejskog rata (26). Oni su klasificirali procese spajanja epifiza s dijafizama koljena u pet stadija, od nezarastanja do potpune osifikacije (fiziološke sklerozacije). O'Connor i sur. (77) revidiraju ove stadije na suvremenom uzorku irskih pojedinaca u dobi od 9 do 19 godina, detaljno opisujući svaku pojedinu radiološku snimku specifičnu za pojedini stadij spajanja epifiza s dijafizama te proučavaju morfološke promjene na epifizama koljena pomoću sedam modificiranih RTW kriterija (od A do G). Osim toga, O'Connor i sur. (82) kreirali su specifičnu regresijsku formulu za izračun koštane dobi iz kombinacija morfoloških promjena u epifizama, dodajući tri stadija (od H do J). Morfološke i promjene epifize pojavile su se ranije kod žena u irskoj populaciji što odgovara prethodnim istraživanjima koljena (75).

Specifični populacijski raspon dobi spajanja epifize i dijafize dokumentirali su Schaefer i Black's (79) komparativnim istraživanjem epifiza koštanih ostataka mladih bosanskih muškaraca iz Srebrenice i sjevernoameričkih muškaraca iz Korejskog rata. Svaka od deset epifiza iz njihove studije dosegla je potpuno spajanje dijafize i epifize na uzorku bosanskih muškaraca, od jedne do tri godine ranije nego kod Sjevernoamerikanaca (79).

Cameriere i sur. (83) 2012. godine proučavali su spajanje epifiza i dijafiza na anteroposteriornoj radiološkoj snimci koljena u talijanskih ispitanika u dobi između 14 i 24 godine za procjenu vjerojatnosti da su napunili 18 godina života. U svom istraživanju oni razlikuju tri stadija konačnog spajanja epifiza distalnog dijela femura (DF), proksimalnog dijela tibije (PT) i proksimalnog dijela fibule (PF): Stadij 1, epifize nisu spojene; stadij 2, epifize su u potpunosti okoštale i epifizni „ožiljak“ je vidljiv; stadij 3, epifize su u potpunosti okoštale i epifizni „ožiljak“ nije vidljiv. Bodovi 0, 1 i 2 dodijeljeni su navedenim stadijima 1, 2 i 3. Na kraju, ukupan rezultat, odnosi se na sve spojeve epifiza s dijafizama dugih kostiju u zglobu koljena koji su nazvali SKJ (engl. *Scoring Knee Joint*) i predstavlja zbroj svih bodova stadija spajanja epifiza distalnog dijela femura, proksimalnog dijela tibije i proksimalnog dijela fibule. U ovom istraživanju najveća vrijednost točnosti (Acc, engl. *Accurency*) u razlikovanju između odraslih i maloljetnika dobiven je s SKJ rezultatom 3 (Acc = 91,38 %) za dječake i SKJ rezultatom 4 (Acc = 85.86 %) za djevojčice.

Nedavne studije su pokazale kako tragovi epifiznih „ožiljaka“ (fiziološko sklerozirano područje kosti) mogu ostati desetljećima nakon spajanja epifiza i dijafiza i zbog toga ne bi trebali biti korišteni kao dokazi o spajanju kostiju u svrhu procjene starosti (84-86). Istraživanja Faisant i sur. (86) također su pokazala da, ako su spojevi epifiza i dijafiza koljena klasificirani prema vidljivom ožiljku ili bez ožiljka, svi ispitanici klasificirani u skupini bez „ožiljka“ stari su minimalno 18 godina. Ako se želi izdvojiti ožiljak kao poseban stadij prijelaza između otvorenih epifiza i njihovog konačnog srastanja mora se i po svojoj definiciji nedvojbeno razlikovati od sraslih epifiza s vidljivim zaostalim tragovima epifiznog ožiljka. Ove studije pokazuju kako analiza radioloških snimaka koljena može dati korisne informacije o dobi osobe i doprinijeti odluci o procjeni punoljetnosti. Istraživanjem na novim uzorcima živih ispitanika u dvije različite populacije procijenit ćemo stadije spajanja epifiza i dijafiza zgloba koljena u odnosu na punoljetnu dob ispitanika (18 godina), uzimajući u obzir očekivanu prisutnost „ožiljaka“ u pojedinim ispitanika.

## 2. CILJEVI I HIPOTEZE

### 2.1 Ciljevi istraživanja

Ciljevi su istraživanja sukladni s problematikom i hipotezama istraživanja:

1. Procjena stupnjeva spajanja epifiza s dijafizama na distalnom dijelu femura, proksimalnom dijelu tibije i proksimalnom dijelu fibule na anteroposteriornim radiološkim snimkama zgloba koljena,
2. Ispitivanje pouzdanosti procjene punoljetnosti temeljem opisane metodologije SKJ,
3. Utvrđivanje populacijskih različitosti u procjeni punoljetnosti ispitanika dviju različitih etničkih skupina,
4. Utvrđivanje pouzdanosti procjene dobi, tj. punoljetnosti, koja će se moći koristiti u različiti medicinske i nemedicinske svrhe.

### 2.2 Hipoteze istraživanja

1. Postoji populacijska specifičnost u kronologiji spajanja epifiza i dijafiza dugih kostiju zgloba koljena.
2. Primijenjena metodologija moći će se primijeniti kao samostalna ili dodatna metoda za pouzdanu procjenu punoljetnosti ispitanika.
3. Podjela spajanja epifiza i dijafiza u tri stadija kojima se pridjeljuju bodovi 0, 1, 2 pouzdana je metodologija za procjenu dobi ispitanika.
4. Primjena rezultata analize svih triju epifiza dat će bolje rezultate procjene punoljetnosti osoba u usporedbi s rezultatima analize pojedinih epifiza, odnosno epifiza pojedinačnih kostiju.
5. Primijenjena metodologija SKJ može biti visoko pouzdana i vrlo korisna u određivanju dobi punoljetnika ispitanika.



### 3. ISPITANICI I POSTUPCI

#### 3.1 Ispitanici i dizajn studije

U dvije populacije (Umbrija, Italija i Hercegovina, Bosna i Hercegovina) provedeno je presječno, retrospektivno istraživanje na anteroposteriornim radiološkim snimkama lijevog koljena, snimljenim od 2013. do kraja 2015. godine.

Iz istraživanja su isključene radiološke snimke koje pokazuju frakture ili dislokacije te one snimke na kojima su vidljivi kirurški implantati ili sredstva za fiksiranje u blizini dijafizno-epifiznog spoja. Također su isključene radiološke snimke dobivene od ispitanika s kroničnim bolestima ili s poznatim endokrinim, metaboličkim ili prehrambenim poremećajima koji mogu značajno promijeniti razvoj skeleta. Socioekonomski status kao i natjecateljske sportske aktivnosti sudionika u ovom istraživanju nisu ispitane.

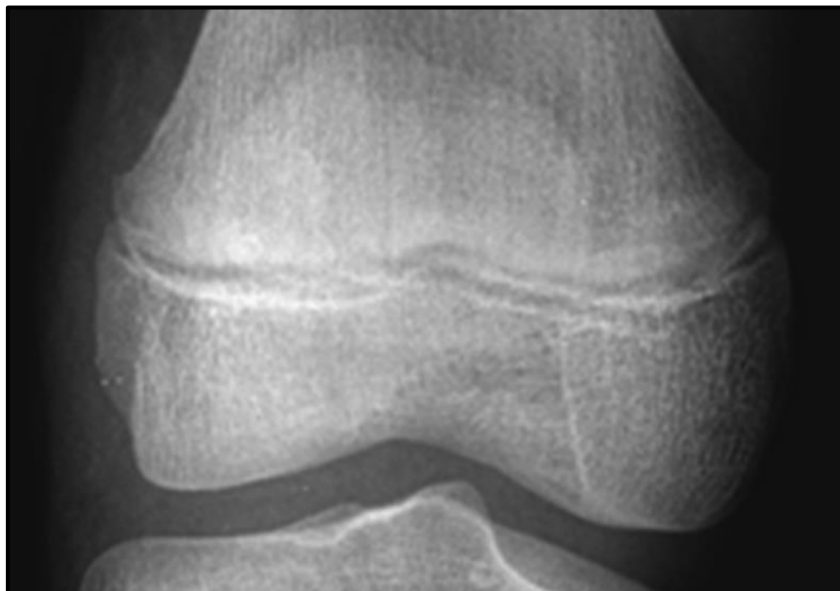
U regiji Umbriji (Italija) u bolnici „*Foligno Hospital*“ prikupljanje radioloških snimaka za istraživanje provedeno je poštujući temeljne etičke principe Helsinške deklaracije (87). Etičko povjerenstvo za istraživanja na živim ispitanicima u bolnici „*Foligno Hospital*“ odobrilo je studiju. Analizirano je ukupno 446 radioloških snimaka talijanskih ispitanika bijele rase (234 muškaraca i 212 žena), u dobi između 12 i 26 godina. Indikacije za radiološko snimanje ispitanika su: moguće koštano zglobne ozljede na regiji koljena, bol i otok zgloba koljena, *osteochondritis dissecans* i ortopedski pregledi.

U regiji Hercegovina (Bosna i Hercegovina) prikupljanje radioloških snimaka za istraživanje provedeno je poštujući temeljne etičke principe Helsinške deklaracije (87). Etičko povjerenstvo Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Mostaru odobrilo je provođenje istraživanja. Za istraživanje je pregledano 750 radioloških snimaka od kojih je 66 isključeno iz istraživanja jer nisu zadovoljili kriterije uključenja u studiju. Analizirane su ukupno 684 radiološke snimke ispitanika bijele rase (310 žena i 374 muškarca), u dobi između 10 i 27 godina. I u ovom uzorku ispitanika, indikacije za radiološko snimanje ispitanika bile su: moguće koštano zglobne ozljede na regiji koljena, bol i otok zgloba koljena, *osteochondritis dissecans* i ortopedski pregledi.

## 3.2 Postupci

Stupanj spajanja epifiza DF, PT i PF odvojeno je procijenjen prema tri različita stadija kako slijedi:

1. Stadij 1, ako epifize nisu spojene (Slike 1a, 2a i 3a),
2. Stadij 2, epifiza je spojena, epifizni ožiljak jasno je vidljiv, u potpunosti se širi na cijelu dužinu u mediolateralnom smjeru, gdje bočne strane možda neće biti potpuno okoštale (Slike 1b, 2b i 3b),
3. Stadij 3, epifiza je u potpunosti okoštala i tragovi epifiznog ožiljka mogu se prepoznati kao fiziološko sklerozirano područje (Slike 1c, 2c i 3c).



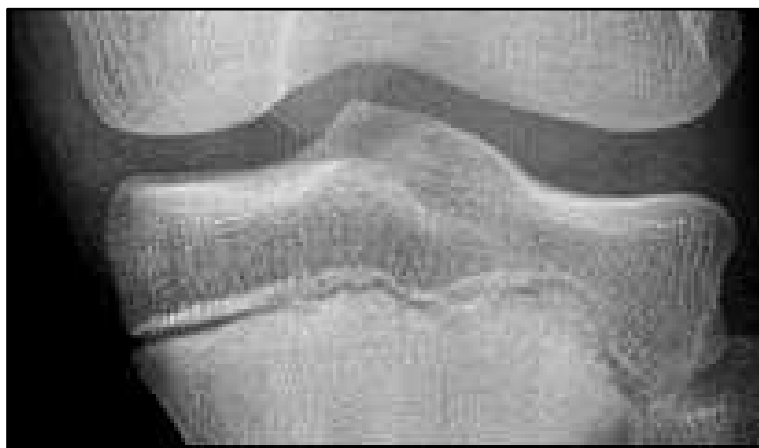
Slika 1a. Stadij 1, epifiza distalnog dijela femura nije spojena.



Slika 1b. Stadij 2, epifiza distalnog dijela femura je spojena, epifizni ožiljak jasno je vidljiv, u potpunosti se širi na cijelu dužinu u mediolateralnu smjeru, gdje bočne strane možda neće biti potpuno okoštale.



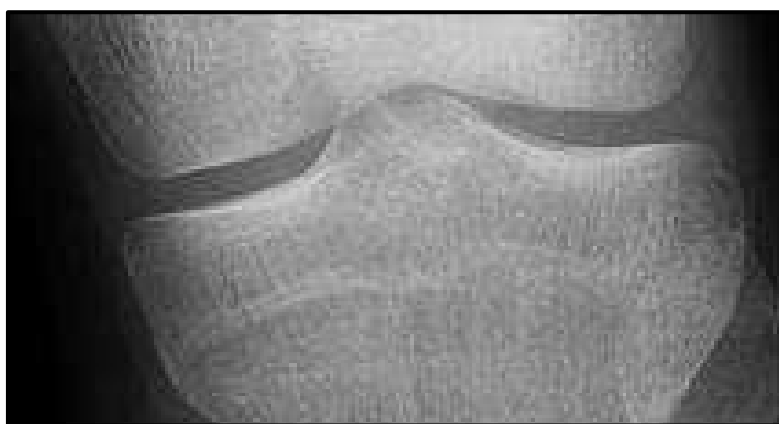
Slika 1c. Stadij 3, epifiza distalnog dijela femura u potpunosti je okoštala i tragovi epifiznog ožiljka mogu se prepoznati kao fiziološko sklerozirano područje.



Slika 2a. Stadij 1, epifiza proksimalnog dijela tibije nije spojena.



Slika 2b. Stadij 2, epifiza proksimalnog dijela tibije je spojena, epifizni ožiljak jasno je vidljiv, u potpunosti se širi na cijelu dužinu u mediolateralnu smjeru, gdje bočne strane možda neće biti potpuno okoštale.



Slika 2c. Stadij 3, epifiza proksimalnog dijela tibije u potpunosti je okoštala i tragovi epifiznog ožiljka mogu se prepoznati kao fiziološko sklerozirano područje.



Slika 3a. Stadij 1, epifiza proksimalnog dijela fibule nije spojena.



Slika 3b. Stadij 2, epifiza proksimalnog dijela fibule je spojena, epifizni ožiljak jasno je vidljiv, u potpunosti se širi na cijelu dužinu u mediolateralnu smjeru, gdje bočne strane možda neće biti potpuno okoštale.



Slika 3c. Stadij 3, epifiza proksimalnog dijela fibule u potpunosti je okoštala i tragovi epifiznog ožiljka mogu se prepoznati kao fiziološko sklerozirano područje.

Stadiji spajanja (1, 2 i 3) epifiza distalnog dijela femura, proksimalnog dijela tibije i proksimalnog dijela fibule u rezultatima su bodovani s 0, 1 i 2, a zbroj bodova svih triju epifiza predstavlja njihov ukupan rezultat (0 do 6) ili SKJ. Posebnu pozornost treba obratiti kada epifiza femura ili tibije pokazuje potpuno okoštavanje, ali se uočava s bočne strane kako nije potpuno okoštala (83). Stadiju sazrijevanja u tom je slučaju dodijeljen bod 1. U slučajevima nesigurnosti tijekom procjene, dodijelit će se niži stadiji u skladu s načelom „korist od sumnje“ u ovom slučaju u korist ispitanika (engl. *The principle of benefit of the doubt*, lat. *In dubio pro reo*) koje se koristi u kaznenom postupku.

### 3.3 Materijali i uvjeti radiološkog snimanja

Sve radiološke snimke dobivene su s istim postavkama radiološkog uređaja i tehničkim uvjetima snimanja: fokus film udaljenost 110 cm, bez rešetke, 110 mA, 7 mAs, 55 kV, kazeta veličine 24x30 cm, s radnom stanicom za analizu digitalnih slika tvrtke AGFA s PACS (engl. *Picture Archiving and Communication System*) sustavom za pohranu radioloških slika. Kronološka je dob za svakog sudionika izračunata kao razlika između datuma rođenja i datuma radiološkog snimanja.

### 3.4 Statistički postupci i upravljanje podacima

Računalni su programi MS Excel 2003 (Microsoft Office 2003, Microsoft, Redmond, WA) i IBM SPSS Statistics 17.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL) korišteni za upravljanje podacima te za statističku analizu i obradu podataka.

Procijenjeni stadiji spajanja epifiza (1, 2 i 3) distalnog dijela femura (DF), proksimalnog dijela tibije (PT) i proksimalnog dijela fibule (PF) u rezultatima su bodovani s 0, 1 i 2, kao i ukupni rezultat bodovanja i izračun SKJ kako je prikazano u Tablici 1.

Tablica 1. Bodovanje stadija spajanja epifiza i dijafiza kostiju zgloba koljena prema metodi SKJ

Stadij	Bodovi po stadijima kostiju zgloba koljena		
	Distalni dio femura (DF)	Proksimalni dio tibije (PT)	Proksimalni dio fibule (PF)
Stadij 1	0	0	0
Stadij 2	1	1	1
Stadij 3	2	2	2

Za testiranje pouzdanosti u procjeni stadija DF, PT, PF te SKJ stadija sazrijevanja epifize pojedinog istraživača te pouzdanosti procjene između različitih istraživača koristili smo Cohen Kappa test. Kako bi se procijenila istraživačka pogreška pojedinog istraživača (engl. *intraobserver variability*), tj. procjena ponovljivosti stadija, svaki je istraživač ponovio mjerenje nakon dva mjeseca i to na uzorku od pedeset slučajno odabranih ispitanika iz početnog uzorka. Za procjenu istraživačke pogreške između različitih istraživača (engl. *interobserver variability*), svaki je istraživač bodovao i pedeset slučajno odabranih ispitanika drugog istraživača.

Točnost testa procjene (engl. *Accuracy*) u određivanju stadija pojedine epifize i SKJ u ispitivanju ima li sudionik 18 godina i više (punoljetnik) ili ispod 18 godina (maloljetnik), procijenjena je određivanjem ROC krivulje (engl. *Receiver Operator Characteristic*). Površina ispod krivulje AUC (engl. *Area Under Curve*) i 95 %, raspon pouzdanosti (95 % CI) te standardna pogreška (SE) AUC-a izračunati su neparametrijskom metodom kako bi se procijenila diskriminirajuća sposobnost SKJ bodova i pojedine epifize, i to zasebno u žena i u

muškaraca (83, 88, 89). Površina ispod ROC krivulje mjera je točnosti testa:  $0,90 - 1 =$  izvrstan test;  $0,80 - 0,90 =$  dobar test;  $0,70 - 0,80 =$  osrednji test;  $0,60 - 0,70 =$  slabiji test;  $0,50 - 0,60 =$  test bez uspjeha. Ukratko, što je vrh ROC krivulje bliže gornjem lijevom kutu (tj. vrijednosti AUC-a od 1), to je veća točnost testa (57, 83).

Različite vrijednosti bodova za SKJ ispitane su zasebno u muškaraca i žena kako bi se utvrdila optimalna vrijednost bodovnog praga SKJ za klasifikaciju pojedinca kao punoljetnika ili maloljetnika prema spolu. Postotak točno klasificiranih ispitanika procijenjen je prema Camerieru i suradnicima (83).

Nadalje, vrednovali smo i osjetljivost testa ( $o$ ), (tj. udio ispitanika starijih od 18 godina koji ujedno imaju i  $SKJ \geq$  od određenog dobivenog rezultata u istraživanju) te specifičnost testa ( $s$ ) (tj. udio pojedinaca mlađih od 18 godina koji imaju  $SKJ <$  od određenog dobivenog rezultata u istraživanju).

Također smo izračunali i pozitivnu prediktivnu vrijednost (PPV) (tj. udio punoljetnih ispitanika u uzorku ispitanika s vrijednošću  $SKJ \geq$  od određenog dobivenog rezultata u istraživanju) kao i negativnu prediktivnu vrijednost (NPV) (tj. udio maloljetnih ispitanika u uzorku ispitanika s vrijednošću  $SKJ <$  od određenog dobivenog rezultata u istraživanju).

Jouden indeks je parametar koji je definiran kao  $J = \text{osjetljivost} + \text{specifičnost} - 1$ . Indeks se izračunava za svaku točku na x-osi ROC krivulje i uz ROC krivulju služi kao pomoć u određivanju optimalne vrijednosti bodovnog praga (optimalne granične točke, engl. *optimum cut-off point*) SKJ rezultata.

U ovom je istraživanju izračunat i pozitivan omjer vjerojatnosti  $LR+$ , (engl. *likelihood ratio +*) kao omjer osjetljivosti testa i (1-specifičnosti testa),  $[LR+ = o/(1-s)]$ . Negativan omjer vjerojatnosti  $LR-$ , (engl. *likelihood ratio -*) je omjer (1-osjetljivosti testa) i specifičnosti testa,  $[LR- = (1-o/s)]$  (90). Vrijednosti  $LR+$  ukazuju koliko je puta veća vjerojatnost da punoljetni pojedinac ima vrijednost SKJ veću od vrijednosti bodovnog praga od vjerojatnosti da takvu SKJ vrijednost ima maloljetna osoba. Veće vrijednosti tog parametra ukazuju na bolje razlučivanje ispitanika na punoljetne i maloljetne. S druge strane, vrijednosti  $LR-$  govore koliko je puta veća vjerojatnost da punoljetni pojedinac ima vrijednost SKJ nižu od vrijednosti praga od vjerojatnosti da takvu SKJ vrijednost ima maloljetna osoba. Niže vrijednosti tog parametra ukazuju na bolje razlučivanje ispitanika na punoljetne i maloljetne (90, 91).



Bayesova *post-test* vjerojatnost (engl. *Bayes Post Test Probability*) da punoljetni ispitanik ima vrijednosti SKJ jednake ili više vrijednosti praga također su procijenjene (83). Prema Bayesovom teoremu, Bayesova PTP vjerojatnost može se izračunati kao:

$$p = \frac{\text{Posjetljivost}P_0}{\text{Posjetljivost}P_0 + (1 - \text{pspecificnost})(1 - p_0)}$$

gdje je  $p$  vjerojatnost nakon testa, a  $p_0$  je vjerojatnost da ispitanik u istraživanju ima 18 ili više godina, uz uvjet da je njegova/njena stvarna starost između 12 i 26 godina u uzorku populacije iz Umbrije (Italija) i između 10 i 27 godina u uzorku populacije iz Hercegovine (BiH), što predstavlja ciljne populacije. Vjerojatnost  $p_0$  procijenjena je prema podacima talijanskog Nacionalnog instituta za statistiku za 2014. godinu, ISTAT (92) i smatra se da je 0,62 za muškarce i žene. U slučaju populacije iz Bosne i Hercegovine, vjerojatnost  $p_0$  procijenjena je na temelju dostupnih podataka Agencije za statistiku BiH i procijenjena je na 0,57 za muškarce i žene (93).

## 4. REZULTATI

### 4.1 Uzorak u populaciji regije Umbrija (Italija)

Srednja dob ispitanika bila je  $18,65 \pm 3,65$  godina kod muškaraca i  $18,50 \pm 3,72$  godine kod žena bez statistički značajne razlike ( $P = 0,660$ ). Spearmanove korelacije između rezultata sazrijevanja epifiza distalnog dijela femura, proksimalnog dijela tibije i proksimalnog dijela fibule i stvarne dobi bile su 0,835; 0,872; 0,878 kod muškaraca i 0,789; 0,799; 0,826 kod žena, dok je korelacija između SKJ i stvarne dobi 0,899 kod muškaraca i 0,881 kod žena ( $P < 0,001$ ). Cohen Kappa koeficijenti unutar istraživačke pouzdanosti su 0,839; 0,894; 0,907, a 0,919; 0,791; 0,907 su koeficijenti pouzdanosti između istraživača za stadije sazrijevanja epifiza distalnog dijela femura, proksimalnog dijela tibije i proksimalnog dijela fibule.

Dobna i spolna distribucija za svaku dobnu kategoriju u uzorku iz populacije regije Umbrija (Italija) prikazane su u Tablici 2.

Tablica 2. Dobna i spolna distribucija za svaku dobnu kategoriju (uzorak iz populacije Umbrija, Italija)

Spol	Godine															
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	Ukupno
<b>Muškarci</b>	8	14	21	23	21	23	19	18	14	19	11	27	5	7	4	234
<b>Žene</b>	5	13	25	25	14	23	21	22	12	9	10	5	12	7	9	212
<b>Ukupno</b>	13	27	46	48	35	46	40	40	26	28	21	32	17	14	13	446

U Tablici 3 prikazane su vrijednosti kronološke dobi (godine) ispitanika u svakom stadiju okoštavanja za svaku od tri epifize zgloba koljena, za muškarce i žene odvojeno. Srednja dob po spolu varira u stadijima sazrijevanja svih triju epifiza bez statistički značajne razlike.

Srednja dob po spolu varira u SKJ rezultatima a najveća je razlika pronađena u SKJ rezultatu 4 ( $18,32 \pm 1,02$  godina u muškaraca i  $17,67 \pm 1,42$  godina u žena), bez statistički značajne razlike ( $P > 0,05$ ) prikazane u Tablici 4.

Tablica 3. Deskriptivna statistika – kronološka dob ispitanika prema bodovima za svaku pojedinu epifizu zgloba koljena (Umbrija, Italija).

Epifiza	Bodovi	M Godine*						Ž Godine*						P**
		N	Mean	±2SD	Med	Min, Max	IQR	N	Mean	±2SD	Med	Min, Max	IQR	
DF	0	64	14,62	(11,84 – 17,40)	14,31	(12,12 – 17,68)	(13,75 – 15,31)	46	14,56	(11,70 – 17,42)	14,37	(12,02 – 17,85)	(13,59 – 15,47)	0,836
	1	57	17,47	(15,24 – 19,70)	16,91	(14,20 – 23,45)	(16,05 – 18,42)	61	16,84	(12,98 – 20,70)	16,23	(14,16 – 22,78)	(15,31 – 18,46)	0,106
	2	113	21,53	(16,85 – 26,21)	21,49	(16,67 – 26,79)	(19,44 – 23,37)	105	21,18	(15,22 – 27,14)	20,75	(15,32 – 26,93)	(18,50 – 24,06)	0,354
PT	0	70	14,67	(12,00 – 17,34)	14,34	(12,12 – 17,81)	(13,87 – 15,45)	64	14,78	(12,09 – 17,47)	14,65	(12,02 – 17,66)	(13,76 – 15,65)	0,632
	1	62	17,73	(14,12 – 21,34)	17,43	(14,48 – 23,10)	(16,49 – 18,71)	54	17,94	(13,14 – 22,74)	17,30	(14,35 – 24,10)	(16,19 – 19,46)	0,590
	2	102	21,94	(17,59 – 26,29)	22,06	(17,29 – 26,79)	(20,14 – 23,46)	94	21,34	(15,50 – 27,18)	20,68	(15,13 – 26,93)	(18,85 – 24,10)	0,109
PF	0	69	14,64	(12,11 – 17,17)	14,39	(12,12 – 17,50)	(13,86 – 15,43)	46	14,31	(12,02 – 16,60)	14,28	(12,02 – 17,44)	(13,59 – 15,20)	0,168
	1	58	17,50	(14,05 – 20,95)	17,31	(14,30 – 22,50)	(16,43 – 18,15)	76	17,34	(13,11 – 21,57)	17,14	(14,16 – 24,50)	(15,78 – 18,24)	0,643
	2	107	21,86	(17,53 – 26,19)	21,98	(18,00 – 26,78)	(19,87 – 23,45)	90	21,61	(16,00 – 27,22)	21,33	(15,67 – 26,93)	(19,26 – 24,10)	0,495

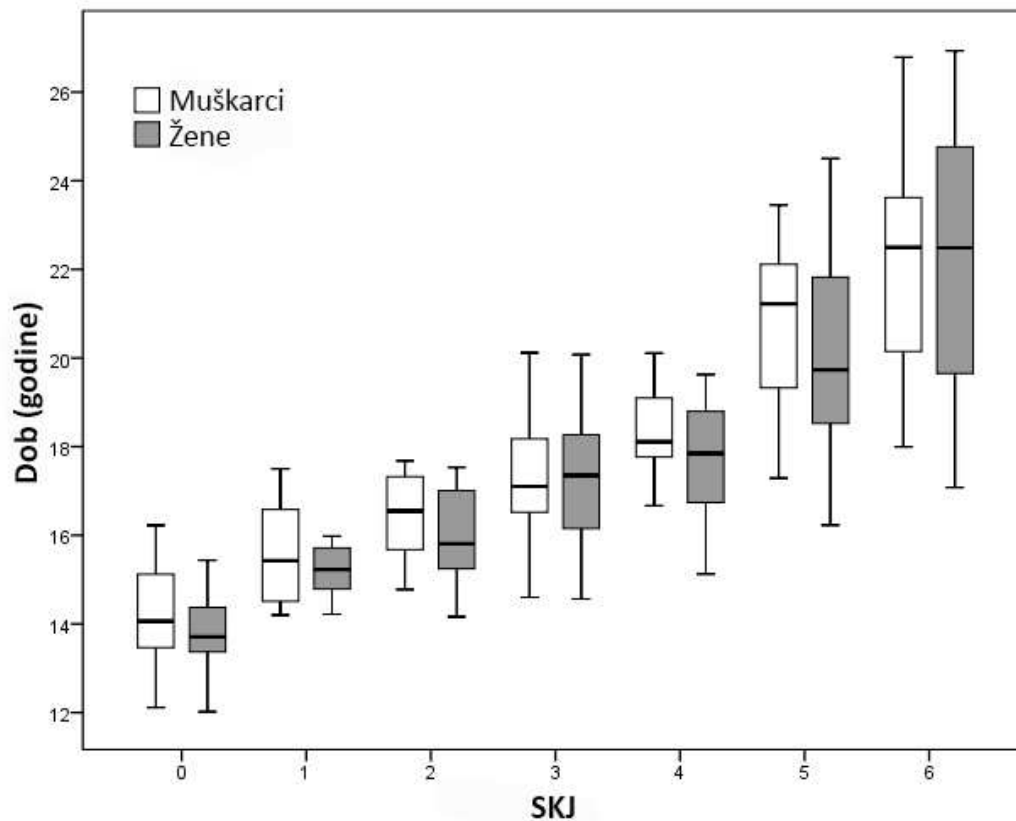
\*Podatci o godinama (dobi) ispitanika iz uzorka u populaciji; \*\*rezultat t-testa za nezavisne uzorke između spolova; N, broj ispitanika; Mean, srednja vrijednosti; ±2SD, dvije standardne devijacije; Med, medijan; Min, Max., minimalna i maksimalna vrijednost; IQR, interkvartilni raspon; M, muškarci; Ž, žene; DF, distalni dio femura; PT, proksimalni dio tibije; PF, proksimalni dio fibule

Tablica 4. Deskriptivna statistika – kronološka dob ispitanika prema ukupnim bodovima SKJ metodom svih triju epifiza zgloba koljena (Umbrija, Italija).

SKJ bodovi	M Godine*						Ž Godine*						P**
	N	Mean	±2SD	Med	Min, Max	IQR	N	Mean	±2SD	Med	Min, Max	IQR	
0	49	14,12	(12,10 – 16,14)	14,06	(12,12 – 16,22)	(13,40 – 15,16)	31	13,77	(12,05 – 15,49)	13,71	(12,02 – 15,44)	(13,34 – 14,45)	0,192
1	16	15,61	(13,38 – 17,84)	15,43	(14,20 – 17,50)	(14,50 – 16,62)	12	15,21	(14,09 – 16,33)	15,22	(14,22 – 15,98)	(14,74 – 15,74)	0,980
2	23	16,47	(14,65 – 18,29)	16,55	(14,78 – 17,68)	(15,55 – 17,34)	35	15,97	(13,91 – 18,03)	15,81	(14,16 – 17,53)	(15,20 – 17,03)	0,056
3	24	17,33	(14,92 – 19,74)	17,10	(14,60 – 20,12)	(16,50 – 18,20)	15	17,30	(14,30 – 20,30)	17,35	(15,56 – 20,08)	(16,07 – 18,68)	0,306
4	9	18,32	(16,32 – 20,32)	18,11	(16,67 – 20,11)	(17,68 – 19,16)	16	17,67	(14,89 – 20,45)	17,85	(15,13 – 19,63)	(16,67 – 18,82)	0,609
5	27	20,77	(17,40 – 24,14)	21,22	(17,29 – 23,45)	(19,21 – 22,12)	40	20,18	(15,83 – 24,53)	19,73	(16,23 – 24,50)	(18,46 – 21,97)	0,772
6	86	22,12	(17,69 – 26,55)	22,49	(18,00 – 26,79)	(20,14 – 23,64)	63	22,27	(16,63 – 27,91)	22,49	(17,08 – 26,93)	(19,63 – 25,02)	0,436

\*Podatci o godinama (dobi) ispitanika iz uzorka u populaciji; \*\*rezultat t-testa za nezavisne uzorke između spolova; N, broj ispitanika; Mean, srednja vrijednosti; ±2SD, dvije standardne devijacije; Med, medijan; Min, Max., minimalna i maksimalna vrijednost; IQR, interkvartilni raspon; M, muškarci; Ž, žene

Stvarna dob ispitanika i SKJ rezultati bodovanja postupno se povećavaju za oba spola. Vrijednosti medijana, interkvartilnog raspona te minimalne i maksimalne vrijednosti prikazane su dijagramom s pravokutnikom (engl. *Box and Whiskers Plot*) (Slika 4)



Slika 4. Odnos između kronološke dobi i SKJ rezultata (bodova) prikazani su medijanom, interkvartilnim rasponom te minimalnom i maksimalnom vrijednošću (Umbrija, Italija).

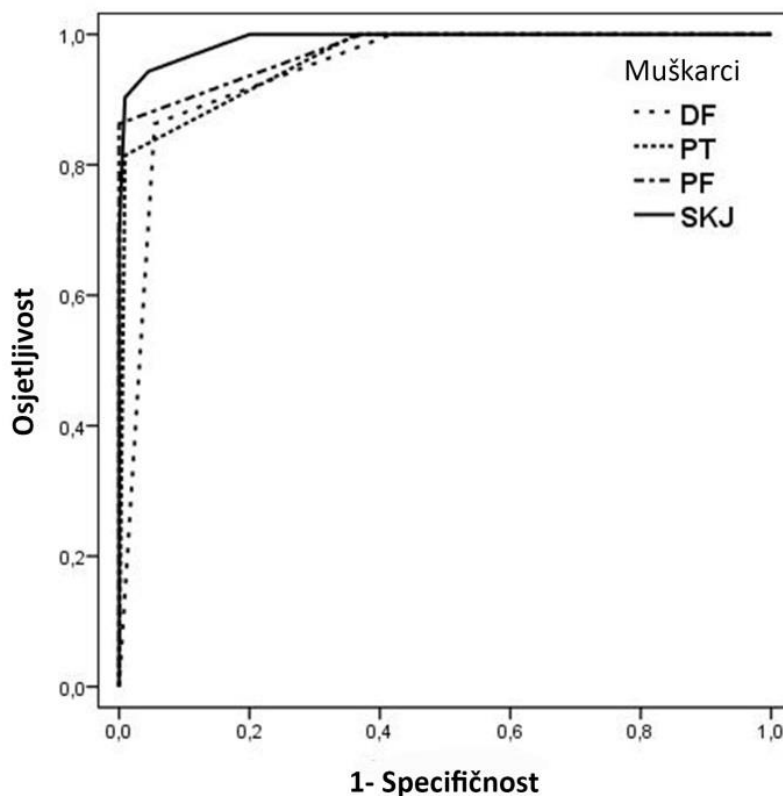
Vrijednosti površine ispod krivulje - PIK (engl. AUC, *Area Under Curve*) za SKJ su 0,99 za muškarce i 0,97 za žene. Pojedinačne vrijednosti PIK-e za distalni dio femura, proksimalni dio tibije i proksimalni dio fibule su 0,94; 0,96; 0,97 za muškarce i 0,89; 0,91; 0,92 za žene. Rezultati 95 %-tnog raspona pouzdanosti (95 % CI AUC) i standardne greške (SE) AUC-a prikazani su u Tablici 5.

Tablica 5. Vrijednosti površine ispod krivulje (PIK) za sve tri epifize i SKJ po spolu

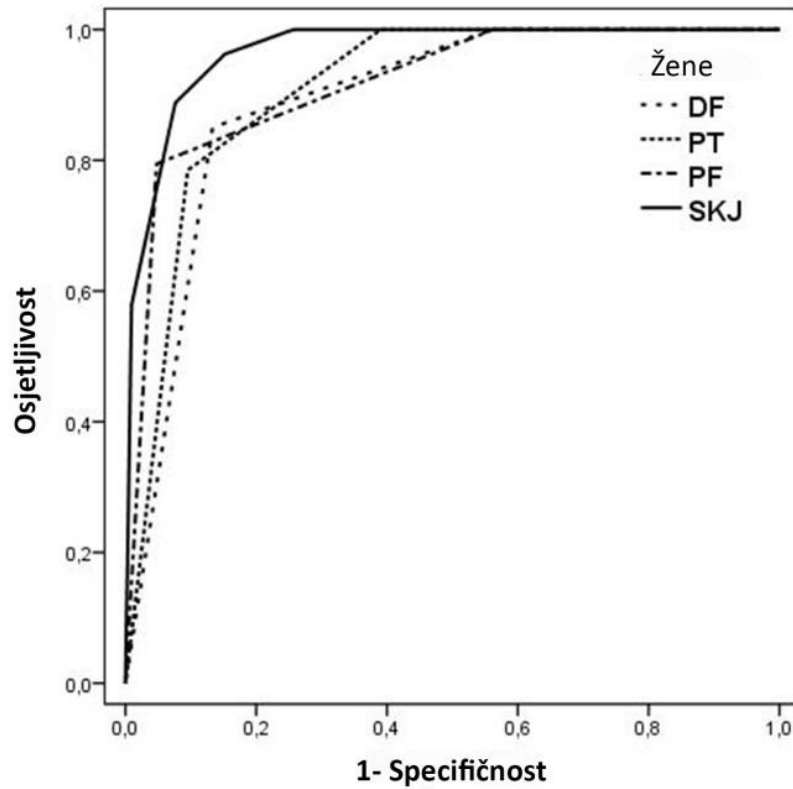
Epifiza i SKJ	Spol	AUC	95 % CI AUC	SE
DF	M	0,94	0,91 – 0,97	0,016
	Ž	0,89	0,85 – 0,94	0,023
PT	M	0,96	0,94 – 0,98	0,011
	Ž	0,91	0,87 – 0,95	0,021
PF	M	0,97	0,96 – 0,99	0,008
	Ž	0,92	0,88 – 0,96	0,019
SKJ	M	0,99	0,98 – 1,00	0,004
	Ž	0,97	0,95 – 0,99	0,011

AUC, površina ispod krivulje; 95 % CI AUC, 95 % raspon pouzdanosti PIK-a; SE, standardna greška AUC-a

Nastale ROC krivulje rezultata SKJ pokazuju bolju vjerojatnost ispravnog razlikovanja (razlikovnu snagu, engl. *discriminatory power*) od rezultata pojedinačnih epifiza (DF, PT, PF) u muškaraca (Slika 5) i žena (Slika 6).



Slika 5. ROC krivulja razlike rezultata bodovanja epifiza DF, PT, PF i SKJ u muškaraca.



Slika 6. ROC krivulja razlike rezultata bodovanja epifiza DF, PT, PF i SKJ u žena.

Učinkovitost i valjanost graničnih vrijednosti različitih rezultata SKJ u razlikovanju ispitanika između punoljetnika i maloljetnika ispitani su, a vrijednosti testova prikazane su odvojeno za muškarce (Tablica 6) i žene (Tablica 7). Općenito, pronađena je bliska veza između punoljetnosti i rezultata  $SKJ \geq 4$  kod muškaraca i  $SKJ \geq 5$  kod žena.

Tablica 6. Vrijednosti testova u razlikovanju ukupnih rezultata bodovanja SKJ metodom pri određivanju stadija spajanja epifiza u muških ispitanika starijih ili mladih od 18 godina dobiveni tablicom kontingencije 2x2 (Umbrija, Italija).

Test	SKJ $\geq$					
	1	2	3	4	5	6
TP	124	124	124	117	112	86
FP	61	45	22	5	1	0
FN	0	0	0	7	12	38
TN	49	65	88	105	109	110
Acc	0,74 (0,70 – 0,74)*	0,81 (0,77 – 0,81)	0,91 (0,87 – 0,94)	0,95 (0,91 – 0,97)	0,94 (0,91 – 0,95)	0,84 (0,80 – 0,84)
o	1,00 (0,97 – 1,00)	1,00 (0,97 – 1,00)	1,00 (1,00 – 1,00)	0,94 (0,90 – 0,97)	0,90(0,87 – 0,91)	0,69 (0,66 – 0,69)
s	0,45 (0,41 – 0,45)	0,59 (0,55 – 0,59)	0,80 (0,73 – 0,80)	0,96 (0,91 – 0,98)	0,99 (0,95 – 1,00)	1,00 (0,96 – 1,00)
J-index	0,45 (0,37 – 0,45)	0,59 (0,52 – 0,59)	0,80 (0,73 – 0,80)	0,90 (0,82 – 0,95)	0,89 (0,82 – 0,91)	0,69 (0,62 – 0,64)
PPV	0,67 (0,65 – 0,67)	0,73 (0,71 – 0,73)	0,85 (0,82 – 0,85)	0,96 (0,92 – 0,98)	0,99 (0,95 – 1,00)	1,00 (0,95 – 1,00)
NPV	1,00 (0,91 – 1,00)	1,00 (0,94 – 1,00)	1,00 (0,95 – 1,00)	0,94 (0,89 – 0,96)	0,90 (0,87 – 0,91)	0,73 (0,71 – 0,74)
LR+	1,80 (1,63 – 1,80)	2,44 (2,16 – 2,44)	5,00 (4,09 – 5,00)	20,76 (10,13 – 48,10)	99,35 (18,13 – 1910,68)	inf. (17,41 – inf.)
LR–	0,00 (0,00 – 0,08)	0,00 (0,00 – 0,06)	0,00 (0,00 – 0,04)	0,06 (0,03 – 0,10)	0,10 (0,09 – 0,14)	0,31 (0,31 – 0,35)
Bayes PTP	0,74 (0,69 – 0,79)	0,80 (0,74 – 0,86)	0,89 (0,83 – 0,95)	0,97 (0,91 – 1,00)	0,99 (0,93 – 1,00)	1,00 (0,94 – 1,00)

\*Rezultati u zagradama u cijeloj tablici su 95 %-tni raspon pouzdanosti pojedine dobivene vrijednosti testa; SKJ, rezultat mjerenja u bodovima; TP, stvarno pozitivan (engl. *True Positive values*); FP, lažno pozitivan (engl. *False Positive values*); FN, lažno negativan (engl. *False Negative values*); TN, stvarno negativan (engl. *True Negative values*); Acc, točnost (engl. *Accurate Classification*); o, osjetljivost; s, specifičnost; inf, beskonačno (engl. *Infinity*); J-index, Judenov indeks (engl. *Youden index*); PPV, pozitivna prediktivna vrijednost (engl. *Positive Predictive Value*); NPV, negativna prediktivna vrijednost (engl. *Negative Predictive Value*); LR+, omjer vjerojatnosti pozitivnog testa (engl. *positive Likelihood Ratio*); LR–, omjer vjerojatnosti negativnog testa (engl. *negative Likelihood Ratio*); Bayes PTP, Bayesova vjerojatnost nakon testa (engl. *Bayes Post-Test Probability*)



Tablica 7. Vrijednosti testova u razlikovanju ukupnih rezultata bodovanja SKJ metodom pri određivanju stadija spajanja epifiza u ženskih ispitanika starijih ili mladih od 18 godina dobiveni tablicom kontingencije 2x2 (Umbrija, Italija).

Test	SKJ $\geq$					
	1	2	3	4	5	6
TP	107	107	107	103	95	62
FP	74	62	27	16	8	1
FN	0	0	0	4	12	45
TN	31	43	78	89	97	104
Acc	0.65 (0.61 – 0.65)*	0.71 (0.67 – 0.71)	0.87 (0.83 – 0.87)	0.91 (0.86 – 0.93)	0.90 (0.85 – 0.94)	0.78 (0.74 – 0.79)
o	1.00 (0.96 – 1.00)	1.00 (0.96 – 1.00)	1.00 (0.96 – 1.00)	0.96 (0.91 – 0.99)	0.89 (0.84 – 0.92)	0.58 (0.54 – 0.59)
s	0.29 (0.26 – 0.30)	0.41 (0.37 – 0.41)	0.74 (0.70 – 0.74)	0.85 (0.80 – 0.87)	0.92 (0.87 – 0.96)	0.99 (0.95 – 1.00)
J-index	0.29 (0.22 – 0.30)	0.41 (0.33 – 0.41)	0.74 (0.67 – 0.74)	0.81 (0.71 – 0.86)	0.81 (0.71 – 0.88)	0.57 (0.48 – 0.59)
PPV	0.59 (0.57 – 0.59)	0.63 (0.61 – 0.63)	0.80 (0.77 – 0.80)	0.87 (0.82 – 0.89)	0.92 (0.87 – 0.96)	0.98 (0.91 – 1.00)
NPV	1.00 (0.87 – 1.00)	1.00 (0.90 – 1.00)	1.00 (0.95 – 1.00)	0.96 (0.90 – 0.99)	0.89 (0.84 – 0.92)	0.70 (0.67 – 0.70)
LR+	1.42 (1.29 – 1.42)	1.64 (1.53 – 1.69)	3.89 (3.25 – 3.89)	6.32 (4.54 – 7.76)	11.65 (6.50 – 22.56)	60.84 (10.00 – 1180.95)
LR-	0.00 (0.00 – 0.15)	0.00 (0.00 – 0.10)	0.00 (0.00 – 0.05)	0.04 (0.01 – 0.11)	0.12 (0.08 – 0.19)	0.42 (0.41 – 0.49)
Bayes PTP	0.70 (0.65 – 0.75)	0.73 (0.68 – 0.79)	0.86 (0.80 – 0.93)	0.91 (0.84 – 0.98)	0.95 (0.88 – 1.00)	0.99 (0.93 – 1.00)

\*Rezultati u zagradama u cijeloj tablici su 95 %-tni raspon pouzdanosti pojedine dobivene vrijednosti testa; SKJ, rezultat mjerenja u bodovima; TP, stvarno pozitivan (engl. *True Positive values*); FP, lažno pozitivan (engl. *False Positive values*); FN, lažno negativan (engl. *False Negative values*); TN, stvarno negativan (engl. *True Negative values*); Acc, točnost (engl. *Accurate Classification*); o, osjetljivost; s, specifičnost; inf, beskonačno (engl. *Infinity*); J-index, Judenov indeks (engl. *Youden index*); PPV, pozitivna prediktivna vrijednost (engl. *Positive Predictive Value*); NPV, negativna prediktivna vrijednost (engl. *Negative Predictive Value*); LR+, omjer vjerojatnosti pozitivnog testa (engl. *positive Likelihood Ratio*); LR-, omjer vjerojatnosti negativnog testa (engl. *negative Likelihood Ratio*); Bayes PTP, Bayesova vjerojatnost nakon testa (engl. *Bayes Post-Test Probability*)

Kod muškaraca, 222 od ukupno 234 sudionika točno su klasificirani kao odrasla osoba ili maloljetnik za bodovni rezultat  $SKJ \geq 4$ , s točnošću  $Acc = 0,95$  i rasponom pouzdanosti (95 % CI, od 0,91 do 0,97). Rezultati pokazuju da je osjetljivost (o) mjerenja za muškarce bila 0,94 (95 % CI, od 0,90 do 0,97), a specifičnost (s) je 0,96 (95 % CI, od 0,91 do 0,98). PPV testa je 0,96 (95 % CI od 0,92 do 0,98). LR+ je 20,76 (95 % CI, od 10,13 do 48,10), a LR- je 0,06 (95 % CI, od 0,03 do 0,10). Youdenov indeks je 0,90 (95 % CI, od 0,82 do 0,95). Procijenjena Bayesova post-test vjerojatnost je  $p$  0,97 (95 % CI od 0,91 do 1,00).

Kod žena, 192 ispitanice od ukupno 212 su točno svrstane za bodovni rezultat  $SKJ \geq 5$ ,  $Acc = 0,90$  (95% CI od 0,85 do 0,94). Ovi rezultati pokazuju da je osjetljivost (o), odnosno udio pojedinaca od 18 godina ili starijih čiji je test bio pozitivan, 0,89 (95 % CI od 0,84 do 0,92), a specifičnost (s), udio pojedinaca mlađih od 18 godina čiji je test bio negativan, iznosio je 0,92 (95 % CI od 0,87 do 0,96). PPV testa bio je 0,92 (95 % CI od 0,87 do 0,96). LR+ i LR- su 11,65 (95 % CI od 6,50 do 22,65) i 0,12 (95 % CI od 0,08 do 0,19). Youdenov indeks je 0,81 (od 0,71 do 0,88). Procijenjena Bayesova vjerojatnost nakon testa  $p$  je 0,95 (95 % CI od 0,88 do 1,00).

## 4.2 Uzorak u populaciji regije Hercegovina (Bosna i Hercegovina)

Srednja dob ispitanika bila je  $17,88 \pm 3,95$  godina kod muškaraca i  $17,61 \pm 3,84$  godine kod žena bez statistički značajne razlike ( $P = 0,660$ ). Spearman korelacije između rezultata sazrijevanja epifiza distalnog dijela femura, proksimalnog dijela tibije i proksimalnog dijela fibule i stvarne dobi bile su 0,850; 0,882; 0,878 kod muškaraca i 0,791; 0,839; 0,852 kod žena, dok je korelacija između SKJ i stvarne dobi 0,917 kod muškaraca i 0,901 kod žena ( $P < 0,001$ ).

Dobna i spolna distribucija za svaku dobnu kategoriju u uzorku iz populacije regija Hercegovina u Tablici 8.

Tablica 8. Dobna i spolna distribucija za svaku dobnu kategoriju (uzorak iz populacije BiH)

Spol	Godine																	Ukupno	
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		27
<b>Muškarci</b>	17	13	13	19	40	29	34	35	26	27	28	24	24	18	18	7	1	1	374
<b>Žene</b>	10	10	13	23	31	30	26	37	28	19	17	18	12	15	10	8	1	2	310
<b>Ukupno</b>	27	23	26	42	71	59	60	72	54	46	45	42	36	33	28	15	2	3	684

U Tablici 9 odvojeno su prikazane vrijednosti kronološke dobi (godine) ispitanika u svakom stadiju okoštavanja za svaku od tri epifize zgloba koljena, za muškarce i žene. Srednja dob po spolu varira u stadijima sazrijevanja svih triju epifiza bez statistički značajne razlike.

Srednja dob po spolu varira u SKJ rezultatima, a najveća je razlika pronađena u SKJ rezultatu 5 ( $18,90 \pm 1,46$  godina u muškaraca i  $18,36 \pm 1,07$  godina u žena), bez statistički značajne razlike ( $P = 0,086$ ) prikazane u Tablici 10.

Tablica 9. Deskriptivna statistika – kronološka dob ispitanika prema bodovima za svaku pojedinu epifizu zgloba koljena (Hercegovina, BiH).

Epifiza	Bodovi	M Godine*						Ž Godine*						P**
		N	Mean	±2SD	Med	Min, Max	IQR	N	Mean	±2SD	Med	Min, Max	IQR	
DF	0	95	13,01	(9,73 – 16,29)	13,33	(10,05 – 16,51)	(11,52 – 14,37)	60	12,56	(12,02 – 15,10)	12,75	(10,26 – 14,82)	(11,46 – 13,60)	0,057
	1	86	16,40	(13,98 – 18,82)	16,43	(13,62 – 19,76)	(15,45 – 17,11)	70	15,66	(12,32 – 19,00)	15,56	(13,68 – 17,90)	(14,70 – 16,66)	<0,001
	2	193	20,93	(15,89 – 25,97)	20,77	(14,90 – 27,81)	(19,00 – 22,76)	180	20,07	(14,27 – 25,87)	19,59	(15,14 – 27,59)	(17,61 – 22,21)	0,002
PT	0	115	13,44	(9,88 – 17,00)	13,84	(10,05 – 17,11)	(11,96 – 14,87)	68	12,81	(10,05 – 15,57)	13,04	(10,26 – 15,86)	(11,69 – 13,80)	0,008
	1	100	17,31	(14,03 – 20,59)	17,02	(14,07 – 22,20)	(16,23 – 18,13)	102	16,62	(13,14 – 20,10)	16,42	(13,68 – 22,15)	(15,48 – 17,44)	0,004
	2	159	21,44	(16,70 – 26,18)	21,52	(14,90 – 27,81)	(19,63 – 23,17)	140	20,68	(14,92 – 26,44)	20,53	(14,53 – 27,53)	(18,38 – 22,98)	0,014
PF	0	121	13,58	(9,90 – 17,26)	13,99	(10,05 – 17,13)	(12,05 – 14,94)	73	13,01	(9,99 – 16,03)	13,21	(10,26 – 16,80)	(11,76 – 14,14)	0,019
	1	76	17,02	(14,10 – 19,94)	16,94	(13,62 – 22,43)	(16,23 – 17,75)	79	16,17	(13,47 – 18,87)	16,06	(13,24 – 19,84)	(15,14 – 17,16)	<0,001
	2	177	21,18	(16,32 – 26,04)	21,04	(14,52 – 27,81)	(19,44 – 23,07)	158	20,47	(14,79 – 26,15)	20,17	(15,15 – 27,59)	(18,29 – 22,56)	0,015

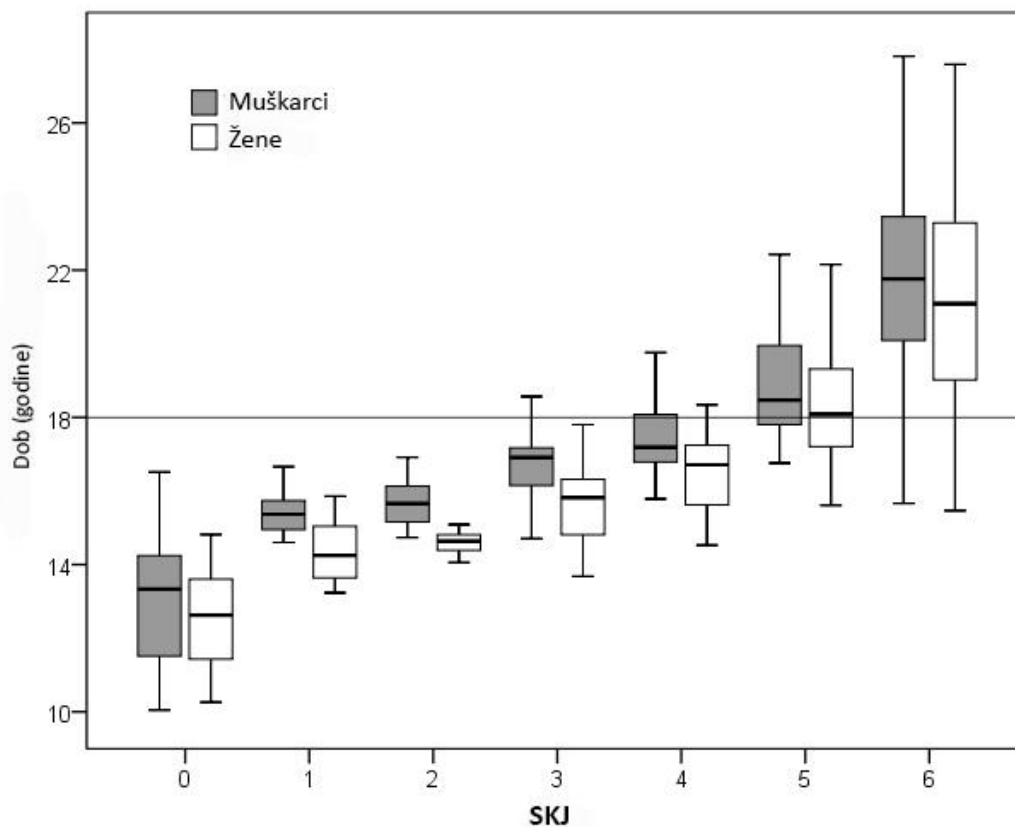
\*Podatci o godinama (dobi) ispitanika iz uzorka u populaciji; \*\*rezultat t-testa za nezavisne uzorke između spolova; N, broj ispitanika; ±2SD, dvije standardne devijacije; Med, medijan; Min, Max., minimalna i maksimalna vrijednost; IQR, interkvartilni raspon; M, muškarci; Ž, žene; DF, distalni dio femura; PT, proksimalni dio tibije; PF, proksimalni dio fibule

Tablica 10. Deskriptivna statistika – kronološka dob ispitanika prema ukupnim bodovima SKJ metodom svih triju epifiza zgloba koljena (Hercegovina, BiH).

SKJ bodovi	M Godine*						Ž Godine*						P**
	N	Mean	±2SD	Med	Min, Max	IQR	N	Mean	±2SD	Med	Min, Max	IQR	
0	93	12,97	(9,71 – 16,23)	13,34	(10,05 – 16,51)	(11,47 – 14,25)	58	12,54	(9,98 – 15,10)	12,62	(10,26 – 14,81)	(11,42 – 13,61)	0,059
1	18	15,46	(14,14 – 16,78)	15,37	(14,60 – 17,13)	(14,94 – 15,77)	8	14,37	(12,57 – 16,17)	14,25	(13,24 – 15,86)	(13,54 – 15,12)	0,006
2	16	15,63	(14,01 – 17,25)	15,66	(13,63 – 16,91)	(15,07 – 16,15)	11	14,80	(13,34 – 16,26)	14,67	(14,06 – 16,80)	(14,39 – 14,91)	0,004
3	42	16,71	(14,63 – 18,79)	16,91	(14,07 – 19,29)	(16,12 – 17,19)	36	15,70	(13,54 – 17,86)	15,82	(13,68 – 17,80)	(14,80 – 16,32)	<0,001
4	27	17,54	(14,54 – 20,54)	17,19	(14,52 – 21,85)	(16,76 – 18,09)	38	16,50	(14,52 – 18,48)	16,71	(14,53 – 18,34)	(15,62 – 17,25)	0,005
5	32	18,90	(15,98 – 21,82)	18,46	(16,76 – 22,43)	(17,79 – 20,00)	37	18,36	(16,22 – 20,50)	18,08	(15,61 – 22,15)	(17,16 – 19,42)	0,086
6	146	21,72	(17,14 – 26,30)	21,76	(14,90 – 27,81)	(20,08 – 23,49)	122	21,19	(15,83 – 26,55)	21,09	(15,46 – 27,59)	(18,97 – 23,31)	0,066

\*Podatci o godinama (dobi) ispitanika iz uzorka u populaciji; \*\*rezultat t-testa za nezavisne uzorke između spolova; N, broj ispitanika; ±2SD, dvije standardne devijacije; Med, medijan; Min, Max., minimalna i maksimalna vrijednost; IQR, interkvartilni raspon; M, muškarci; Ž, žene

SKJ rezultati bodovanja i stvarna dob ispitanika postupno se povećavaju za oba spola. Vrijednosti medijana, interkvartilnog raspona te minimalne i maksimalne vrijednosti prikazane su dijagramom s pravokutnikom (engl. *Box and Whiskers Plot*) (Slika 7).



Slika 7. Odnos između kronološke dobi i SKJ rezultata (bodova) prikazani su medijanom, interkvartilnim rasponom te minimalnom i maksimalnom vrijednošću (Hercegovina, BiH).

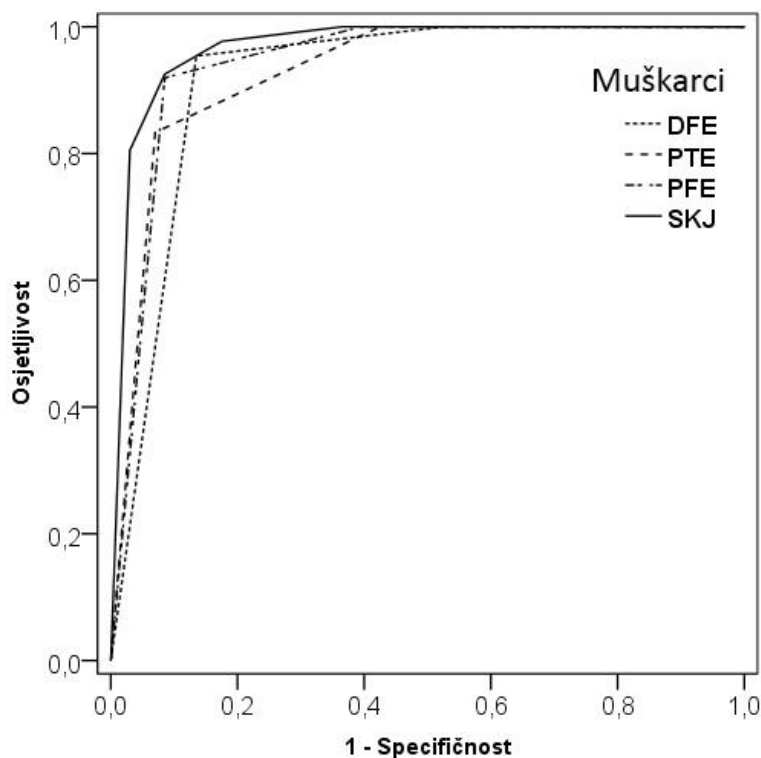
Vrijednosti površine ispod krivulje - PIK (engl. AUC, *Area Under Curve*) za SKJ su 0,97 za muškarce i 0,94 za žene. Pojedinačne vrijednosti PIK-e za distalni dio femura, proksimalni dio tibije i proksimalni dio fibule su 0,92; 0,93; 0,94 za muškarce i 0,86; 0,88; 0,89 za žene. Rezultati 95 %-tnog raspona pouzdanosti (95 % CI AUC) i standardne greške (SE) AUC-a prikazani su u Tablici 11.

Tablica 11. Vrijednosti površine ispod krivulje (PIK) za sve tri epifize i SKJ po spolu (Hercegovina, BiH)

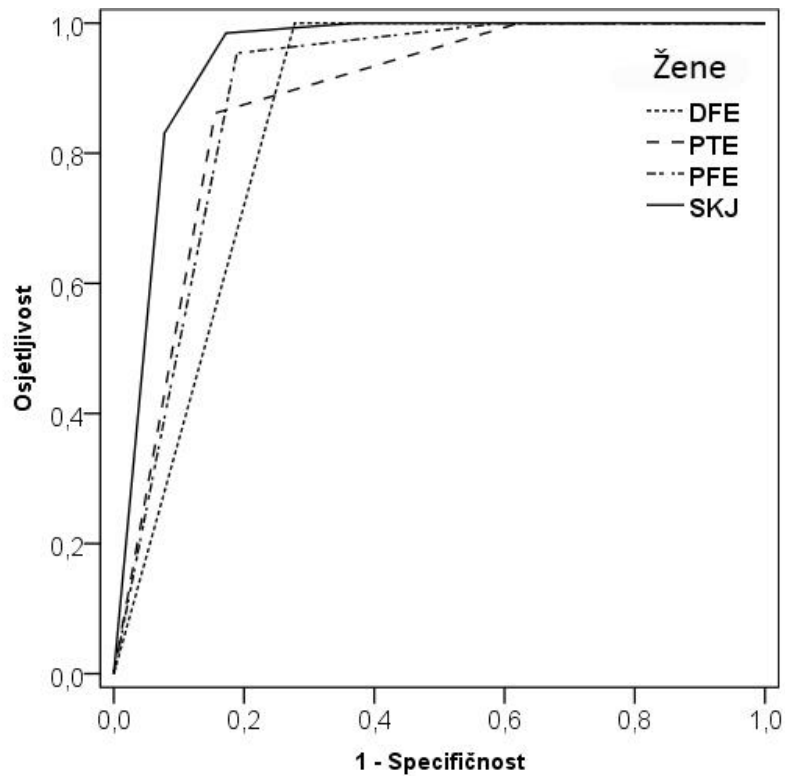
Epifiza i SKJ	Spol	AUC	95 % CI AUC	SE
DF	M	0,92	0,89 – 0,95	0,015
	Ž	0,86	0,82 – 0,90	0,021
PT	M	0,93	0,90 – 0,96	0,013
	Ž	0,88	0,84 – 0,92	0,020
PF	M	0,94	0,92 – 0,97	0,013
	Ž	0,89	0,86 – 0,93	0,019
SKJ	M	0,97	0,95 – 0,99	0,009
	Ž	0,94	0,92 – 0,97	0,013

AUC, površina ispod krivulje; 95 % CI AUC, 95 % raspon pouzdanosti PIK-a; SE, standardna greška AUC-a

Nastale ROC krivulje rezultata SKJ pokazuju bolju vjerojatnost ispravnog razlikovanja (razlikovnu snagu, engl. *discriminatory power*) od rezultata pojedinačnih epifiza (DF, PT, PF) u muškaraca (Slika 8) i žena (Slika 9).



Slika 8. ROC krivulja razlike rezultata bodovanja epifiza DF, PT, PF i SKJ u muškaraca.



Slika 9. ROC krivulja razlike rezultata bodovanja epifiza DF, PT, PF i SKJ u žena.

Učinkovitost i valjanost graničnih vrijednosti različitih rezultata SKJ u razlikovanju ispitanika između punoljetnika i maloljetnika ispitani su, a vrijednosti testa prikazane su odvojeno za muškarce (Tablica 12) i žene (Tablica 13). Općenito, pronađena je bliska veza između punoljetnosti i rezultata  $SKJ \geq 5$  kod muškaraca (tablica 12.) i  $SKJ \geq 5$  kod žena (Tablica 13).



Tablica 12. Vrijednosti testova u razlikovanju ukupnih rezultata bodovanja SKJ metodom pri određivanju stadija spajanja epifiza u muških ispitanika starijih ili mlađih od 18 godina dobiveni tablicom kontingencije 2x2 (Hercegovina, BiH).

Test	SKJ $\geq$					
	1	2	3	4	5	6
TP	174	174	174	170	161	140
FP	107	89	73	35	17	6
FN	0	0	0	4	13	34
TN	93	111	127	165	183	194
Acc	0,72 (0,69 – 0,71)*	0,76 (0,74 – 0,76)	0,80 (0,78 – 0,81)	0,90 (0,87 – 0,91)	0,92 (0,89 – 0,95)	0,89 (0,86 – 0,91)
o	1,00 (0,97 – 1,00)	1,00 (0,97 – 1,00)	1,00 (0,96 – 1,00)	0,98 (0,94 – 0,99)	0,93 (0,88 – 0,95)	0,81 (0,77 – 0,82)
s	0,46 (0,44 – 0,47)	0,56 (0,53 – 0,56)	0,64 (0,61 – 0,64)	0,83 (0,80 – 0,84)	0,91 (0,88 – 0,95)	0,97 (0,94 – 0,99)
J-index	0,46 (0,42 – 0,46)	0,56 (0,51 – 0,56)	0,64 (0,59 – 0,64)	0,80 (0,74 – 0,83)	0,84 (0,77 – 0,89)	0,76 (0,71 – 0,81)
PPV	0,62 (0,60 – 0,62)	0,66 (0,65 – 0,66)	0,70 (0,69 – 0,70)	0,83 (0,80 – 0,84)	0,90 (0,87 – 0,93)	0,96 (0,92 – 0,98)
NPV	1,00 (0,95 – 1,00)	1,00 (0,96 – 1,00)	1,00 (0,97 – 1,00)	0,97 (0,94 – 0,99)	0,93 (0,90 – 0,96)	0,85 (0,82 – 0,87)
LR+	1,87 (1,75 – 1,87)	2,28 (2,09 – 2,25)	2,74 (2,52 – 2,74)	5,58 (4,63 – 6,14)	10,87 (7,55 – 15,54)	26,82 (12,65 – 64,92)
LR-	0,00 (0,00 – 0,06)	0,00 (0,00 – 0,05)	0,00 (0,00 – 0,04)	0,03 (0,01 – 0,07)	0,08 (0,05 – 0,13)	0,20 (0,18 – 0,27)
Bayes PTP	0,71 (0,66 – 0,75)	0,75 (0,70 – 0,79)	0,78 (0,73 – 0,83)	0,88 (0,83 – 0,93)	0,93 (0,88 – 0,98)	0,97 (0,92 – 1,00)

\*Rezultati u zagradama u cijeloj tablici su 95 %-tni raspon pouzdanosti pojedine dobivene vrijednosti testa; SKJ, rezultat mjerenja u bodovima; TP, stvarno pozitivan (engl. *True Positive values*); FP, lažno pozitivan (engl. *False Positive values*); FN, lažno negativan (engl. *False Negative values*); TN, stvarno negativan (engl. *True Negative values*); Acc, točnost (engl. *Accurate Classification*); o, osjetljivost; s, specifičnost; inf, beskonačno (engl. *Infinity*); J-index, Judenov indeks (engl. *Youden index*); PPV, pozitivna prediktivna vrijednost (engl. *Positive Predictive Value*); NPV, negativna prediktivna vrijednost (engl. *Negative Predictive Value*); LR+, omjer vjerojatnosti pozitivnog testa (engl. *positive Likelihood Ratio*); LR-, omjer vjerojatnosti negativnog testa (engl. *negative Likelihood Ratio*); Bayes PTP, Bayesova vjerojatnost nakon testa (engl. *Bayes Post-Test Probability*)

Tablica 13. Vrijednosti testova u razlikovanju ukupnih rezultata bodovanja SKJ metodom pri određivanju stadija spajanja epifiza u ženskih ispitanika starijih ili mlađih od 18 godina dobiveni tablicom kontingencije 2x2 (Hercegovina, BiH).

Test	SKJ $\geq$					
	1	2	3	4	5	6
TP	130	130	130	130	128	108
FP	122	114	103	67	31	14
FN	0	0	0	0	2	22
TN	58	66	77	113	149	166
Acc	0,61 (0,58 – 0,61)*	0,63 (0,60 – 0,63)	0,67 (0,64 – 0,67)	0,78 (0,76 – 0,78)	0,89 (0,86 – 0,90)	0,88 (0,84 – 0,92)
o	1,00 (0,97 – 1,00)	1,00 (0,97 – 1,00)	1,00 (0,97 – 1,00)	1,00 (0,97 – 1,00)	0,98 (0,95 – 0,98)	0,83 (0,78 – 0,87)
s	0,32 (0,30 – 0,32)	0,37 (0,34 – 0,37)	0,43 (0,40 – 0,43)	0,63 (0,60 – 0,63)	0,83 (0,80 – 0,84)	0,92 (0,89 – 0,95)
J index	0,32 (0,26 – 0,32)	0,37 (0,31 – 0,37)	0,43 (0,37 – 0,43)	0,63 (0,57 – 0,63)	0,81 (0,75 – 0,83)	0,75 (0,66 – 0,82)
PPV	0,52 (0,50 – 0,52)	0,53 (0,51 – 0,53)	0,56 (0,54 – 0,56)	0,66 (0,64 – 0,64)	0,81 (0,77 – 0,82)	0,89 (0,83 – 0,93)
NPV	1,00 (0,93 – 1,00)	1,00 (0,94 – 1,00)	1,00 (0,94 – 1,00)	1,00 (0,96 – 1,00)	0,99 (0,95 – 1,00)	0,88 (0,85 – 0,91)
LR+	1,48 (1,38 – 1,48))	1,58 (1,47 – 1,58)	1,75 (1,62 – 1,75)	2,69 (2,44 – 2,69)	5,72 (4,72 – 6,12)	10,68 (6,77 – 17,49)
LR-	0,00 (0,00 – 0,11)	0,00 (0,00 – 0,10)	0,00 (0,00 – 0,08)	0,00 (0,00 – 0,06)	0,02 (0,00 – 0,07)	0,18 (0,14 – 0,25)
Bayes PTP	0,66 (0,61 – 0,70)	0,67 (0,63 – 0,72)	0,69 (0,65 – 0,74)	0,78 (0,72 – 0,83)	0,88 (0,83 – 0,94)	0,93 (0,88 – 0,99)

\*Rezultati u zagradama u cijeloj tablici su 95 %-tni raspon pouzdanosti pojedine dobivene vrijednosti testa; SKJ, rezultat mjerenja u bodovima; TP, stvarno pozitivan (engl. *True Positive values*); FP, lažno pozitivan (engl. *False Positive values*); FN, lažno negativan (engl. *False Negative values*); TN, stvarno negativan (engl. *True Negative values*); Acc, točnost (engl. *Accurate Classification*); o, osjetljivost; s, specifičnost; inf, beskonačno (engl. *Infinity*); J-index, Judenov indeks (engl. *Youden index*); PPV, pozitivna prediktivna vrijednost (engl. *Positive Predictive Value*); NPV, negativna prediktivna vrijednost (engl. *Negative Predictive Value*); LR+, omjer vjerojatnosti pozitivnog testa (engl. *positive Likelihood Ratio*); LR-, omjer vjerojatnosti negativnog testa (engl. *negative Likelihood Ratio*); Bayes PTP, Bayesova vjerojatnost nakon testa (engl. *Bayes Post-Test Probability*)

Kod muškaraca, 344 od ukupno 374 sudionika su točno klasificirani kao odrasla osoba ili maloljetnik za bodovni rezultat  $SKJ \geq 5$ , s točnošću  $Acc = 0,92$  i rasponom pouzdanosti (95 % CI od 0,89 do 0,95). Rezultati pokazuju da je osjetljivost (o) mjerenja za muškarce bila 0,93 (95 % CI od 0,88 do 0,95), a specifičnost (s) je 0,91 (95 % CI od 0,88 do 0,95). PPV testa je 0,90 (95 % CI od 0,87 do 0,93).  $LR+$  je 10,87 (95 % CI od 7,55 do 15,54), a  $LR-$  je 0,08 (95 % CI od 0,05 do 0,13). Youdenov indeks je 0,84 (95 % CI od 0,77 do 0,89). Procijenjena Bayesova post-test vjerojatnost je  $p$  0,93 (95 % CI od 0,88 do 0,98).

Kod žena, 277 ispitanica od ukupno 310 točno su svrstane za bodovni rezultat  $SKJ \geq 5$ ,  $Acc = 0,89$  (95 % CI od 0,86 do 0,90). Ovi rezultati pokazuju da je osjetljivost (o), odnosno udio pojedinaca od 18 godina ili starijih čiji je test bio pozitivan, 0,98 (95 % CI od 0,95 do 0,98), a specifičnost (s), udio pojedinaca mlađih od 18 godina čiji je test bio negativan, iznosio je 0,83 (95 % CI od 0,80 do 0,84). PPV testa bio je 0,81 (95 % CI od 0,77 do 0,82).  $LR+$  i  $LR-$  su 5,72 (95 % CI od 4,72 do 6,12) i 0,02 (95 % CI od 0,0 do 0,07). Youdenov indeks je 0,81 (95 % CI od 0,75 do 0,83). Procijenjena Bayesova vjerojatnost nakon testa  $p$  je 0,88 (95 % CI od 0,83 do 0,94).

## 5. RASPRAVA

Istraživanje je procijenilo učinkovitost i valjanost različitih stadija okoštavanja epifiza zgloba koljena i SKJ rezultata u dvije skupine uzoraka iz dvije različite populacije na anteroposteriornim (AP) radiološkim snimkama zgloba koljena.

Anteroposteriorne radiološke snimke zgloba koljena koriste se za analizu srašćavanja epifiza po čemu se mogu razlikovati osobe kao punoljetnici ili maloljetnici (83, 86). Vidljivi tragovi epifiznog ožiljka na radiološkim slikama tijekom procjene stadija uzeti su u obzir u ovom istraživanju, a stadiji spajanja kostiju, koje predlažu Cameriere i sur., modificirani su s novom klasifikacijom jer su dosadašnja istraživanja potvrdila postojanost ove pojave i nakon završenog srašćavanja epifiza, a koja se uglavnom vidi na donjim ekstremitetima zbog težinskog i radnog opterećenja cjelokupnog tijela za razliku od ruku. (86, 94). Ovo je prvo istraživanje koje je potvrdilo različite stadije i nove vrijednosti SKJ za muškarce i žene na novim uzorcima ispitanika iz regije Umbrija (Italije) i regije Hercegovina (BiH).

Usporedba rezultata u uzorcima ispitanika u obje populacije u procjeni zasebnih epifiza i SKJ rezultata kao procjene vjerojatnosti punoljetnosti ili maloljetnosti ispitanika, ocjenom ROC krivulje i PIK-a, potvrdila je prednost radiološkog snimanja svih triju kostiju zgloba koljena oko granične dobi od 18 godina (83). U oba uzorka vrijednosti PIK-a, uključujući osjetljivost i specifičnost testa, niže su ako su epifize procijenjene zasebno tako da je svaka pojedina epifiza manje učinkovita u svojoj namjeni procjene vjerojatnosti dobi. Uzorci iz obje populacije uravnoteženi su za dob i muškaraca i žena i nije utvrđena statistički značajna razlika srednje vrijednosti dobi ispitanika između spolova u stadijima okoštavanja svih triju epifiza i SKJ, što je u skladu s rezultatima Cameriere i sur. (83). Rezultati Cohen Kappa testa pokazali su jako dobru pouzdanost istog promatrača i dva različita promatrača, pogotovo ako se uzme u obzir mogućnost pogrešne identifikacije vidljivog ožiljka ili stadija 3 kao stadija 2 ili obrnuto.

Ovo istraživanje ima glavne ishode koji se mogu usporediti s istraživanjem Cameriere i sur. (83). Rezultati ovog istraživanja su pokazali optimalne vrijednosti bodovnog praga, tj. optimalne granične točke (engl. *optimum cut-off point*) za SKJ rezultat  $\geq 4$  kod muškaraca i SKJ rezultat  $\geq 5$  kod žena, s točnim razlikovanjem punoljetnika i maloljetnika kod 95 % muškaraca i 90 % kod žena u uzorku u populaciji iz regije Umbrija (Italija). U uzorku ispitanika iz regije Hercegovina (BiH) optimalne vrijednosti bodovnog praga su za SKJ rezultat  $\geq 5$  kod

muškaraca i SKJ rezultat  $\geq 5$  kod žena, s točnim razlikovanjem punoljetnika i maloljetnika kod 92 % muškaraca i 89 % kod žena.

Usporedba srednje vrijednosti dobi za sve tri epifize kroz sva tri stadija okoštavanja pokazala je da okoštavanje kronološki nastupa ranije u bosansko-hercegovačkom uzorku iz Hercegovine u usporedbi s uzorkom iz Umbrije (Italija). Pokazano je u obje populacije da koštane epifize koljena sraštavaju kronološki ranije u ženskih osoba. Provjerom uspješnosti u raspodjeli maloljetnih i punoljetnih ispitanika, vrijednost SKJ  $\geq 5$  optimalno razlikuje punoljetne ženske osobe u obje populacije vodeći računa o optimalnom omjeru osjetljivosti i specifičnosti, dok je u talijanskoj populaciji iz Umbrije optimalna vrijednost bila SKJ  $\geq 4$ , a u bosansko-hercegovačkoj iz Hercegovine SKJ  $\geq 5$ .

Navedene populacijske razlike dodatno potvrđuju potrebu potvrđivanja/validacije specifične SKJ vrijednosti (bodovnog rezultata) na svakom novom uzorku i populaciji, posebno izvan do sada provjerene zemljopisne regije. Načelno, dokazi o neokoštavanju epifiza na zglobu koljena sugeriraju maloljetnu dob, a dovršeno okoštavanje koljena sugerira punoljetnu dob s velikom vjerojatnošću. SKJ rezultat može dati dodatne informacije dentalnom statusu u procjeni vjerojatnosti dobi živog pojedinca ako postoje radiološke snimke zgloba koljena, posebno ako dentalni status nije bilo moguće dobiti, odnosno nedostaje ili je izvađen zub te ako ispitanik odbija liječnički pregled, a sve u svrhu izvještavanja o određenim zakonskim ili forenzičkim pitanjima, uključujući i klasifikaciju dobi (58, 95). Ovi su rezultati različiti od predloženih vrijednosti SKJ rezultata 3 kod muškaraca i SKJ rezultata 4 kod žena, utvrđenih prethodnim istraživanjem i na manjem uzorku također iz Italije (83).

Razlike se mogu pripisati različitim/modificiranim opisom stadija u našem istraživanju koje priznaje dokaze o ožiljcima u završnom stadiju, kao i većem uzorku i boljoj distribuciji po dobnoj skupini te mogućim socioekonomskim razlikama u etničkom kao i geografskom okruženju istraživanja.

U uzorku iz Umbrije, kod muškarca, sve najbolje vrijednosti razlikovnih testova istraživanja dobivene su za predloženi rezultat SKJ  $\geq 4$ , uključujući vrijednosti pozitivnih i negativnih omjera vjerojatnosti, dok je za uzorak iz Hercegovine kod muškaraca dobiven predloženi rezultat SKJ  $\geq 5$ . Spuštanje granične vrijednosti na  $\geq 3$  u uzorku iz Umbrije ili na  $\geq 4$  u uzorku iz Hercegovine smanjilo bi specifičnost testa, što je etički neprihvatljivo prema Garamendiju i sur. (57).

U uzorku iz Umbrije kao i u uzorku populacije iz Hercegovine, kod žena, sve najbolje vrijednosti razlikovnih testova istraživanja dobivene su za predloženi rezultat granične vrijednosti  $SKJ \geq 5$ , uključujući gotovo najbolju točnost i specifičnost obvezne za forenzičke svrhe (57). Samo je granična vrijednost  $SKJ \geq 5$  pokazala usporedive vrijednosti za razlikovanje punoljetnika od maloljetnika, uključujući nižu specifičnost i bolju osjetljivost. U uzorku iz Hercegovine kod granične vrijednosti  $SKJ \geq 6$  specifičnost je nešto veća u odnosu na  $SKJ \geq 5$ , ali je veći Youdenov indeks kod rezultata  $SKJ \geq 5$  (0,81) što je odredilo optimalnu vrijednost bodovnog praga SKJ rezultata za uzorak populacije iz Hercegovine.

Srednje vrijednosti dobi temelje se na promatranim skupinama, a ne na cijelim populacijama. Točnije, dok je srednji stadij neovisniji i prikladniji za usporedbu, kronološka je dob prvog i zadnjeg stadija ograničena i odstupa zbog najniže i najviše dobi ispitanika. Prosječna dob srednjeg stadija, na sve tri epifize, nije pokazala značajnu razliku među spolovima.

Samo su epifize distalnog dijela femura kod žena pokazale znatno ranije sazrijevanje u odnosu na muškarce, ali bez statističke značajnosti, što ukazuje na utjecaj ranog sazrijevanja epifize distalnog dijela femura kod žena u ukupnoj nižoj prosječnoj dobi SKJ rezultata, osim u posljednjem SKJ rezultatu. Također je vidljivo da je prosječna dob žena unutar SKJ rezultata 4 (17,67) ispod granične vrijednosti od 18 godina, što ukazuje na određeni stupanj ranijeg sazrijevanja epifiza koljena kod žena na ispitivanom uzorku iz Umbrije, dok je kod istog SKJ rezultata u uzorku iz Hercegovine prosječna dob još manja (16,50), što ukazuje na mogućnost ranijeg sazrijevanja epifiza kod žena iz uzorka populacije iz Hercegovine u odnosu na uzorak žena u populaciji iz Umbrije. Dokaz o višim bodovnim pragovima kao npr.  $SKJ \geq 5$  kod muškaraca i  $SKJ \geq 6$  kod žena ukazuje na puno okoštavanje koljena i veću vjerojatnost punoljetnosti.

Razlika u SKJ rezultatima među spolovima uglavnom je u skladu s istraživanjem Cameriere i sur. (83), koje je pokazalo najveću vrijednost procjene točnosti razlike između punoljetnika i maloljetnika u SKJ rezultatima 3 i 4 za muškarce i za žene. U njihovom istraživanju ROC krivulje i vrijednosti tablice kontingencije (2x2) pokazuju bolju specifičnost za djevojčice za njihov SKJ rezultat 4 od onih dobivenih s SKJ rezultatom 3 (83).

Rezultati ovog istraživanja ukazuju na snažni potencijal koljena i predstavljenog pristupa ocjenjivanju svih triju epifiza na anteroposteriornim radiološkim snimkama SKJ metodom koja može dodatno pružiti važne informacije u slučajevima gdje je potrebno

razlikovati punoljetnike od maloljetnika. Sa stručnog stajališta, kad se izvješće mora napisati sa stupnjem vjerojatnosti da je subjekt postigao pravno punoljetstvo, rezultati dobiveni SKJ metodom mogu biti ocijenjeni kao „vrlo vjerojatni" ili „jako vjerojatni", zbog više od 90 %-tne vjerojatnosti (96).

Iako se razvoj koljena može pratiti od rođenja, istraživanje je uglavnom usmjereno na završetak okoštavanja. Sažetak istraživanja koja navode raspon dobi za završetak spajanja epifiza na koljenu prezentirali su O'Connor i sur. (77) te napominju da se spajanje epifiza kod žena događa ranije nego kod muškaraca, sa značajnom razlikom između prosječne dobi spajanja između spolova za svaki od stadija 1 i 2 za femur i stadija 0, 1, 2 i 3 za tibiju i fibulu. Spajanje epifiza na koljenu je završeno između 16 i 19 godina kod muškaraca i 14 i 19 godina kod žena u irskoj populaciji, što je u skladu s rasponom dobi u prethodnim studijama (77). Još jedno radiografsko istraživanje o škotskim muškarcima i ženama od rođenja do 20 godina pokazalo je da promjene tijekom sazrijevanja nisu vidljive na koljenu nakon 19 godina kod muškaraca i 16 godina kod žena (78). Navedene studije o sazrijevanju spajanja epifiza na koljenu teško se mogu usporediti s ovim istraživanjem zbog različite distribucije spola i uzorka i različitih pokazatelja sazrijevanja.

Ovo je istraživanje presječno istraživanje radioloških snimaka zglobova koljena ispitanika određene dobne skupine, koje su snimane iz različitih kliničkih razloga i predstavljaju suvremenu talijansku i bosansko-hercegovačku populaciju, različitih nacionalnosti za razliku od ispitanika u istraživanju Cameriere i sur. (83). Oni žive na određenim različitim zemljopisnom područjima, različitom od onog iz pilot istraživanja. Općenito se smatra da etnička pripadnost ne utječe na skeletni razvoj, za razliku od socioekonomskog statusa (97, 98). Ipak, podaci o socioekonomskom statusu nisu zabilježeni u ovom istraživanju, koji s određenim patološkim faktorima i aktivnostima u natjecateljskim sportovima mogu utjecati na skeletni razvoj (57).

Dakle, točnost ove metode u sudskoj praksi treba biti primijenjena pažljivo u svakom pojedinom slučaju i treba je usporediti s drugim razvojnim pokazateljima, pogotovo ako se procjenjuje vjerojatnost u drugim populacijama od ovih u kojih je provedeno istraživanje, jer okoštavanje epifize koljena može biti ovisno o socioekonomskim faktorima i specifično za neku populaciju (75, 78, 95, 98). AGFAD kriteriji za procjenu dobi kod živih osoba uzimaju u obzir ne samo pokazatelje dobi pojedine anatomske regije nego i detaljan fizički pregled koji bi trebao

uključivati antropometrijske mjere, znakove seksualnog sazrijevanja i dentalni pregled (44, 58, 99).

Stomatološki pregled u cilju povećanja procjene vjerojatnosti dobi uključuje detaljnu provjeru dentalnog statusa i radiološko snimanje odgovarajuće anatomske regije. Umnjaci su jedini zubi koji mogu poslužiti za procjenu dobi u ciljanim dobnim rasponima oko 18 godina da bi se razlikovali punoljetnici od maloljetnika (83, 100, 101). Nedavna istraživanja o razlikovanju punoljetnika i maloljetnika korištenjem indeksa zrelosti umnjaka ( $I_{3M}$ ) (102), pokazala su 83 % ispravno klasificiranih osoba s osjetljivošću i specifičnošću od 70 % i 98 %, kada je korištena određena granična vrijednost, koja ukazuje na bolju klasifikaciju nego Demirjianova metoda (91).

Istraživanja  $I_{3M}$  na drugom talijanskom, albanskom, hrvatskom i brazilskom uzorku potvrdila su korisnost  $I_{3M}$  metode i predložila određenu graničnu vrijednost za razlikovanje punoljetnika od maloljetnika. (95, 103-105). Međutim, učestalost nedostajanja zuba, prerano ili namjerno izvađenog, ili beskorisnog za procjenu zbog impaktiranosti zuba s mogućom rotacijom ili preklapanjem umnjaka, ukazuje na potrebu za procjenom drugih anatomske struktura za posebne forenzičke ili pravne svrhe (95, 106). Ostali trajni zubi, prvih sedam u obje čeljusti, završavaju svoj razvoj između 12. i 14. godine i stoga su beskorisni za razlikovanje punoljetnika i maloljetnika (107-109). Za razliku od raznih stomatoloških metoda, uvid u radiološku snimku zgloba koljena i primjena SKJ metode dostupni su kod svakog zdravog pojedinca.

Nekoliko drugih pokazatelja skeletne dobi testirani su za procjenu dobi u adolescenciji. AGFAD preporučuje rendgenski pregled lijeve ruke u kombinaciji s fizičkim i stomatološkim pregledom (110). Prema nekim autorima, kosti ruku i ručnog zgloba neupotrebljive su za procjenu punoljetstva, jer njihov skeletni razvoj završava u dobi od 18 godina kod muškaraca i 17 kod žena (37, 111). S druge strane, Garamendi i sur. (57) su, na uzorku muških marokanskih imigranata u dobi između 13 i 25 godina, pokazali korisnost Greulichovog i Pyleovog radiološkog atlasa (112) na skeletni razvoj ruke i ručnog zgloba i Demirjianove metode na umnjacima u razlikovanju punoljetnih i maloljetnih osoba. Garamendi i sur. (57) također su pokazali da kombiniranje rezultata s obje metode smanjuju lažno pozitivne rezultate ili broj maloljetnika koji su određeni kao punoljetnici, što je etički neprihvatljivo.

Nedostatak pojedinih vidljivih pokazatelja granice punoljetništva isključuje i vratnu kralježnicu, korištenu za procjenu skeletnog razvoja u različite ortodontske i druge kliničke



stomatološke svrhe (113, 114). Cameriere i sur. (114) pokazali su kontinuirani razvoj četvrtog cervikalnog kralješka samo do 14 godina kod muškaraca i 13 godina kod žena, dok Thewissen i sur. (115) ukazuju da je kombinacija zadnjih razvojnih stadija umnjaka i skeletnog razvoja vratne kralježnice, koji uključuju raspon dobi oko 18 godina, beznačajno povećavaju točnost predviđanja dobi. Predviđanje dobi temeljeno na kombinaciji podataka o umnjacima i vratnoj kralježnici osoba starijih od 14 godina čak je i smanjeno (115). Ipak, sva istraživanja koja će ocijeniti moguće inkluzije i kombinacije svih korisnih anatomskih regija u određivanju granice pogreške u procjeni starosti ili odgovoriti na određeno pitanje, npr. je li neka osoba odrasla osoba ili maloljetnik, su dobrodošla (57, 95). Nadalje, ako je analiza ruke pokazala da je razvoj završen, preporučuje se radiološka analiza medijalnog dijela ključne kosti (110). Stadije okoštavanja hrskavice sternalnih krajeva ključne kosti teško je nedvojbeno identificirati na konvencionalnim rtg snimkama, s umjerenom pouzdanošću ispitivača (55).

Stoga rendgenske snimke ključne kosti nisu sigurne za dobivanje pouzdanih i ažuriranih rezultata koji bi mogli biti korisni za predviđanje dobi unutar vjerodostojnih intervala pouzdanosti (55, 116). CT snimka medijalne klavikularne epifize hrskavice preporučuje se za utvrđivanje je li neka osoba navršila 21 godinu života (110). CT uređaji s malom debljinom slikovnog isječka (tomografskog sloja) omogućili su analizu podstadija okoštavanja epifize hrskavice s ukupno šest podstadija, gdje je posljednji podstadij 3c pronađen samo kod minimalne dobi od 19 godina, što može biti mogući pokazatelj pravnog punoljetstva (117-119).

Danas je procjena dobi mladih odraslih osoba od posebnog interesa za pravnu i sudsku medicinu i točnost metoda imaju različite stope uspjeha (25, 99). U posljednjih nekoliko godina dolazi do velike ilegalne imigracije, prije svega iz sjeverne Afrike i Azije, u Italiji i drugim graničnim zemljama EU (120-122). Italija ima specifičan geografski položaj, na glavnoj je ulaznoj točki za imigrante iz tih zemalja, dok se Hrvatska nalazi na imigrantskoj ruti za ostale članice Europske unije. Prema godišnjem izvješću Organizacije za ekonomsku suradnju i razvoj (OECD), koja sadrži detaljne godišnje statistike o imigraciji, porast broja ilegalnih useljenika od 2010. do kolovoza 2011. godine bio je gotovo 14 puta veći (122, 123), dok se taj broj više puta povećao tijekom 2015. godine.

Imigranti bježe iz zemlje podrijetla iz različitih razloga: rata, gladi, političkog režima i drugih. (122). Veliki broj ilegalnih imigranata, tražitelja azila i maloljetnika bez pratnje ulaze u ciljane odredišta bez adekvatnih osobnih dokumenata zbog mnogih razloga i okolnosti (123). Ljudi bez dokumenata mogu biti natjerani na prisilni rad, regrutirani u vojsku, izrabljivani ili

prisiljeni na brak u pokušaju da dobiju pravne dokumente (95, 124). Osobito je važno da se ispravno i etički postupaju s maloljetnicima, da ih se ne klasificira pogrešno kao odrasle osobe u upravnim, istražnim i sudskim postupcima ovisno o tome radi li se o građanskom ili kaznenom predmetu (124, 125).

Kad su rezultati dobiveni s intervalom pouzdanosti koji uključuje dob i mogući raspon dobi, primjenjuje se etički princip *in dubio pro reo* ili u slučaju sumnje u korist ispitanika (126). Svaka metoda za procjenu dobi koja bi mogla smanjiti pogreške klasifikacije vrijedna je interesa. U slučaju procjene tehnički neprihvatljivih grešaka (kad su ispitanici koji imaju 18 godina i više klasificirani kao maloljetnici) protiv etički neprihvatljivih grešaka (maloljetnik klasificiran kao punoljetnik), u skladu s Garamendijem i sur. (57), odluka bi se trebala temeljiti u korist ispitanika s obzirom na sumnju. (39, 95, 124, 127).

Etički aspekti procjene vjerojatnosti dobi također uključuju smanjenje nepotrebnog izlaganja zračenju, tj. dodatnog radiološkog snimanja određenog područja. Efektivne doze zračenja izražene su u jedinicama Sivert (Sv, mSv,  $\mu$ Sv) te ukazuju na moguću štetu od izloženosti ionizirajućem zračenju. Osnovni čimbenik koji određuje biološki učinak uzrokovan ionizirajućim zračenjem je apsorbirana doza. Apsorbirana doza je količina energije koja se mjeri džulovima (J) predana jediničnoj masi tvari (kg) tijekom prolaska zračenja kroz nju i mjeri se u jedinicama Gray (Gy, mGy,  $\mu$ Gy) (73). Što je apsorbirana doza veća, to će biološki učinak biti veći. Apsorbirana doza se može procijeniti antropomorfnim fantomima s dozimetrima ili računalnim programima i važni su za tehnike koje uključuju visoke učinkovite doze ili izlažu osjetljiva tkiva snopu zračenja (73). Kako bismo dobili mjeru koja uvažava različiti učinak pojedinih vrsta zračenja, apsorbiranu dozu množimo faktorom karakterističnim za tu vrstu zračenja koja se naziva ekvivalentna doza. Veličina koja uvažava sve navedene čimbenike naziva se efektivna doza. Izračunava se tako da se zbroje umnošci ekvivalentnih doza i težinskih koeficijenata za ozračena tkiva i organe.

Efektivne doze standardnih radioloških snimanja su između 0,01 i 10 mili Sieverta (mSv), dok je godišnja efektivna doza zračenja na zemlji (radioizotopi i svemirsko zračenje) oko 3 mSv (73). Računalna i izravna digitalna radiografija imaju mogućnost smanjenja i efektivne i apsorbirane doze. Radiološko osoblje uključeno u dijagnostiku dužno je provoditi mjere zaštite od zračenja te uspostaviti ravnotežu između rizika i koristi određenog radiološkog snimanja (39, 73). Opisane efektivne doze variraju u literaturi. Prosječna efektivna doza za radiološku snimku koljena 0,005 mSv je niža od efektivne doze za intraoralne radiološke

snimke, u usporedbi s 0,01 mSv za panoramsku i 0,2 mSv za dentalnu CT snimku (73). Etička pitanja vezana uz postupke procjene dobi na temelju radiografskih metoda posebno su važna za povećanu migraciju i potrebni su daljnji napori za veću homogenizaciju i standardizaciju (44, 59, 124, 128).

Nova istraživanja koriste MR koljena kao neinvazivnu metodu za procjenu vjerojatnosti dobi, bez ionizirajućeg zračenja. Jopp i sur. (65) kategorizirali su sazrijevanje desne epifize proksimalnog dijela tibije (PT) magnetskom rezonancijom u tri stadija, a Dedouit i sur. (64) definirali su pet MR stadija sazrijevanja epifiza distalnog dijela femura (DF) i proksimalnog dijela tibije (PT). Dedouit i sur. (64) pokazali su da je zbog prisutnosti kontinuiranog horizontalnog intenziteta signala hrskavice između metafize i epifize koljena moguće razlikovati obrasce ploča rasta u rasponu dobi između 17 i 30 godina za oba spola. Kramer i sur. (70) proučavali su 290 MR snimki zgloba koljena muškaraca i žena u dobi između 10 i 30 godina i pokazali da se završni stadij okoštavanja epifize proksimalnog dijela tibije, odnosno minimalne granice stadija 4 (hrskavica epifize potpuno okoštala) prema Schmelingu i sur. (129), ne događa prije 18 godina. Saint-Martin i sur. (68) potvrdili su rezultate Kramera i sur. (70) na uzorku od 214 muškaraca u dobi između 14 i 20 godina. I Saint-Martin i sur. (66-68) i Kramer i sur. (70) potvrdili su da je magnetna rezonancija korisna neinvazivna tehnika za procjenu vjerojatnosti dobi adolescenata i složili su se da se spajanje epifiza na koljenu javlja ranije u žena nego u muškaraca. Nova bi istraživanja bi mogla ići u pravcu proučavanja svih triju epifiza zgloba koljena za procjenu vjerojatnosti punoljetnosti koristeći snimke magnetne rezonancije.

SKJ metodu moglo bi se primijeniti i na drugim referentnim uzorcima u različitim populacijama kako bi provjerili njenu korisnost i moguće etničke, rasne i socioekonomske učinke na preporučene i dobivene SKJ rezultate graničnih vrijednosti u određivanju punoljetstva u ovom istraživanju.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom istraživanju procijenila se učinkovitost i valjanost procjene stupnjeva spajanja epifiza s dijafizama na distalnom dijelu femura, proksimalnom dijelu tibije i proksimalnom dijelu fibule na anteroposteriornim radiološkim snimkama zgloba koljena te je ispitana pouzdanost procjene vjerojatnosti punoljetnosti temeljem opisane metodologije SKJ. Utvrđena je populacijska različitost u procjeni vjerojatnosti punoljetnosti ispitanika dviju različitih etničkih skupina kao i pouzdanost procjene vjerojatnosti dobi, tj. punoljetnosti ispitanika.

U dva uzorka ispitanika u dvije različite populacije potvrđena je populacijska specifičnost u kronologiji spajanja epifiza i dijafiza dugih kostiju zgloba koljena.

Podjela spajanja epifiza i dijafiza u tri stadija kojima se pridjeljuju bodovi 0, 1, 2 pouzdana je metodologija za procjenu vjerojatnosti dobi ispitanika.

Rezultati procjene i bodovanja svih triju epifiza (SKJ metoda) pokazuju bolju vjerojatnost ispravnog razlikovanja („razlikovna snaga“) punoljetnika i maloljetnika od rezultata bodova i procjene pojedinačnih epifiza zgloba koljena.

Primijenjena metodologija SKJ, s obzirom na vrijednost točnosti, osjetljivosti i specifičnosti, u ovom istraživanju može biti visoko pouzdana i vrlo korisna u određivanju dobi ispitanika te se može primijeniti kao samostalna ili dodatna metoda za pouzdanu procjenu vjerojatnosti punoljetnosti ispitanika.

## 7. SAŽETAK

Važni aspekti forenzične prakse su procjene dobi i razlikovanje pojedinaca nepoznate dobi kao punoljetnike ili maloljetnike. Anteroposteriorna (AP) radiološka snimka zgloba koljena prepoznata je kao anatomsko mjesto za proučavanje dobi u kasnoj adolescenciji. U dvije populacije (Umbrija, Italija i Hercegovina, Bosna i Hercegovina) provedeno je presječno, retrospektivno istraživanje na AP radiološkim snimkama lijevog koljena.

Analizirano je ukupno 446 radioloških snimaka ispitanika (234 muškarca i 212 žena) u dobi između 12 i 26 godina iz regije Umbrija i 684 radiološke snimke ispitanika (374 muškarca i 310 žena) u dobi između 10 i 27 godina iz regije Hercegovina.

Vidljivi tragovi epifiznog ožiljka uzeti su u obzir u ovom istraživanju, a stadiji spajanja kostiju, koje predlažu Cameriere i sur., promijenjeni su s modificiranom klasifikacijom jer su dosadašnja istraživanja potvrdila postojanost ove pojave, koja se uglavnom vidi na donjim ekstremitetima zbog težinskog i radnog opterećenja cjelokupnog tijela za razliku od ruku. Cohen Kappa koeficijenti unutar istraživačke pouzdanosti su 0,839; 0,894; 0,907, a 0,919; 0,791; 0,907 su koeficijenti pouzdanosti među istraživačima za stadije sazrijevanja epifiza distalnog dijela femura, proksimalnog dijela tibije i proksimalnog dijela fibule. ROC krivulje (engl. *Receiver Operator Characteristic*) rezultata SKJ (engl. *Scoring Knee Joint*) pokazuju bolju razlikovnu snagu od rezultata pojedinačnih epifiza zgloba koljena u muškaraca i žena u oba uzorka iz dvije populacije. U uzorku iz regije Umbrija vrijednosti površine ispod krivulje PIK-a (engl. *AUC, Area Under Curve*) za SKJ su 0,99 za muškarce i 0,97 za žene. Pojedinačne vrijednosti PIK-e za distalni dio femura (DF), proksimalni dio tibije (PT) i proksimalni dio fibule (PF) su 0,94; 0,96; 0,97 za muškarce i 0,89; 0,91; 0,92 za žene. Vrijednosti PIK-e u uzorku iz Hercegovine za SKJ su 0,97 za muškarce i 0,94 za žene. Pojedinačne vrijednosti PIK-e za DF, PT i PF su 0,92; 0,93; 0,94 za muškarce i 0,86; 0,88; 0,89 za žene. Kod muškaraca iz regije Umbrija, točno su klasificirani kao odrasla osoba ili maloljetnik za bodovni rezultat SKJ  $\geq 4$ , s točnošću Acc = 0,95 i rasponom pouzdanosti (95 % CI, od 0,91 do 0,97), a rezultati pokazuju da je osjetljivost (o) mjerenja bila 0,94 (95 % CI, od 0,90 do 0,97), specifičnost (s) je 0,96 (95 % CI, od 0,91 do 0,98) dok je kod žena za bodovni rezultat SKJ  $\geq 5$ , točnost je Acc = 0,90 (95 % CI od 0,85 do 0,94), a osjetljivost (o), odnosno udio pojedinaca od 18 godina ili starijih čiji je test bio pozitivan, 0,89 (95 % CI od 0,84 do 0,92) te specifičnost (s), udio pojedinaca mlađih od 18 godina čiji je test bio negativan, iznosio je 0,92 (95 % CI od 0,87 do

0,96). Kod muškaraca iz regija Hercegovina, točno su klasificirani kao odrasla osoba ili maloljetnik za bodovni rezultat  $SKJ \geq 5$ , s točnošću  $Acc = 0,92$  i rasponom pouzdanosti (95 % CI od 0,89 do 0,95). Rezultati pokazuju da je osjetljivost (o) mjerenja za muškarce bila 0,93 (95 % CI od 0,88 do 0,95), a specifičnost (s) je 0,91 (95 % CI od 0,88 do 0,95). Kod žena za bodovni rezultat  $SKJ \geq 5$ , točnost je  $Acc = 0,89$  (95 % CI od 0,86 do 0,90), a osjetljivost (o) 0,98 (95 % CI od 0,95 do 0,98) te specifičnost (s) je 0,83 (95 % CI od 0,80 do 0,84).

Ovo je istraživanje procijenilo učinkovitost i valjanost različitih stadija okoštavanja epifiza zgloba koljena i SKJ rezultata u dva uzorka iz dvije različite populacije. SKJ metodu moglo bi se primijeniti i na drugim referentnim uzorcima u različitim populacijama kako bi provjerili njenu korisnost i moguće etničke, rasne i socioekonomske učinke na preporučene i dobivene SKJ granične vrijednosti u određivanju punoljetstva u ovom istraživanju.

## 8. SUMMARY

Important aspects of forensic practice are age estimation and discrimination of individuals of unknown age as adults and minors. The developing knee joint was recognized as a potential site for age examination in late adolescence.

In this retrospective study we analyzed anteroposterior x-rays of the left knee joint in two populations (Umbria, Italy and Herzegovina, Bosnia and Herzegovina). We analyzed a sample of anteroposterior x-rays of the knee joints from 446 living individuals from Umbria, Italy (234 males and 212 females), aged between 12 and 26 years, and 684 living individuals from Herzegovina, Bosnia and Herzegovina (374 males and 310 females), aged between 10 and 27 years.

We evaluated the ossification of the distal femoral (DF), proximal tibial (PT) and proximal fibular (PF) epiphyses and we took into account possible persistence of the epiphyseal scars in the ossified epiphyses by the adopted stages of those previously introduced by Cameriere et al. We also used measurements from all three epiphyses to calculate the total score of maturation for the knee joint (SKJ).

Cohen Kappa coefficients of intra-rater agreement for staging the DF, PT and PF epiphyses were 0.839, 0.894, 0.907, while inter-rater agreement was 0.919, 0.791, 0.907 respectively. The resulting receiver operating characteristic (ROC) curves of SKJ showed better discriminatory power than those for DF, PT, PF epiphyses in predicting that the participant, either male or female, was an adult or a minor. The areas under the curves (AUC) for SKJ in Umbria were 0.99 and 0.97 while individual AUC for DF, PT and PF were 0.94, 0.96, 0.97 for male participants vs. 0.89, 0.91, 0.92 for females, respectively. The AUC for SKJ in the study population from Herzegovina were 0.97 for male and 0.94 for female, while individual AUC for DF, PT and PF were 0.92, 0.93, 0.94 for male and 0.86, 0.88, 0.89 for female, respectively.

The results in the study population from Umbria showed that SKJ score  $\geq 4$  in males and SKJ score  $\geq 5$  in females were the most suitable cut-off value in discriminating between adults and minors. The sensitivity test for males was 0.94 (95 % CI 0.90 to 0.98) and specificity was 0.96 (95 % CI 0.91 to 0.98). The proportion of correctly classified individuals was 0.95 (95 % CI 0.91 to 0.97). For females, the sensitivity test was 0.89 (95 % CI 0.84 to 0.92) and specificity was 0.92 (95 % CI 0.87 to 0.96), while the proportion of correctly classified individuals was 0.90 (95 % CI 0.85 to 0.94).

The results in the study population from Herzegovina showed that SKJ score  $\geq 5$  in males and SKJ score  $\geq 5$  in females were the most suitable cut-off value in discriminating between adults and minors. The sensitivity test for males was 0.93 (95 % CI 0.88 to 0.95) and specificity was 0.91 (95 % CI 0.88 to 0.95). The proportion of correctly classified individuals was 0.95 (95 % CI 0.91 to 0.97). For females, the sensitivity test was 0.98 (95 % CI 0.95 to 0.98) and specificity was 0.92 (95 % CI 0.87 to 0.96), while the proportion of correctly classified individuals was 0.83 (95 % CI 0.80 to 0.84).

The results of this study evaluated the validity and reliability of the distal femoral, proximal tibial and proximal fibular epiphyses ossification measurements using SKJ method in two different populations. The SKJ method should be evaluated in different populations to verify its usefulness and possible ethnic, racial and socio-economic influence on recommended SKJ cut-off values in forensic procedures for discriminating individuals of legal adult age of 18 years.



## 9. POPIS LITERATURE

1. Antropološko nazivlje. Zagreb: Hrvatsko antropološko društvo - HAD. 2013.
2. Dupras TL, Schultz JJ, Wheeler SM, Williams LJ. Forensic recovery of human remains: Archaeological approaches: CRC Press; 2011.
3. Gorjanović-Kramberger D. Paleolitički ostaci čovjeka i njegovih suvremenika iz diluvija u Krapini. Ljetopis Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti. 1899;14:90-8.
4. Mann A MJ. First Comprehensive Radiographic Study of Famous Krapina Neandertal Fossil Collection Reveals Health of Early Hominid (of 130,000 years ago): Museum Anthropology (2007, November 02); [Pristupljeno 29. listopada 2014.] Dostupno na: <http://www.academon.com/essay/museum-anthropology-99262/>.
5. Hutton Estabrook V. Sampling biases and new ways of addressing the significance of trauma in Neandertals. Michigan: The University of Michigan; 2009.
6. Ivaniček F. Istraživanje nekropole ranog srednjeg vijeka u Bijelom Brdu: Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti; 1949.
7. Ivaniček F. Staroslavenska Nekropola u Ptuj: (With a summary in English) Rezultati antropoloških istraživanja: Slovenska akademija znanosti in umetnosti v Ljubljani; 1951.
8. Pilarić G. Antropološka istraživanja starohrvatskog groblja u Daraž-Bošnjacima 1961. god: JAZU; 1967.
9. Pilarić G. Fenotipske značajke bjelobrdskih lubanja iz ranog srednjeg vijeka. Arheološki radovi i rasprave. 1968;6:263-91.
10. Pilarić G. Antropološka istraživanja slavenske populacije sa Baltinih Bara kod Gomjenice. Glasnik Zemaljskog muzeja Sarajevo. 1969;24:185-211.
11. Pilarić G, Schwidetzky I. Vukovar und Bribir: Beitrag zur Anthropologie mittelalterlicher Sudslawen. Homo. 1967;38(1):1-15.
12. Boljunčić J. Anomalije na gornjim ljuskama zatiljnih kostiju dviju brončanodobnih čovječjih lubanja iz spilje Bezdanjače kod Vrhovina u Lici. Rad Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti. 1991;458:131-42.
13. J. B. Antropološka analiza kosturnih ostataka iz srednjevjekovnog groblja Zvonimirovo kod Suhopolja (Hrvatska). Prilozi Instituta za arheologiju. 1993;10:131-48.
14. Boljunčić J. Antropološka analiza ranosrednjevjekovnog groblja Zvonimirovo–Veliko polje. Zvonimirovo i Josipovo, groblja starohrvatskog doba u Virovitičkopodravskoj županiji, Zagreb–Virovitica. 1997:53-61.

15. Rajić P, Ujčić Ž. Anthropological analysis of the late Roman/early Medieval Cemetery of Novigrad (Istria). *Collegium antropologicum*. 2003;27(2):803-8.
16. Šarić-Bužančić A. Pregled arheoloških i antropoloških istraživanja kasnosrednjovjekovnog groblja na lokalitetu Sv. Vid. Sveti Vid, Split. 1999:209-66.
17. Brkić H, Strinović D, Slaus M, Skavić J, Zečević D, Milicević M. Dental identification of war victims from Petrinja in Croatia. *International journal of legal medicine*. 1997;110(2):47-51.
18. Slaus M. Biocultural analysis of sex differences in mortality profiles and stress levels in the late medieval population from Nova Raca, Croatia. *American Journal of Physical Anthropology*. 2000;111(2):193-209.
19. Šlaus M, Orlić D, Pećina M. Osteochondroma in a skeleton from an 11th century Croatian cemetery. *Croatian medical journal*. 2000;41(3):336-40.
20. Slaus M, Pećina-Hrnčević A, Jakovljević G. Dental disease in the late Medieval population from Nova Raca, Croatia. *Collegium antropologicum*. 1997;21(2):561-72.
21. P. R. Deset godina Instituta za antropologiju. Zagreb: Hrvatsko antropološko društvo; 2002.
22. M. Š. Zagreb: Školska knjiga. 2006.
23. Komar DA, Buikstra JE. *Forensic anthropology: contemporary theory and practice*: Oxford University Press, USA; 2008.
24. Adams BJ. *Forensic Anthropology*: Infobase Publishing; 2009.
25. Cunha E, Baccino E, Martrille L, Ramsthaler F, Prieto J, Schuliar Y, et al. The problem of aging human remains and living individuals: a review. *Forensic science international*. 2009;193(1):1-13.
26. McKern TW, Stewart TD. Skeletal age changes in young American males analysed from the standpoint of age identification. DTIC Document, 1957.
27. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. *The American Journal of the Medical Sciences*. 1959;238(3):393.
28. Scheuer L, Black S, Cunningham C. *Developmental juvenile osteology*: Academic Press; 2000.
29. Konvencija o pravima djeteta od 20. studenog 1989. (New York) [Pristupljeno 4. travnja 2016]. Dostupno na: <http://www.mvep.hr/hr/vanjska-politika/multilateralni-odnosi0/multi-org-inicijative/ujedinjeni-narodi/konvencija-o-pravima-djeteta/>.

30. Narodne novine - Međunarodni ugovori, br. 12/1993. [Pristupljeno 4. travnja 2016]. Dostupno na: <http://narodne-novine.nn.hr/medunarodni/>.
31. Zakon o socijalnoj skrbi: Narodne novine, br. 157/13, 152/14, 99/15; [Pristupljeno 4. travnja 2016]. Dostupno na: <http://narodne-novine.nn.hr/default.aspx>.
32. Kazneni zakon: Narodne novine, br. 125/11, 144/12, 56/15, 61/15; [Pristupljeno 5. travnja 2016]. Dostupno na: <http://narodne-novine.nn.hr/default.aspx>.
33. Zakonom o sudovima za mladež: Narodne novine, br. 84/11, 143/12, 148/13 i 56/15; [Pristupljeno 5. travnja 2016]. Dostupno na: <http://narodne-novine.nn.hr/default.aspx>.
34. Porodični zakon Federacije Bosne i Hercegovine: Službene novine FBiH br. 35/05 i 41/05; [Pristupljeno 8. travnja 2016]. Dostupno na: <http://www.sluzbenilist.ba/page/i/joCzcxucjYo=>.
35. Porodični zakon Republike Srpske: Službeni glasnik Republike Srpske, br. 54/02, 41/08; [Pristupljeno 8. travnja 2016]. Dostupno na: [http://docs.slglasnik.org/slg/show\\_years.jsf](http://docs.slglasnik.org/slg/show_years.jsf).
36. Porodični zakon Brčko distrikta BiH: Službeni glasnik Brčko distrikta BiH; [Pristupljeno 8. travnja 2016]. Dostupno na: [https://advokat-prnjavorac.com/zakoni/porodicni\\_zakon\\_brcko\\_distrikta.pdf](https://advokat-prnjavorac.com/zakoni/porodicni_zakon_brcko_distrikta.pdf).
37. Schmeling A, Reisinger W, Geserick G, Olze A. Age estimation of unaccompanied minors. Part I. General considerations. *Forensic science international*. 2006;159 Suppl 1:S61-4.
38. Olze A, Reisinger W, Geserick G, Schmeling A. Age estimation of unaccompanied minors: Part II. Dental aspects. *Forensic science international*. 2006;159:S65-S7.
39. Aynsley-Green A. Unethical age assessment. *British dental journal*. 2009;206(7):337.
40. Kvittingen AV. Negotiating childhood: age assessment in the UK asylum system: Refugee Studies Centre; 2010.
41. Lewis ME, Flavel A. Age assessment of child skeletal remains in forensic contexts. *Forensic Anthropology and Medicine*: Springer; 2006. p. 243-57.
42. Schmeling A, Olze A, Reisinger W, Geserick G. Age estimation of living people undergoing criminal proceedings. *Lancet*. 2001;358(9276):89-90.
43. Olze A, Solheim T, Schulz R, Kupfer M, Schmeling A. Evaluation of the radiographic visibility of the root pulp in the lower third molars for the purpose of forensic age estimation in living individuals. *International journal of legal medicine*. 2010;124(3):183-6.

44. Focardi M, Pinchi V, De Luca F, Norelli GA. Age estimation for forensic purposes in Italy: ethical issues. *International journal of legal medicine*. 2014;128(3):515-22.
45. Law No. 39 of March 8, 1975, on the Recognition of the Legal Age of Majority for Citizens Having Reached 18 Years Old and Amendment of other Provisions relating to the Capacity to Act and the Right to Vote., (1975).
46. Liversidge H. Timing of human mandibular third molar formation. *Annals of Human Biology*. 2008;35(3):294-321.
47. Knottnerus J, Muris J. Assessment of the accuracy of diagnostic tests: the cross-sectional study. *Journal of clinical epidemiology*. 2003;56(11):1118-28.
48. Habbema JDF, Eijkemans R, Krijnen P, Knottnerus JA. Analysis of data on the accuracy of diagnostic tests. *The evidence base of clinical diagnosis*. 2002:117-44.
49. Konigsberg LW, Herrmann NP, Wescott DJ, Kimmerle EH. Estimation and evidence in forensic anthropology: age-at-death. *Journal of forensic sciences*. 2008;53(3):541-57.
50. Bhat VJ, Kamath GP. Age estimation from root development of mandibular third molars in comparison with skeletal age of wrist joint. *The American journal of forensic medicine and pathology*. 2007;28(3):238-41.
51. Schmidt S, Baumann U, Schulz R, Reisinger W, Schmeling A. Study of age dependence of epiphyseal ossification of the hand skeleton. *International journal of legal medicine*. 2008;122(1):51-4.
52. Schmidt S, Nitz I, Schulz R, Schmeling A. Applicability of the skeletal age determination method of Tanner and Whitehouse for forensic age diagnostics. *International journal of legal medicine*. 2008;122(4):309-14.
53. Cardoso HF. Epiphyseal union at the innominate and lower limb in a modern Portuguese skeletal sample, and age estimation in adolescent and young adult male and female skeletons. *American journal of physical anthropology*. 2008;135(2):161-70.
54. De Luca S, De Giorgio S, Butti AC, Biagi R, Cingolani M, Cameriere R. Age estimation in children by measurement of open apices in tooth roots: Study of a Mexican sample. *Forensic science international*. 2012;221(1):155. e1-. e7.
55. Cameriere R, De Luca S, De Angelis D, Merelli V, Giuliadori A, Cingolani M, et al. Reliability of Schmeling's stages of ossification of medial clavicular epiphyses and its validity to assess 18 years of age in living subjects. *International journal of legal medicine*. 2012;126(6):923-32.
56. Cameriere R, Ferrante L. Age estimation in children by measurement of carpals and epiphyses of radius and ulna and open apices in teeth: a pilot study. *Forensic science international*. 2008;174(1):60-3.

57. Garamendi PM, Landa MI, Ballesteros J, Solano MA. Reliability of the methods applied to assess age minority in living subjects around 18 years old. A survey on a Moroccan origin population. *Forensic science international*. 2005;154(1):3-12.
58. Schmeling A, Grundmann C, Fuhrmann A, Kaatsch HJ, Knell B, Ramsthaler F, et al. Criteria for age estimation in living individuals. *International journal of legal medicine*. 2008;122(6):457-60.
59. Focardi M PV, De Luca F, Norelli GA. Reply to the letter to the editor. *International journal of legal medicine*. 2014.
60. E R. Comments to Focardi et al., Age estimation for forensic purposes in Italy: ethical issues. *International journal of legal medicine*. 2014.
61. Schmidt S, Mühler M, Schmeling A, Reisinger W, Schulz R. Magnetic resonance imaging of the clavicular ossification. *International journal of legal medicine*. 2007;121(4):321-4.
62. Hillewig E, De Tobel J, Cuche O, Vandemaele P, Piette M, Verstraete K. Magnetic resonance imaging of the medial extremity of the clavicle in forensic bone age determination: a new four-minute approach. *European radiology*. 2011;21(4):757-67.
63. Hillewig E, Degroote J, Van der Paelt T, Visscher A, Vandemaele P, Lutin B, et al. Magnetic resonance imaging of the sternal extremity of the clavicle in forensic age estimation: towards more sound age estimates. *International journal of legal medicine*. 2013;127(3):677-89.
64. Dedouit F, Auriol J, Rousseau H, Rouge D, Crubezy E, Telmon N. Age assessment by magnetic resonance imaging of the knee: a preliminary study. *Forensic science international*. 2012;217(1-3):232 e1-7.
65. Jopp E, Schröder I, Maas R, Adam G, Püschel K. Proximale Tibiaepiphyse im Magnetresonanztomogramm. *Rechtsmedizin*. 2010;20(6):464-8.
66. Saint-Martin P, Rerolle C, Dedouit F, Bouilleau L, Rousseau H, Rouge D, et al. Age estimation by magnetic resonance imaging of the distal tibial epiphysis and the calcaneum. *International journal of legal medicine*. 2013;127(5):1023-30.
67. Saint-Martin P, Rerolle C, Dedouit F, Rousseau H, Rouge D, Telmon N. Evaluation of an automatic method for forensic age estimation by magnetic resonance imaging of the distal tibial epiphysis--a preliminary study focusing on the 18-year threshold. *International journal of legal medicine*. 2014;128(4):675-83.
68. Saint-Martin P, Rérolle C, Pucheux J, Dedouit F, Telmon N. Contribution of distal femur MRI to the determination of the 18-year limit in forensic age estimation. *International journal of legal medicine*. 2015;129(3):619-20.

69. Krämer JA, Schmidt S, Jürgens K-U, Lentschig M, Schmeling A, Vieth V. The use of magnetic resonance imaging to examine ossification of the proximal tibial epiphysis for forensic age estimation in living individuals. *Forensic science, medicine, and pathology*. 2014;10(3):306-13.
70. Krämer JA, Schmidt S, Jürgens K-U, Lentschig M, Schmeling A, Vieth V. Forensic age estimation in living individuals using 3.0 T MRI of the distal femur. *International journal of legal medicine*. 2014;128(3):509-14.
71. Schmidt S, Schiborr M, Pfeiffer H, Schmeling A, Schulz R. Age dependence of epiphyseal ossification of the distal radius in ultrasound diagnostics. *International journal of legal medicine*. 2013;127(4):831-8.
72. Schmidt S, Schmeling A, Zwiesigk P, Pfeiffer H, Schulz R. Sonographic evaluation of apophyseal ossification of the iliac crest in forensic age diagnostics in living individuals. *International journal of legal medicine*. 2011;125(2):271-6.
73. Mettler Jr FA, Huda W, Yoshizumi TT, Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog 1. *Radiology*. 2008;248(1):254-63.
74. Pyle SI, Hoerr NL. *Radiographic atlas of skeletal development of the knee*. 1955.
75. O'Connor J, Bogue C, Spence L, Last J. A method to establish the relationship between chronological age and stage of union from radiographic assessment of epiphyseal fusion at the knee: an Irish population study. *Journal of anatomy*. 2008;212(2):198-209.
76. O'Connor JE, Coyle J, Bogue C, Spence LD, Last J. Age prediction formulae from radiographic assessment of skeletal maturation at the knee in an Irish population. *Forensic science international*. 2014;234:188. e1-. e8.
77. O'Connor JE, Coyle J, Spence LD, Last J. Epiphyseal maturity indicators at the knee and their relationship to chronological age: Results of an Irish population study. *Clinical Anatomy*. 2013;26(6):755-67.
78. Hackman L, Black S. Age estimation from radiographic images of the knee. *Journal of forensic sciences*. 2013;58(3):732-7.
79. Schaefer MC, Black SM. Comparison of ages of epiphyseal union in North American and Bosnian skeletal material. *Journal of Forensic Science*. 2005;50(4):JFS2004497-8.
80. Roche AF, Thissen D, Chumlea W. *Assessing the skeletal maturity of the hand-wrist: Fels method*: Thomas; 1988.
81. Roche AF, H Thissen D. *Skeletal maturity: the knee joint as a biological indicator*. 1975.

82. O'Connor JE, Coyle J, Bogue C, Spence LD, Last J. Age prediction formulae from radiographic assessment of skeletal maturation at the knee in an Irish population. *Forensic Sci Int.* 2014;234:188 e1-8.
83. Cameriere R, Cingolani M, Giuliadori A, De Luca S, Ferrante L. Radiographic analysis of epiphyseal fusion at knee joint to assess likelihood of having attained 18 years of age. *International journal of legal medicine.* 2012;126(6):889-99.
84. Weiss E, DeSilva J, Zipfel B. Brief communication: radiographic study of metatarsal one basal epiphyseal fusion: a note of caution on age determination. *American journal of physical anthropology.* 2012;147(3):489-92.
85. Davies C, Hackman L, Black S. The persistence of epiphyseal scars in the distal radius in adult individuals. *International journal of legal medicine.* 2016;130(1):199-206.
86. Faisant M, Rerolle C, Faber C, Dedouit F, Telmon N, Saint-Martin P. Is the persistence of an epiphyseal scar of the knee a reliable marker of biological age? *International journal of legal medicine.* 2015;129(3):603-8.
87. Association WM. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *Jama.* 2013;310(20):2191.
88. Prieto JL, Barbería E, Ortega R, Magaña C. Evaluation of chronological age based on third molar development in the Spanish population. *International journal of legal medicine.* 2005;119(6):349-54.
89. Martin-de las Heras S, Garcia-Fortea P, Ortega A, Zdocovich S, Valenzuela A. Third molar development according to chronological age in populations from Spanish and Magrebian origin. *Forensic science international.* 2008;174(1):47-53.
90. Fletcher R FS. Diagnosis. In: Fletcher R, Fletcher S, eds. *Clinical epidemiology The essentials.* Baltimore: Wolters, Kluwer, Lippincott, Williams & Wilkins Baltimore; 2005.
91. Liversidge H, Marsden P. Estimating age and the likelihood of having attained 18 years of age using mandibular third molars. *British dental journal.* 2010;209(8):E13-E.
92. The Italian National Institute of Statistics. Resident population on the January, 1st 2014: IStat.; 2014.
93. Agencije za statistiku BiH, Demografija i socijalne statistike Sarajevo: Agencije za statistiku BiH; [Pristupljeno 4. travnja 2016]. Dostupno na: [http://www.bhas.ba/tematskibilteni/DEMOGRAFIJA\\_2015\\_BH\\_web.pdf](http://www.bhas.ba/tematskibilteni/DEMOGRAFIJA_2015_BH_web.pdf).
94. Davies C, Hackman L, Black S. The persistence of epiphyseal scars in the adult tibia. *International journal of legal medicine.* 2014;128(2):335-43.

95. De Luca S, Biagi R, Begnoni G, Farronato G, Cingolani M, Merelli V, et al. Accuracy of Cameriere's cut-off value for third molar in assessing 18 years of age. *Forensic science international*. 2014;235:102. e1-. e6.
96. Rai B KJ. *Dental Age Estimation. Evidence-Based Forensic Dentistry* Springer Berlin Heidelberg. 2013:pp. 35-63.
97. Schmeling A, Reisinger W, Loreck D, Vendura K, Markus W, Geserick G. Effects of ethnicity on skeletal maturation: consequences for forensic age estimations. *International journal of legal medicine*. 2000;113(5):253-8.
98. Schmeling A, Schulz R, Danner B, Rösing FW. The impact of economic progress and modernization in medicine on the ossification of hand and wrist. *International journal of legal medicine*. 2006;120(2):121-6.
99. Schmeling A, Prieto JL, Landa MI, Garamendi PM. *Forensic age estimation in unaccompanied minors and young living adults*: INTECH Open Access Publisher; 2011.
100. Cameriere R DAD, Ferrante L, Scarpino F, Cingolani M. Age estimation in children by measurement of open apices in teeth: a European formula. *International journal of legal medicine*. 2007(121):449-53.
101. Thevissen P, Altalie S, Brkić H, Galić I, Fieuws S, Franco A, et al., editors. *Comparing 14 country-specific populations on third molars development: consequences for age predictions of individuals with different geographic and biological origin*. International Congress of IOFOS on Forensic Odontology; 2013.
102. Cameriere R, Ferrante L, De Angelis D, Scarpino F, Galli F. The comparison between measurement of open apices of third molars and Demirjian stages to test chronological age of over 18 year olds in living subjects. *International journal of legal medicine*. 2008;122(6):493-7.
103. Cameriere R, Santoro V, Roca R, Lozito P, Introna F, Cingolani M, et al. Assessment of legal adult age of 18 by measurement of open apices of the third molars: Study on the Albanian sample. *Forensic science international*. 2014;245:205. e1-. e5.
104. Galić I, Lauc T, Brkić H, Vodanović M, Galić E, Biazevic MGH, et al. Cameriere's third molar maturity index in assessing age of majority. *Forensic science international*. 2015;252:191. e1-. e5.
105. Deitos AR, Costa C, Michel-Crosato E, Galić I, Cameriere R, Biazevic MGH. Age estimation among Brazilians: Younger or older than 18? *Journal of forensic and legal medicine*. 2015;33:111-5.
106. Olze A, van Niekerk P, Schulz R, Ribbecke S, Schmeling A. The influence of impaction on the rate of third molar mineralisation in male black Africans. *International journal of legal medicine*. 2012;126(6):869-74.



107. Cameriere R, Brkic H, Ermenc B, Ferrante L, Ovsenik M, Cingolani M. The measurement of open apices of teeth to test chronological age of over 14-year olds in living subjects. *Forensic science international*. 2008;174(2):217-21.
108. Ambarkova V, Galić I, Vodanović M, Biočina-Lukenda D, Brkić H. Dental age estimation using Demirjian and Willems methods: cross sectional study on children from the Former Yugoslav Republic of Macedonia. *Forensic science international*. 2014;234:187. e1-. e7.
109. Galić I, Vodanović M, Janković S, Mihanović F, Nakaš E, Prohić S, et al. Dental age estimation on Bosnian–Herzegovinian children aged 6–14 years: Evaluation of Chaillet's international maturity standards. *Journal of forensic and legal medicine*. 2013;20(1):40-5.
110. Schmeling A, Geserick G, Reisinger W, Olze A. Age estimation. *Forensic science international*. 2007;165(2):178-81.
111. Cameriere R, De Luca S, Biagi R, Cingolani M, Farronato G, Ferrante L. Accuracy of three age estimation methods in children by measurements of developing teeth and carpals and epiphyses of the ulna and radius. *Journal of forensic sciences*. 2012;57(5):1263-70.
112. Greulich WW P, Pyle SI. *Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist*. edition. S, editor. Stanford, London: Stanford University Press, Oxford University Press; 1959.
113. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA, editors. *The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics*. *Seminars in Orthodontics*; 2005: Elsevier.
114. Cameriere R, Giuliadori A, Zampi M, Galić I, Cingolani M, Pagliara F, et al. Age estimation in children and young adolescents for forensic purposes using fourth cervical vertebra (C4). *International journal of legal medicine*. 2015;129(2):347-55.
115. Thevissen P, Kaur J, Willems G. Human age estimation combining third molar and skeletal development. *International journal of legal medicine*. 2012;126(2):285-92.
116. Wittschieber D, Ottow C, Vieth V, Küppers M, Schulz R, Hassu J, et al. Projection radiography of the clavicle: still recommendable for forensic age diagnostics in living individuals? *International journal of legal medicine*. 2015;129(1):187-93.
117. Kellinghaus M, Schulz R, Vieth V, Schmidt S, Pfeiffer H, Schmeling A. Enhanced possibilities to make statements on the ossification status of the medial clavicular epiphysis using an amplified staging scheme in evaluating thin-slice CT scans. *International journal of legal medicine*. 2010;124(4):321-5.
118. Kellinghaus M, Schulz R, Vieth V, Schmidt S, Schmeling A. Forensic age estimation in living subjects based on the ossification status of the medial clavicular epiphysis as

- revealed by thin-slice multidetector computed tomography. *International journal of legal medicine*. 2010;124(2):149-54.
119. Wittschieber D, Schulz R, Vieth V, Küppers M, Bajanowski T, Ramsthaler F, et al. The value of sub-stages and thin slices for the assessment of the medial clavicular epiphysis: a prospective multi-center CT study. *Forensic science, medicine, and pathology*. 2014;10(2):163-9.
  120. Zelic K, Galic I, Nedeljkovic N, Jakovljevic A, Milosevic O, Djuric M, et al. Accuracy of Cameriere's third molar maturity index in assessing legal adulthood on Serbian population. *Forensic science international*. 2016;259:127-32.
  121. Nuzzolese E, Solarino B, Liuzzi C, Di Vella G. Assessing chronological age of unaccompanied minors in Southern Italy. *The American journal of forensic medicine and pathology*. 2011;32(3):202-7.
  122. The Organisation for Economic Co-operation and Development. *International Migration Outlook 2014*. Paris: OECD Publishing; 2014.
  123. The Organisation for Economic Co-operation and Development. *International Migration Outlook 2013*. Paris: OECD Publishing; 2013.
  124. Thevissen P, Kvaal S, Dierickx K, Willems G. Ethics in age estimation of unaccompanied minors. *Journal of Forensic Odonto-Stomatology*. 2012;30(1):85-102.
  125. Corradi F, Pinchi V, Barsanti I, Manca R, Garatti S. Optimal age classification of young individuals based on dental evidence in civil and criminal proceedings. *International journal of legal medicine*. 2013;127(6):1157-64.
  126. Lajolo C, Giuliani M, Cordaro M, Marigo L, Marcelli A, Fiorillo F, et al. Two new oro-cervical radiographic indexes for chronological age estimation: A pilot study on an Italian population. *Journal of forensic and legal medicine*. 2013;20(7):861-6.
  127. Aynsley-Green A, Cole T, Crawley H, Lessof N, Boag L, Wallace R. Medical, statistical, ethical and human rights considerations in the assessment of age in children and young people subject to immigration control. *British medical bulletin*. 2012;102(1):17-42.
  128. Rudolf E. Comments to Focardi et al., Age estimation for forensic purposes in Italy: ethical issues. *International journal of legal medicine*. 2014.
  129. Schmeling A, Schulz R, Reisinger W, Mühler M, Wernecke K-D, Geserick G. Studies on the time frame for ossification of the medial clavicular epiphyseal cartilage in conventional radiography. *International journal of legal medicine*. 2004;118(1):5-8.

## 10. ŽIVOTOPIS

### OSOBNI PODATCI

**Ime i prezime:** Frane Mihanović

**Datum rođenja:** 9. listopada 1962.

**Adresa stanovanja:** Mirni put 2, Split

**Telefon:** 021 325 110

**Mobitel:** 091 2564 804

**E-mail:** [frane.mihanovic@ozs.unist.hr](mailto:frane.mihanovic@ozs.unist.hr); [frane.mihanovic@gmail.com](mailto:frane.mihanovic@gmail.com)

### MATERINSKI JEZIK

Hrvatski jezik

### OSTALI JEZICI

Engleski jezik (aktivno)

Njemački jezik (pasivno)

### OBRAZOVANJE:

1969. – 1977. Osnovna škola „Strožanac”, Split

1977. – 1981. Zdravstveni obrazovni centar, Split

1982. – 1984. Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Viša medicinska škola, Zagreb

2002. – 2003. Zdravstveno veleučilište, Zagreb

2007. – 2008. Fakultet zdravstvenih studija Mostar, BiH

2008. – 2011. Fakultet zdravstvenih studija Mostar, BiH
2011. → Poslijediplomski doktorski studij „Klinička medicina utemeljena na dokazima“, Medicinski fakultet Sveučilišta u Splitu

#### **ZAPOSLENJA I AKTIVNOSTI:**

1984. – 1989. Inženjer medicinske radiologije na Zavodu za radiologiju KBC Split
1989. – 1995. Glavni inženjer na Zavodu za radiologiju, KBC Split, Dragovoljac domovinskog rata, član Sanitetskog stožera za srednju i sjevernu Dalmaciju Ministarstva zdravstva od 1991. do 1995. godine
1996. – 2007. Siemens d. d., voditelj ureda tvrtke u regiji, aplikacijski specijalist, odgovorna osoba u Siemensu za Agenciju za lijekove i medicinske uređaje
2007. – 2008. Pomoćnik glavnog ravnatelja za medicinsku tehnologiju, Poliklinika Sunce, Zagreb
2008. – 2011. Medicinski Fakultet Split, Voditelj službe za izgradnju i održavanje
2011. → Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, pomoćnik pročelnika Odjela za nastavu, viši predavač

#### **NASTAVNE AKTIVNOSTI:**

1998. → Sudjeluje u nastavi na Medicinskom Fakultetu u Splitu
2002. → Sudjeluje u nastavi na Fakultetu zdravstvenih studija u Mostaru
2009. → Viši predavač na Umjetničkoj akademiji u Splitu
2011. → Pozvani predavač na Sveučilištu u Dubrovniku Odjelu za umjetnost i restauraciju
2011. → Viši predavač na Sveučilišnom odjelu zdravstvenih studija Sveučilišta u Splitu, pomoćnik Pročelnika odjela za nastavu i studentska pitanja, voditelj laboratorija kliničkih vještina

**ČLANSTVA:**

Član reakreditacijske skupine Nacionalne agencije Republike Slovenije za kakovost v visokem šolstvu (NAKVIS) za reakreditaciju studijskog programa 2. stupnja Radiološke tehnologije.

Član radne skupine MZOS-a za usklađivanje studijskih programa sestrinstva s odredbama Direktive 2005/36/EC.

Član radne skupine IAEA (engl. *International Atomic Energy Agency*) na projektu RER6022 9001, Strengthening Knowledge of Radiation Oncologists and Radiation Therapists, Workshop on Education of RTTs in Europe: Current Situation and the Way Forward.

Član Komisije za priznavanje inozemne stručne kvalifikacije HKZR SR ZRTD

Član Vijeća Hrvatske komore zdravstvenih radnika.

Član Hrvatskog društva inženjera medicinske radiologije.

**RADOVI:****Stručni i znanstveni radovi**

1. Donelli, **F. Mihanović**. Metode snimanja i konzervacija metalnih arheoloških predmeta. VHAD; str. 459, svezak 90–91.1999., Split
2. **F. Mihanović**, J. Matijević, J. Bačak. Slika Sv. Obitelji sa Sv. Ivanom iz samostana Sv. Frane u Splitu – istraživanje i restauracija. Kulturna baština 35, str. 189–202, Split, 2009.
3. **F. Mihanović**. CR – kompjuterizirana radiografija. Radiološki vjesnik 1/2002. str. 4–8.
4. Lj. Žunić, **F. Mihanović**. Značaj poznavanja medicinskog prava za zdravstvene radnike. Radiološki vjesnik 4/2009. str. 4–10.
5. **F. Mihanović**, N. Bezić, V. Dunkić, E. Vuko, J. Matijević. Skulptura raspetoga Krista iz lopudske crkve Gospe od Šunja. Proučavanje unutarnje građe uz pomoć CT uređaja. Identifikacija pojedinih materijala. Matica hrvatska, časopis Dubrovnik, 2010., str. 43-69.
6. Vladimir J. Šimunović, Marija Županović, **Frane Mihanović**, Tatijana Zemunik, Nikola Bradarić, Stipan Janković. In Search of a Croatian Model of Nursing Education. CMJ 2010; 51; 383-95.
7. Stipan Janković, **Frane Mihanović**, Vladimir Šimunović. The Croatian Model of University Education for Health Professionals. Coll. Antropol. 34 (2010) 4: 1481-1485.

8. Galić I, Vodanović M, Janković S, **Mihanović F**, Nakaš E, Prohić S, Galić E, Brkić H. Dental age estimation on Bosnian-Herzegovinian children aged 6-14 years: Evaluation of Chaillet's international maturity standards. *Journals of Forensic and Legal Medicine* (2012)
9. Lj. Žunić, **F. Mihanović**. Visoko obrazovanje zdravstvenih radnika na sveučilišnom odjelu zdravstvenih studija Sveučilišta u Splitu, V. Kongres pravnika u zdravstvu s međunarodnim sudjelovanjem, Makarska, 2012. str. 98-114.
10. Matko Marušić, Mladen Mimica, Frane Mihanović, Stipan Janković. Doktorat iz zdravstvenih znanosti: stručne potrebe i zakonske zadanosti. *Medix*, prosinac 2012. God. XVIII, br. 103.
11. Matko Marušić, Mladen Mimica, **Frane Mihanović**, Stipan Janković. Doctoral degree in health professions: Professional needs and legal requirement\*. *Acta Medica Academica* 2013;42(1):61-70
12. Dejana Pranjić, Marija Frković, Tomislav Viculin, **Frane Mihanović**. Od Crooksove do Straton rendgenske cijevi, *Radiološki vjesnik* 1/2015. str. 18–22
13. Stipčić A, Ćorić T, Erceg M, **Mihanović F**, Kolčić I, Polašek O. Socioeconomic inequalities show remarkably poor association with health and disease in Southern Croatia. *Int J Public Health*. 2015 May;60(4):417-26. doi: 10.1007/s00038-015-0667-x. Epub 2015 Mar 3.
14. Batinić T, **Mihanović F**, Bresković T, Zubin-Maslov P, Lojpur M, Mijacika T, Dujic Z. Dynamic diaphragmatic MRI during apnea struggle phase in breath-hold divers. *Respir Physiol Neurobiol*. 2016 Feb 1;222:55-62. doi: 10.1016/j.resp.2015.11.017. Epub 2015 Nov 28.
15. Ivan Galić, **Frane Mihanović**, Alice Giuliadori, Federica Conforti, Mariano Cingolani, Roberto Cameriere. Accuracy of scoring of the epiphyses at the knee joint (SKJ) for assessing legal adult age of 18 years. *Int J Legal Med*.130 (4):1129-42.DOI 10.1007/s00414-016-1348-x., First online: 30 March 2016

### Kongresna priopćenja

1. Anđelinović, Šimun; Janković, Stipan; Vilović, Katarina; **Mihanović, Frane**; Anterić, Ivana; Bašić, Željana; Crnjac, Josip; Ferenček, Zoran. Fenomen neraspadnutosti Svetih Tijela i važnost znanstvene obrade relikvija. *Međunarodno znanstveno savjetovanje* 20. travnja 2012. Vodnjan.

2. **Frane Mihanović**, Tea Katunarić, Jurica Matijević, Lara Aranza. Primjena računalne tomografije kao nedestruktivne dijagnostičke metode u konzervaciji i restauraciji. KRUH, 7. – 8. prosinca 2012.
3. Anđelinović Š, Janković S, Vilović K, **Mihanović F**, Anterić I, Bašić Ž, Ferencsek Z, Mršić G, Crnjac J. Virtual autopsy and forensic anthropology of mummified catholic saints in croatia. ISABS, lipanj 2013. Split
4. Škarić, Ksenija, **Mihanović, Frane**. Conservation and Presentation of the Corpi Santi in the Church of St Blasius in Vodnjan, Istria, Contributions to the Istanbul Congress 20-24 September 2010.
5. **Mihanović F.**, Short overview Digital radiographic procedure at Academy of Art University of Split – Croatia, ConCERto, 1. – 3. November, 2010. Bucharest
6. **Mihanović F.** Hrvatski model obrazovanja zdravstvenih radnika, 13. Konferencija medicinskih sestara i tehničara, 16. – 17-. svibnja 2013.
7. Šustić Sandra, Lujčić Zrinka, Zagora Jelena, Zubin Ferri Tea, **Mihanović Frane**. Beneath the surface of mimetic retouching. The 1st International Meeting on Retouching of Cultural Heritage, RECH1, 19.10.2013. Porto, Portugal,
8. Mile Dželalija, **Frane Mihanović** "Morski" valovi u zdravstvu. Festival znanosti, 10. travnja 2014. Split
9. Lara Aranza, Tea Katunarić, Jure Matijević, **Frane Mihanović**. Computed tomography as a non-destructive diagnostic method in the field of conservation and restoration. 5th Meeting X-ray and other techniques in investigations of the objects of cultural heritage. 14-17 May 2014, Krakow
10. Tea Galic, Josko Bozic, Ivan Galic, Natalija Ivkovic, **Frane Mihanovic**, Tina Ticinovic Kurir, Zoran Dogas. An adjustable mandibular advancement device for the treatment of obstructive sleep apnea syndrome and its implications on glucose metabolism: a prospective 1-year follow-up study. 22nd Congress of the European Sleep Research Society, Tallinn, Estonia 16-20 September 2014.
11. **Frane Mihanović**, Stipan Janković., Visoko obrazovanje radioloških tehnologa na sveučilišnom Odjelu za zdravstvene studije Sveučilišta u Splitu. I kongres radiološke tehnologije, 26. – 28. rujna 2014. Marija Bistrica
12. Stipan Janković, **Frane Mihanović**, Vladimir Šimunović, Hrvatski model sveučilišnog obrazovanja zdravstvenih radnika. I kongres radiološke tehnologije, 26. – 28. rujna 2014. Marija Bistrica.

13. Ljubica Žunić, **Frane Mihanović**, Zakonski okvir visokog obrazovanja zdravstvenih radnika u Republici Hrvatskoj. I kongres radiološke tehnologije, 26. – 28. rujna 2014. Marija Bistrica.
14. Batinić T, **Mihanović F**, Zubin P, Lojpur M, Dujić Ž. Analysis of involuntary diaphragmatic movement in elite breath-hold divers – MRI study. 6. Kongres Hrvatskog društva radiologa s međunarodnim sudjelovanjem, 2. – 5. listopada 2014. Osijek
15. Katunarić T, **Mihanović Frane.**, Multi-Slice computer tomography (MSCT) as a non-destructive diagnostic method in the field of conservation-restauration of underwater archaeological objects., IKUWA 5, 15. – 18. October 2014.
16. **Mihanović F**, Žunić Lj. Radiološki tehnolog – razine kvalifikacije, profesionalni i pravni okvir / Radiologic Technologist - Qualification Levels, Professional And Legal Framework, SEETRO, 2. Regionalni kongres, Zagreb, October 2015.
17. Žunić L, **Mihanović F**. Pravo u zdravstvu – moć edukacije u službi prevencije, Međunarodni simpozij „Medicinsko pravo u sustavu zdravstvene djelatnosti“, Plitvice, studeni 2015.
18. Jerković, I., **Mihanović, F.**, Bašić, Ž., Kružić, I., Anđelinović, Š., & Janković, S. (2016, January). Paleoradiological analysis of the body of St. Paul-archbishop of Constantinople. In World anthropologies and privatization of knowledge: engaging anthropology in public.

#### **PROJEKTI:**

1. IPA Komponenta IV Projekt „Konkurentno hrvatsko visoko obrazovanje za bolju zapošljivost“ Priznavanje i vrednovanje neformalnog i informalnog učenja, MZOS
2. Projekt SOZS-a financiran od strane EU i ESF-a, „Izrada standarda zanimanja/kvalifikacija uz unaprjeđenje zdravstvenih studijskih programa“ HR 3.1.15 – 0051

#### **KNJIGE I SKRIPTE:**

1. S. Janković, **F. Mihanović** i suradnici. Radiološki uređaji i oprema u radiologiji, radioterapiji i nuklearnoj medicini, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Split, 2015.



2. S. Janković, **F. Mihanović**. Uvod u radiologiju, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Split, 2013.
3. **F. Mihanović**. Computed tomography as a method in conservation and restoration, Saarbrücken, LAP, LAMBERT Academic Publishing, 2013.
4. S. Janković, D. Eterović. Fizikalne osnove i klinički aspekti medicinske dijagnostike, Zagreb, Medicinska naklada, 2002., poglavlje **F. Mihanović** str. 137–159.
5. **F. Mihanović**. Radiografija u konzervaciji i restauraciji. Split, 2009. (skripta).
6. A. Buća, **F. Mihanović**. Radiografski proces i načini obrade slike u radiologiji, Split, 2004. (skripta).

**OSTALO:**

Služim se računalom (MS Office aplikacije) i statističkim aplikacijama MedCalc i Statistica te aplikacijama Adobe Photoshop, AutoCAD, CorelDRAW, DICOM preglednicima radioloških slika, kao i RIS/PACS sustavima u području digitalne i digitalizirane radiografije.