

# Optička koherentna tomografija u dijagnostici koronarne bolesti

---

**Adamović, Ivona**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:105:661595>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-24**



*Repository / Repozitorij:*

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

MEDICINSKI FAKULTET

Ivona Adamović

# Optička koherentna tomografija u dijagnostici koronarne bolesti

DIPLOMSKI RAD



Zagreb, 2021.

Ovaj diplomski rad izrađen je u Klinici za bolesti srca i krvnih žila, KBC Zagreb pod vodstvom prof. dr.sc. Boška Skorića i predan na ocjenu u akademskoj godini 2020./2021.

## POPIS KRATICA

AKS- akutni koronarni sindrom (eng. *acute coronary syndrome*)

BMS- *bare metal stent*

CAV- koronarna vaskulopatija presatka (eng. *cardiac allograft vasculopathy*)

CIN- kontrastom-uzrokovana nefropatija (eng. *contrast-induced nephropathy*)

DES- *drug-eluting stent*

IVUS- intravaskularni ultrazvuk (eng. *intravascular ultrasound*)

OCT- optička koherentna tomografija (eng. *optical coherence tomography*)

PCI- perkutana koronarna intervencija (eng. *percutaneous coronary intervention*)

SCAD- spontana koronarna disekcija (eng. *spontaneous coronary artery dissection*)

TCFA- aterom s tankim pokrovom (eng. *thin-cap fibroatheroma*)

ThCFA- aterom s debelim pokrovom (eng. *thick-cap fibroatheroma*)

# Sadržaj

|  |    |
|--|----|
| SAŽETAK.....   | 5  |
| SUMMARY.....   | 6  |
| 1. Uvod.....   | 1  |
| 2. Fizikalni princip optičke koherentne tomografije .....                  | 2  |
| 3. Tehnika izvođenja OCT-a.....  | 3  |
| 4. Primjena OCT-a u intervencijskoj kardiologiji.....                      | 5  |
| 5. Komplikacije OCT-om vođene PCI .....                                    | 12 |
| 6. Klinička istraživanja .....   | 12 |
| 7. Morfologija normalne koronarne arterije na OCT-u.....                   | 13 |
| 8. Mehanizam nastanka plaka i rupture .....                                | 15 |
| 9. Analiza lezija koronarne arterije i karakteristike plaka na OCT-u ..... | 19 |
| Fibrozni plak .....  | 20 |
| Lipidom bogati aterosklerotski plak .....                                  | 21 |
| Kalcificirani plak.....  | 21 |
| Nakupljanje makrofaga .....  | 22 |
| Rupturirani plak.....  | 23 |
| Erozija plaka .....  | 24 |
| Tromb .....  | 25 |
| Disekcija plaka.....   | 26 |
| Neovaskularizacija.....  | 26 |
| Vaskulopatija srčanog presatka .....                                       | 27 |
| OCT u evaluaciji postavljenog stenta .....                                 | 28 |
| 10. Zaključak .....  | 32 |
| 11. Zahvale.....   | 33 |
| 12. Literatura .....   | 34 |
| 13. Životopis .....  | 38 |

## **SAŽETAK**

### **OPTIČKA KOHERENTNA TOMOGRAFIJA U DIJAGNOSTICI KORONARNE BOLESTI**

**Ivona Adamović**

Optička koherentna tomografija (OCT) jedna je od intravaskularnih metoda oslikavanja koronarnih arterija koja se koristi u dijagnostici koronarne bolesti. Primjena OCT-a u kardiologiji počela je 90-ih godina prošlog stoljeća, najviše u intervencijskoj kardiologiji kao nadopuna ostalim tehnikama oslikavanja, koronarografiji i intravaskularnom ultrazvuku. Ovo je metoda koja koristeći infracrvenu svjetlost, zbog svoje visoke rezolucije omogućuje jasno razlikovanje slojeva stijenke krvne žile uz detaljni prikaz morfologije aterosklerotskog plaka i intravaskularnih struktura. OCT omogućuje prepoznavanje različitih vrsta plakova, kao što su fibrozni plak, kalcificirani plak, te lezija s tankim fibroznim pokrovom. OCT omogućuje prikaz cijele cirkumferencije arterije, te lezija koje nije moguće vidjeti na klasičnoj koronarografiji (erozija, disekcija plaka) što je vrlo bitno kod evaluacije uzroka nastalog infarkta miokarda. Također, OCT omogućuje optimizaciju implantacije stenta te prilagodbu PCI strategije kod pojedinih pacijenata. Pomoću OCT-a moguće je preciznije odrediti potrebnu veličinu stenta, odnosno optimizirati rezultat prepoznavanjem neadekvatne ekspanzije i/ili apozicije stenta. Osim navedenog, OCT se može koristiti u pacijenata nakon transplantacije srca u dijagnostici koronarne vaskulopatije presatka, koja je česta komplikacija i jedna od ključnih uzroka zatajenja presatka.

**KLJUČNE RIJEČI:** OCT, koronarna bolest, aterosklerotski plak, stent, koronarna vaskulopatija presatka

## **SUMMARY**

### **OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF CORONARY ARTERY DISEASE**

**Ivona Adamović**

Optical coherence tomography (OCT) is an intravascular imaging modality used in the diagnosis of coronary artery disease. The use of OCT in cardiology has started in the early 90s of the last century, mostly in intervention cardiology as a complementary imaging modality for coronary angiography and intravascular ultrasound. It uses infrared light and because of its high resolution allows a clear distinction of vessel wall layers and a detailed view of atherosclerotic plaque morphology and intravascular structures. OCT allows distinction between different types of plaques, such as fibrous plaque, calcified plaque, and thin cap fibroatheroma. It allows visualization of the whole arterial circumference, and also lesions that cannot be seen on the classic coronary angiography (plaque erosion, plaque dissection) which is very important in evaluating the cause of myocardial infarction. Also, OCT is useful in stent implantation optimization and adjusting the PCI strategy in different patients. With the help of OCT, it is possible to more precisely determine the required stent size for implantation and detect the inadequate expansion of the stent and/or stent position. After that, it is possible to optimize the result of stent implantation. Also, OCT can be used in patients after heart transplantation in the diagnosis of cardiac allograft vasculopathy, a common complication after transplantation and one of the most important causes of graft failure.

**KEY WORDS:** OCT, coronary artery disease, atherosclerotic plaque, stent, cardiac allograft vasculopathy

## 1. Uvod

Optička koherentna tomografija (OCT) relativno je nova metoda koja se u dijagnostici koronarne bolesti počela primjenjivati 1990-ih godina. Riječ je o intravaskularnoj tehnici snimanja koronarnih arterija s kojom je moguće prikazati strukturu stijenke arterije te građu aterosklerotskih plakova. Najveća prednost OCT-a je dobra razlučivost koja omogućuje detaljni morfološki prikaz lezija koje nije moguće vidjeti na koronarografiji, koja je u načelu metoda luminografije. Također, vrlo je korisna uporaba OCT-a za planiranje i optimiziranje perkutane koronarne intervencije (izbor veličine stenta/-ova koji će se implantirati, provjera adekvatne ekspanzije i apozicije implantiranih stentova), detekciju komplikacija nakon PCI (tromboza, restenoza), te za praćenje razvoja koronarne vaskulopatije presatka nakon transplantacije srca. U dijagnostici koronarne bolesti najstarija i najznačajnija metoda je koronarografija koja je ujedno i zlatni standard za pregled anatomije krvnih žila. Iako se s koronarografijom može vidjeti suženje lumena i u većini slučajeva je ona sama po sebi dovoljna, ponekad je potrebno vidjeti strukturu samog plaka, odnosno stijenke koronarne arterije. Za određivanje morfologije plaka postoje dvije metode - intravaskularni ultrazvuk (IVUS) i OCT. Iako se intravaskularni ultrazvuk duže i češće primijenjuje, IVUS ima slabiju rezoluciju za karakterizaciju suptilnih promjena unutar stijenke krvne žile, ali za razliku od OCT-a može prikazati dublje strukture što je osobito važno kod značajnog zadebljanja stijenke uslijed progresije plaka. (1)

Za razliku od IVUS-a koji koristi zvučne valove, OCT koristi infracrvenu svjetlost valne duljine oko 1300 nm. Visoka razlučivost slike i snažan kontrast između lumena koronarne arterije i stijenke koronarne arterije omogućuje brzu i pouzdanu interpretaciju slike. (2) Na slici snimljenoj OCT-om moguće je vidjeti gotovo histološku građu arterije te promjene u strukturi stijenke prije nego što iste dovedu do promjena lumena koje su vidljive na koronarografiji. (3)

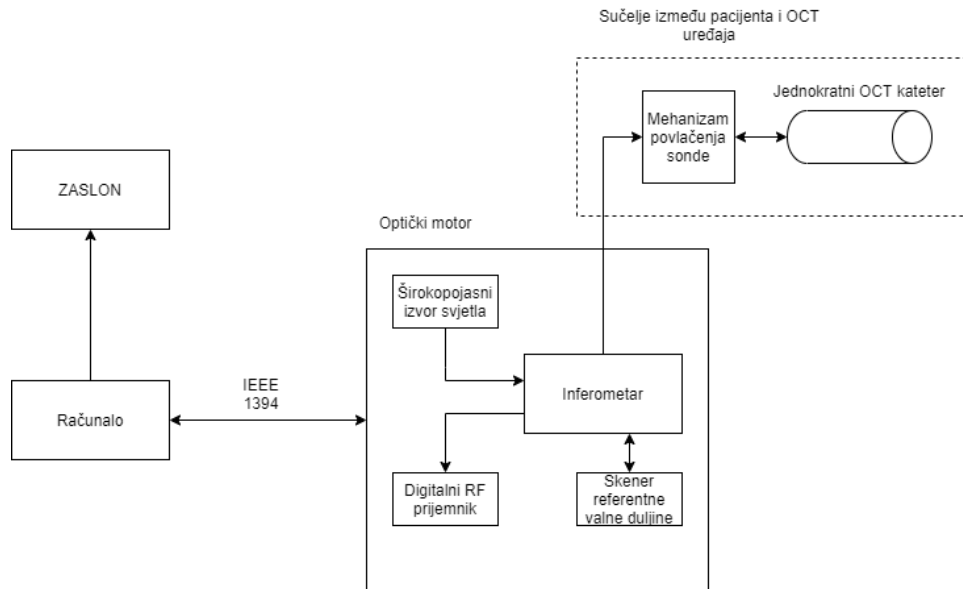
Svaka od metoda snimanja koronarnih arterija ima svoje prednosti i nedostatke, a za praktični klinički rad ih je važno poznavati i međusobno nadopunjavati ovisno o indikaciji.



## 2. Fizikalni princip optičke koherentne tomografije

Optička koherentna tomografija (OCT) je intravaskularna tehnologija oslikavanja koja se sastoji od tanke rotirajuće sonde smještene na vrhu intravaskularnog katetera, zatim optičkog motora i računala. Jezgra sonde je optičko vlakno koje emitira infracrvenu svjetlost valne duljine oko 1300 nm. Valna duljina od 1300 nm ima minimalni gubitak energije, točnije minimalno se apsorbira u okolnim tkivima, proteinima, vodi, hemoglobinu i lipidima što ju čini pogodnom za ovu tehniku snimanja. Kako bi se žila snimila longitudinalno, sonda ima mehanizam koji istovremeno povlači optičko vlakno od distalno prema proksimalno, te ga istovremeno rotira, što omogućuje snimanje cijele cirkumferencije arterije. Valovi svjetlosti koju odašilje optičko vlakno djelomično se apsorbiraju, a djelomično reflektiraju od okolnog tkiva. Količina reflektiranih i apsorbiranih valova ovisi o optičkim svojstvima mikrostruktura. Optički motor (Slika 1) je dio OCT uređaja koji prikuplja reflektirane svjetlosne signale, obrađuje ih te prevodi u sliku. Dvodimenzionalna slika koja nastaje, generirana je intenzitetom reflektiranih valova svjetlosti. (3) (4) Zbog visoke aksijalne rezolucije (10-15  $\mu\text{m}$ ), na slici je moguće vidjeti slojeve stijenke krvne žile koje možemo usporediti s histološkim preparatom. Iako OCT ima visoku rezoluciju slike, zbog same prirode svjetlosti, ona ne prodire duboko. Budući da se intenzitet svjetlosti smanjuje prolaskom kroz strukture, OCT ima manju dubinu prodiranja u usporedbi s IVUS-om. (2) Obzirom da eritrociti nisu transparentne strukture te uzrokuju raspršenje odaslane svjetlosti, kod snimanja OCT-om od iznimne je važnosti pražnjenje arterije od krvi za vrijeme snimanja. Ovo se izvodi neokluzivnom tehnikom, koja za razliku od starije okluzivne tehnike ne zahtjeva zatvaranje lumena žile balonom. Neokluzivna tehnika koristi brzo injiciranje kontrasta kroz vodeći kateter za vrijeme samog snimanja čime se arterija privremeno isprazni od krvi. (3) Nastala dvodimenzionalna slika snimljena OCT-om, prikazuje poprečni i longitudinalni presjek koronarne arterije u gradijentima boja, sive ili češće, paletom boja od crne (koja označava niski OCT signal), preko smeđe, žute pa sve do bijele, koja označava visoki OCT signal. (2) Brzina snimanja iznosi 180 sličica u sekundi (engl. *frames*), što u tzv. „*survey*“ modalitetu snimanja pri brzini povlačenja optike od 36 mm/sec proizvodi 5 sličica po milimetru oslikane dužine arterije, a u „*high-resolution*“ modalitetu snimanja

(koji daje više detalja) i brzini optike od 18 mm/sec proizvodi čak 10 sličica po milimetru oslikane dužine arterije.



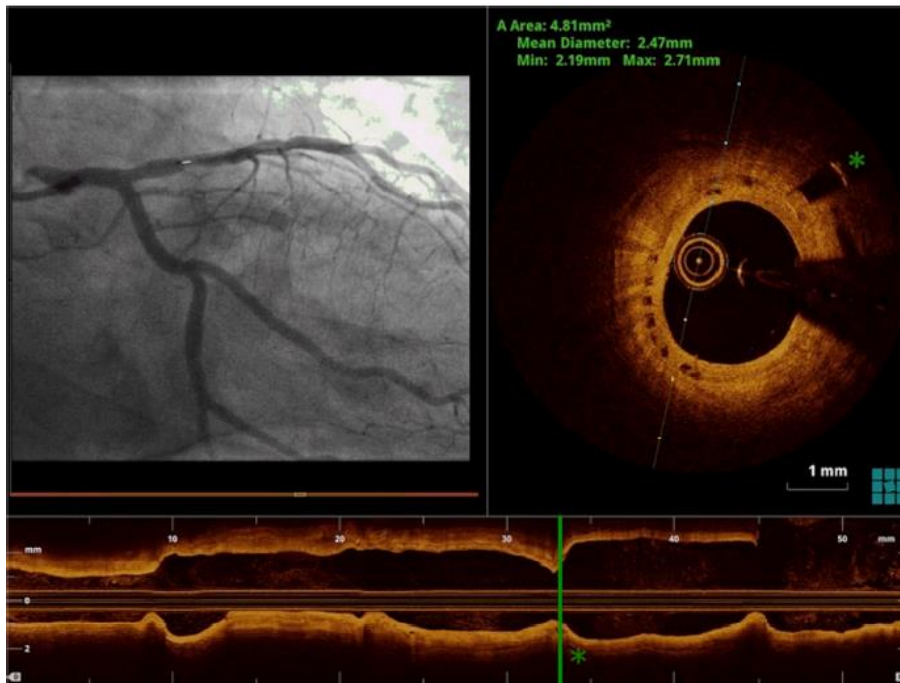
Slika 1: Blok dijagram OCT uređaja. OCT uređaj sastoji se od intravaskularnog katetera, optičkog motora i računala. Prema: Joseph Schmitt, David Kolstad and Christopher Petersen. Intravascular Optical Coherence Tomography Opens a Window Onto Coronary Artery Disease

### 3. Tehnika izvođenja OCT-a

Snimanje OCT-om izvodi se pomoću OCT uređaja i jednokratnog OCT katetera. Za uvođenje OCT katetera do koronarne arterije od interesa, prvo je potrebno postaviti vodeći kateter u koronarnu arteriju za što je neophodan pristup arterijskoj cirkulaciji preko radijalne ili femoralne arterije. Uvođenje vodećeg katetera izvodi se uobičajenim postupkom. Kroz vodeći kateter uvede se koronarna žica vrhom distalno u koronarnu arteriju koju želimo snimiti. Potom se preko koronarne žice (tzv. *rapid exchange*) uvodi

OCT kateter i pažljivo pozicionira u koronarnoj arteriji. Budući da OCT kateter sadrži tri oznake vidljive na rendgenu, moguće ga je precizno pozicionirati točno u onaj dio koronarne arterije koji želimo snimiti. Kateter se pozicionira tako da se optičko vlakno (od kojeg se distalno na 2-3 mm nalazi srednji marker vidljiv na rentgenu) pozicionira distalno u odnosu na dio arterije koji želimo snimiti. U arteriju se neposredno prije samog snimanja kroz vodeći kateter velikom brzinom ubrizgava kontrast pri čemu se arterija isprazni od krvi. Arterija se mora isprazniti od krvi jer eritrociti raspršuju svjetlost te uzrokuju artefakte na dobivenoj slici. Istovremeno dok kontrast ispunjava arteriju, optička sonda se rotira te pomiče od distalno prema proksimalno (tzv. *pullback*), snimajući cijelu cirkumferenciju arterije. Odabrani segment arterije snimljen je u svega nekoliko sekundi. Na uređaju za OCT moguće je odabrati duljinu segmenta arterije koju želimo snimiti te broj snimljenih sličica u sekundi. U „*survey*“ načinu snimanja oslikava se 75 mm arterije brzinom od 180 sličica/sec tijekom ukupno 2,1 sekunde (36 mm/sec). Ovako se analizirana dužina arterije prikazuje gustoćom 5 sličica/mm. Drugi način snimanja, tzv. „*high resolution*“ koristi se za detaljniji prikaz arterije. Ovako se snima segment od 54 mm arterije brzinom od 180 sličica/sec tijekom ukupno 3.0 sekunde (18 mm/sec). Ovako se oslikana dužina arterije prikazuje duplom gustoćom (10 sličica/mm), te takav način snimanja ima dvostruko bolju rezoluciju. (5) U pravilu *high-resolution* prikaz je koristan kad je potrebno detaljno analizirati strukturu stijenke i plaka, a *survey* prikaz primjerice nakon postavljenog stenta gdje za evaluaciju nije potrebna velika rezolucija, već prikaz veće dužine koronarne arterije.

Nakon pravilno snimljene koronarne arterije, sljedeći korak je interpretacija slike. Dobivena OCT slika prikazuje poprečni i longitudinalni presjek arterije. Pokazivačem je moguće pratiti na kojem dijelu longitudinalnog presjeka se nalazimo, a istovremeno na slici pokraj, nalazi se prikaz tog segmenta u poprečnom presjeku. (Slika 2) Takvim načinom analize omogućeno je lakše snalaženje i bolja mogućnost interpretacije slike. Rekonstrukcijom slike se može dobiti 3D prikaz oslikanog segmenta, kao i detaljni prikaz stentiranog segmenta arterije s istaknutim dijelovima stenta koji nisu u dostatnoj apoziciji, što može potaknuti na dodatne postupke tijekom perkutane koronarne intervencije čime će se ovaj nedostatak ispraviti.

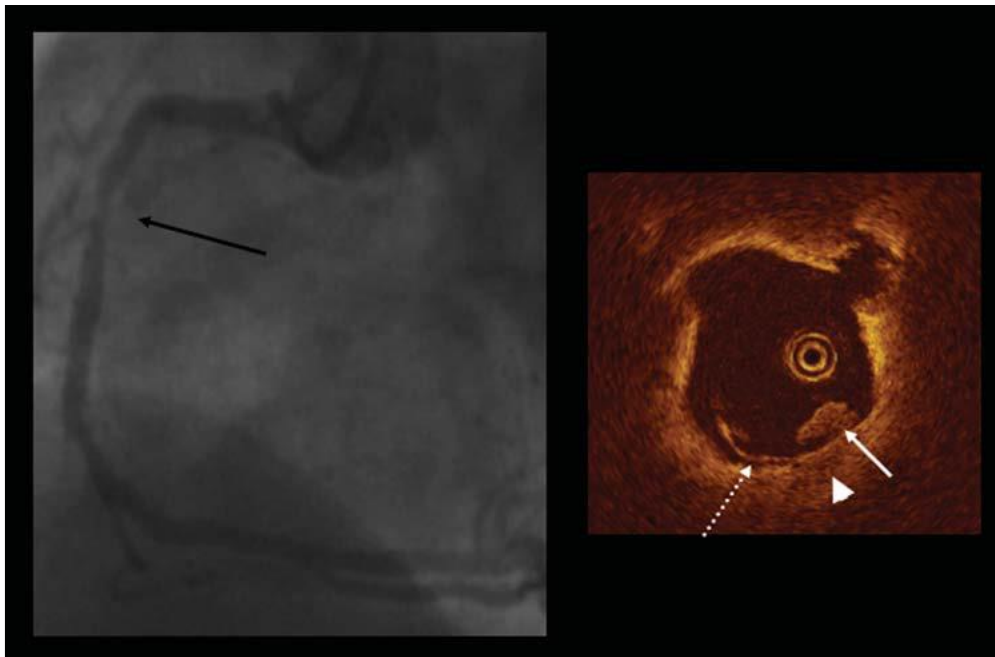


Slika 2: Prikaz OCT snimke. Na donjem dijelu slike nalazi se longitudinalni presjek koronarne arterije. Zeleno je označen pokazivač čijim pomicanjem po longitudinalnom presjeku, istovremeno se u gornjem desnom kutu pojavljuje poprečni presjek arterije na odgovarajućem mjestu. Slika gore lijevo prikazuje koronarnu angiografiju iste arterije. Preuzeto od: M.D. Jessica Roa-Garrido, M.D. Antonio E. Gomez-Menchero et al. (6)

#### 4. Primjena OCT-a u intervencijskoj kardiologiji

Koronarna angiografija zlatni je standard u dijagnostici koronarne arterijske bolesti. Ona omogućuje anatomske prikaze koronarnog debla te svih ogranaka koronarnih arterija. Također, predstavlja prvi korak evaluacije stanja koronarne arterije prije eventualne perkutane koronarne intervencije. Ubrizgavanjem kontrasta uz korištenje rendgenskog zračenja na koronarografiji prikazujemo odljev krvne žile. Ukoliko se u koronarnoj arteriji nalazi plak koji utiskuje stijenku u lumen, suženje se jasno vidi na rendgenskoj slici. Budući da koronarografija pokazuje samo odljev krvne žile, tom metodom nije moguće

vidjeti karakteristike određenog plaka, odnosno strukturu stijenke krvne žile ili, promjene koje ne uzrokuju jasne promjene takvog „odljeva“. Koronarografija je ograničena u karakteriziranju promjena u sastavu stijenke koronarne arterije, osim ukoliko se ne radi o značajnoj kalcifikaciji, grubljim ulceracijama ili značajnoj disekciji, ali je ograničena i po pitanju dobivanja podataka koji mogu utjecati na suboptimalnu implantaciju stenta. Za razliku od koronarografije, OCT prikazuje cijelu cirkumferenciju lumena žile te strukturu stijenke koronarne arterije, uključujući sturkture koje su slabo ili nikako vidljive na običnoj koronarografiji poput sitnog tromba, manje disekcije, rupturiranog plaka i sl. (Slika 3)



Slika 3: Na lijevoj slici prikazana je koronarografija na kojoj se ne vidi značajno suženje, ali se prepoznaje maglovita lezija. Optička koherentna tomografija prikazuje blagu disekciju (točkasta strelica) te bijeli tromb (bijela strelica) ispred lipidnog plaka (glava strelice). Preuzeto od: Francesco Prati et al. (3)

Zbog navedenog OCT omogućuje procjenu težine stenoze, morfologije koronarne lezije i karakteriziranje sastava plaka, odnosno za optimiziranje implantacije stenta i otkrivanja

mehaničkih problema koji su povezani s implantacijom stenta i koje mogu povećati rizik od restenoze ili tromboze u stentu.

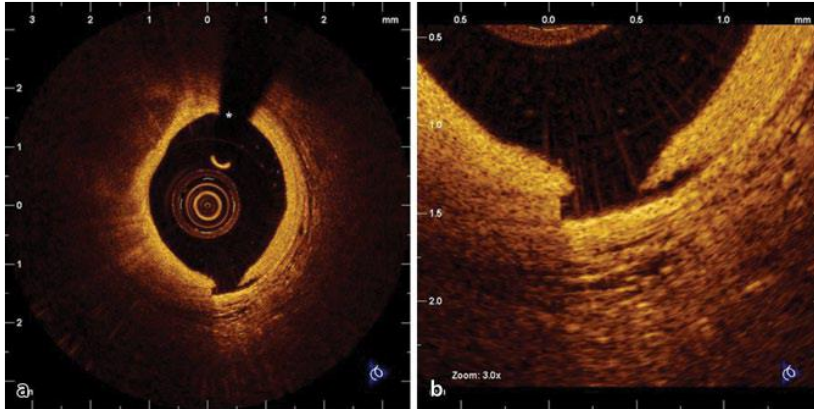
Uporaba OCT-a prije implantacije stenta u preko 50% slučajeva uzrokuje promjenu plana postupka temeljene na klasičnoj koronarografiji. Većina ovih promjena se odnosi na promjene odluke o dijametri i dužini stenta (7,8,9), i to češće što je intervencija bila kompleksnija. (8)

Više studija se bavilo analizom učinka OCT-a na donošenje odluka nakon implantacije stenta, tj. optimizaciju koronarne intervencije (7,8,9,10,11). Dodatna optimizacija rezultata nakon implantacije stenta na temelju informacija prikupljenih OCT-om učinjena je u 50% bolesnika, u odnosu na oko 23% bolesnika kod kojih je intervencija urađena u uvjetima klasične koronarografije. Najčešći razlozi dodatne optimizacije nakon oslikavanja OCT-om su: malapozicija stenta, nedostatna ekspanzija stenta i disekcija na rubu stenta (9).

Nedostatna ekspanzija stenta se definira kao minimalna površina stenta (MSA, *minimal stent area*) koja je <90% prosječne površine arterije u referentnom segmentu (12).

Malapozicija se definira kao udaljenost stenta od stijenke arterije >200  $\mu\text{m}$ , a malapozicija koju treba korigirati se definira kao malapozicija prisutna u najmanje 5 konsektivnih sličica (engl. *frames*) ili najmanje 3 susjedne niti (engl. *struts*) stenta (7,8,10,13,14,15).

Rubna disekcija je definirana kao linearni rascjep tkiva veličine  $\geq 200 \mu\text{m}$ , koji se nalazi na 5 mm proksimalno ili distalno od ruba stenta. Intervencija se savjetuje u slučaju da je disekcija vidljiva na dužini od više od 5 konsektivnih sličica (7,10,11,13,15). (Slika 4)



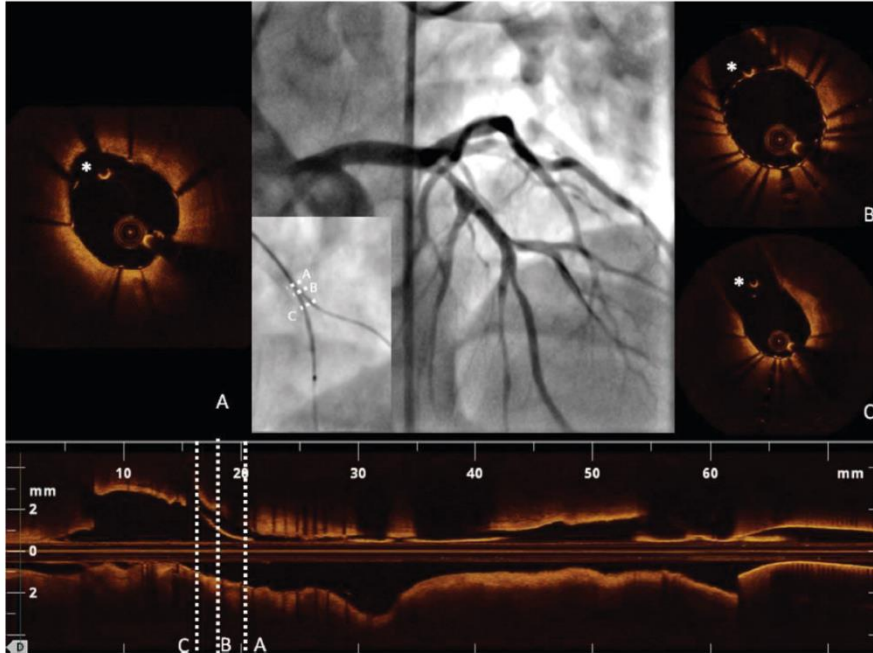
Slika 4: Rubna disekcija (engl. *edge dissection*) nakon postavljanja stenta. Preuzeto od: E. Regar, J. Ligthart, N. Bruining, G. van Soest (2)

OCT-om vođena perkutana koronarna intervencija poboljšava apoziciju i endotelizaciju stentova u usporedbi s intervencijom vođenom klasičnom koronarografijom (13).

OCT-om vođena koronarna intervencija se pokazala neinferiornom, ali nije bila niti superiorna IVUS-om vođenoj intervenciji (16).

S obzirom da je ponekad teško lokalizirati mjesto intravaskularne lezije u planarnoj, dvodimenzionalnoj konturi koronarne arterije, javila se potreba za razvojem on-line koregistracije između 3D rekonstrukcije koronarografije i *pullbacka* OCT-a. (17)

Prikazom suženja ili plaka snimljenog na koronarografiji, u isto vrijeme na OCT se prikazuje upravo taj dio krvne žile. (Slika 5)



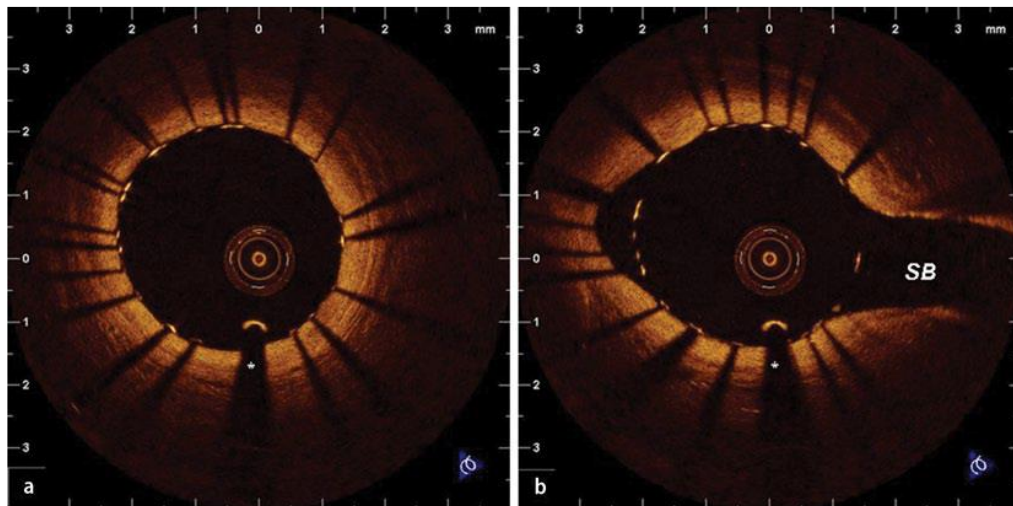
Slika 5: Koregistracija koronarografije i OCT-a. Usporedno praćenje slike koronarografije i OCT-a omogućuje bolje snalaženje i jednostavniju interpretaciju lezije. Preuzeto od: Luca Longobardo, Alessio Mattesini, Serafina Valente, Carlo Di Mario (18)

Uz pretpostavku da koronarna bolest već postoji unutar intime te zahvaća određenu debljinu stijenke krvne žile, ali još nije dovela do suženja lumena koje bi se vidjelo na koronarografiji, OCT može biti od vrlo velike važnosti za analizu i praćenje koronarne bolesti. Ako je suženje koronarne arterije vidljivo na koronarografiji, OCT nam može pomoći za planiranje intervencije. Budući da slika OCT-a prikazuje strukturu plaka, primjerice ako se radi o kalcificiranom plaku, može biti od velike pomoći kod planiranja i odabira vrste perkutane koronarne intervencije. Također, na ovaj način možemo sa velikom preciznošću izmjeriti promjer krvne žile u njezinom zdravom dijelu, odnosno u segmentu proksimalno i distalno od plaka, što će omogućiti sigurniji odabir veličine stenta, dok kod klasične koronarografije dolazi nerijetko do podcjenjivanja veličine arterije čime se povećava rizik od lokalnih komplikacija nakon intervencije, poput restenoze. Naime, koronarografijom se snima odljev lumena arterije, a ukoliko je arterija



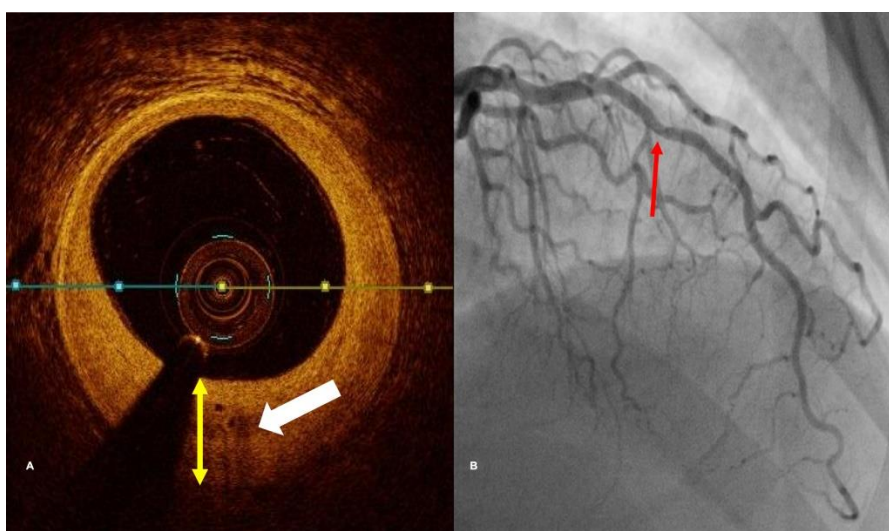
cijelom svojom dužinom sužena, odljev te arterije nam ne pokazuje koliki je promjer arterije bio prije nastanka koronarne bolesti.

OCT može biti koristan tijekom i nakon same intervencije. Nakon što je stent postavljen, moguće je snimiti OCT snimku na kojoj se vidi prileže li stent uz lumen koronarne arterije. Ako postoji apozicija stenta, odnosno pomak stenta u nekom dijelu ili nedostatna ekspanzija stenta, moguće je odmah intervenirati, odnosno napraviti ponovnu dilataciju balonom i time osigurati da stent bolje prileže uz samu krvnu žilu. Time se smanjuje rizik za kasniji nastanak stenoze ili pomak stenta, čime smanjujemo broj reintervencija u budućnosti. (Slika 6)



Slika 6: OCT prikaz neposredno nakon postavljanja stenta. Metalne žice stenta izgledaju kao strukture visokog signala s tipičnom dorzalnom sjenom. Na slici A prikazan je pravilno pozicioniran stent. Žice stenta dobro priliježu uz lumen krvne žile u cijelom opsegu. Slika B prikazuje malpoziciju stenta. Na poziciji „9 sati“ žice stenta ne priliježu uz stijenkku krvne žile. Na poziciji „3 sata“ žice stenta ne priliježu uz lumen stijenke krvne žile jer su pozicionirane na izlazištu bočne grane (side branch, SB). Preuzeto od: E. Regar, J. Ligthart, N. Bruining, G. van Soest (2)

Jedna od indikacija za korištenje OCT-a jest praćenje stanja stijenke koronarnih arterija nakon transplantacije srca. Koronarna vaskulopatija presatka (CAV, engl. *cardiac allograft vasculopathy*) jedan je od glavnih uzroka zatajivanja srčanog presatka. Za razliku od klasične koronarografije koja detektira promjene na koronarnim arterijama većinom nakon 3 ili više godina nakon transplantacije, OCT pomaže u detektiranju početnih promjena u strukturi stijenke koja se manifestira kao zadebljavanje intime. (19) Praćenjem ranih promjena intime moguće je ranije intervenirati, tj. prilagoditi liječenje transplantiranih osoba uvođenjem mTOR inhibitora ili intenzifikacijom statinske terapije. Praćenjem ranih vaskularnih promjena pomoću OCT-a, moguće je ispitivati učinak pojedinih lijekova odnosno metoda koji mogu prevenirati ili liječiti vaskulopatiju. (Slika 7)



Slika 7: Koronarna vaskulopatija presatka. Slika A prikazuje OCT snimku odgovarajućeg segmenta krvne žile na angiografiji (crvena strelica, slika B). Žuta strelica označava zadebljanje intime, a bijela strelica neovaskularizaciju. Preuzeto od: Diljon S. Chahal, Ravi Parikh, David Yoo (20)

## 5. Komplikacije OCT-om vođene PCI

Komplikacije, uključujući kontrastom-uzrokovanu nefropatiju (CIN) su rijetke i ne razlikuju se prema IVUS-om ili klasičnom koronarografijom vođene PCI (16,7,9,21,22). Iako je potrošnja kontrasta uz OCT-om vođenu optimizaciju bila značajno veća u odnosu na IVUS-om vođenu optimizaciju u OPINION studiji Kubo i sur. ( $164\pm 66$  mL vs.  $138\pm 56$  mL), CIN nije zabilježen u obje skupine (21).

## 6. Klinička istraživanja

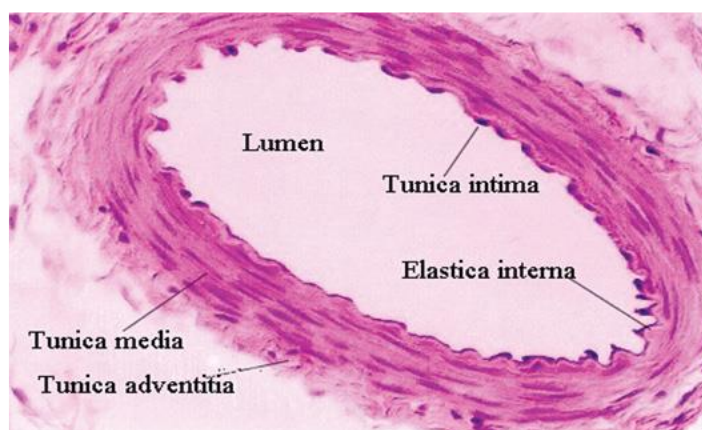
ILUMIEN I studija je pokazala da je učestalost infarkta miokarda u praćenju tijekom 30 dana nakon PCI značajno niža ukoliko se intervencija bazirala na OCT-u učinjenom prije i poslije PCI. Međutim, učestalost svih nepovoljnih događaja u praćenju je bila niska (7). Druge studije, poput DOCTORS studije među pacijentima s NSTEMI-AKS, FORMIDABLE studije u pacijenata s akutnim koronarnim sindromom (AKS) nisu našle prednost OCT-om vođene PCI (9,23), OPINION studija je pokazala neinferiornost OCT u odnosu na IVUS u vođenju PCI (21).

Analiza Pan-London registra koja je uključila više od 87000 pacijenata liječenih s PCI, od kojih je u 1149 intervencija vođena OCT-om, 10971 IVUS-om, a 75046 klasičnom koronarografijom. Nakon medijana praćenja od 4.8 godine zabilježen je značajno manji mortalitet u OCT skupini, bilo da se radilo o elektivnoj PCI ili PCU u AKS. Nije bilo razlike između podudarnih OCT i IVUS kohorti (22).

U tijeku su dvije randomizirane kontrolirane studije čiji se rezultati uskoro očekuju – ILUMIEN IV i OCTOBER studija (24,25).

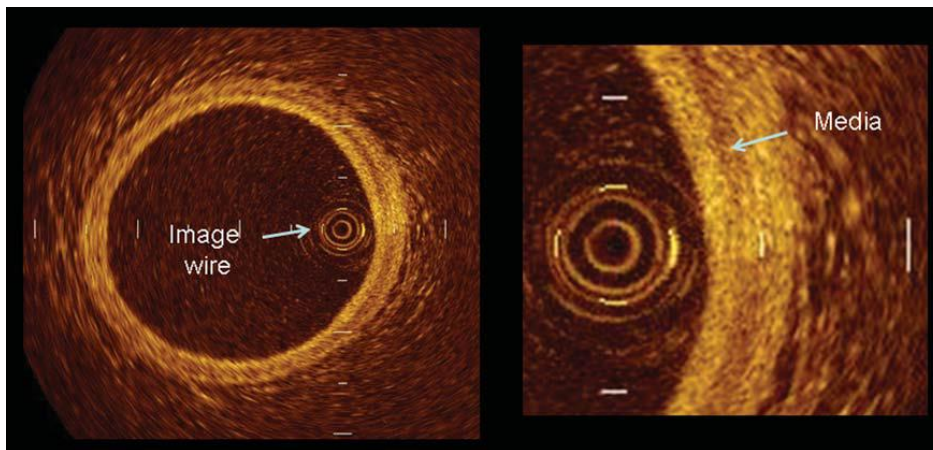
## 7. Morfologija normalne koronarne arterije na OCT-u

Histološki, arterija sadrži tri sloja. Unutarnji sloj endotelnih stanica naziva se tunica intima te je unutarnjom elastičnom membranom odvojena od tunice medie. Tunica media sastavljena je od glatkih mišićnih stanica te ujedno čini najdeblji sloj arterije. Nakon njega slijedi vanjska elastična membrana koja čini granicu između tunice medie i adventitije. Tunica adventitia je vanjski sloj arterije te sadrži vezivno tkivo, krvne žile i živce koji opskrbljuju samu arteriju. (Slika 8)

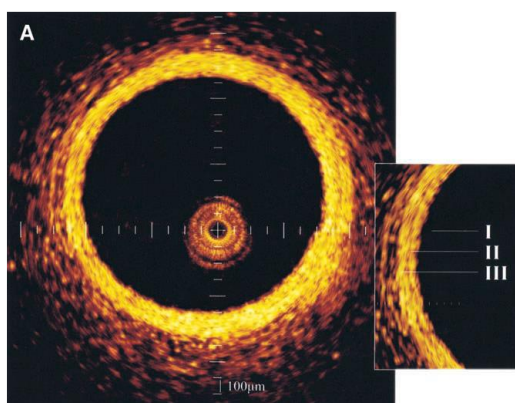


Slika 8: Histološki prikaz arterije. Arterija je sastavljena od unutarnjeg sloja, tunike intime, tunike medije i tunike adventicije. Unutarnja elastična membrana odvaja tunicu intimu od medije, a vanjska elastična membrana se nalazi između tunike medije i adventicije. Preuzeto od: Murari Prasad Barakoti (26)

Zbog velike rezolucije, OCT može jasno razlikovati intimu, mediju, adventiciju te laminu elastiku internu i eksternu. Takav in-vivo histološki prikaz nije moguć s intravaskularnim ultrazvukom (čija je rezolucija 100-150  $\mu\text{m}$ ) niti s drugim metodama snimanja. (27) Vidljiva je granica između intime, koja je visoko reflektirajuća, tunike medije, koja je slabo reflektirajuća te adventicije koja je visoko reflektirajuća. (28) (Slika 9, Slika 10)



Slika 9: OCT prikaz normalne krvne žile. Vidljiva je visoko reflektirajuća intima, slabo reflektirajuća tunika media te adventicija. Preuzeto od: F. Prati, E.Regar et al. (3)



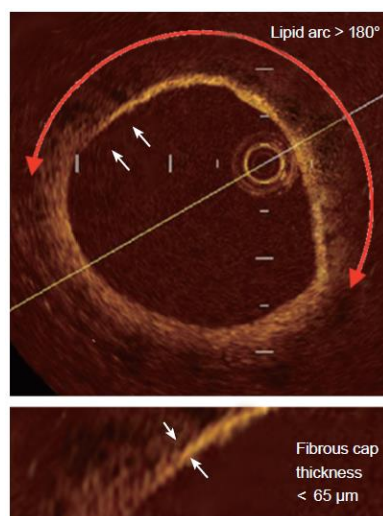
Slika 10: Koronarna arterija snimljena OCT-om. Vidljiva su tri sloja arterije. I- intima, II- medija, III- adventicija. Preuzeto od: E. Regar J.A. Schaar E. Mont R. Virmani P.W. Serruys (29)

Tunika medija izgleda poput tamnog pojasa, debljine približno 200 µm te se kod stvaranja aterosklerotskog plaka stanjuje. Budući da je penetrantnost OCT-a relativno slaba (1-1,5 mm), media neće biti vidljiva ako je intima jako zadebljana aterosklerotskim plakom, osobito lipidnim plakom koji jako apsorbira svjetlo. (2) Intima, koja je neposredno uz lumen arterije, građena od jednog sloja endotelnih stanica te subendotelnog sloja kolagena. Ona je vidljiva kao tanki visoko reflektirajući lumen žile.

Subkliničko zadebljanje intime koje nije vidljivo na koronarografiji metodom OCT bit će jasno vidljivo, kao i sastav takvog plaka. (2) Ovakva mogućnost preciznog mjerenja debljine intime može biti prednost u uporabi OCT-a za praćenje zadebljavanja intime u bolesnika nakon transplantacije srca u svrhu otkrivanja razvoja vaskulopatije presatka.

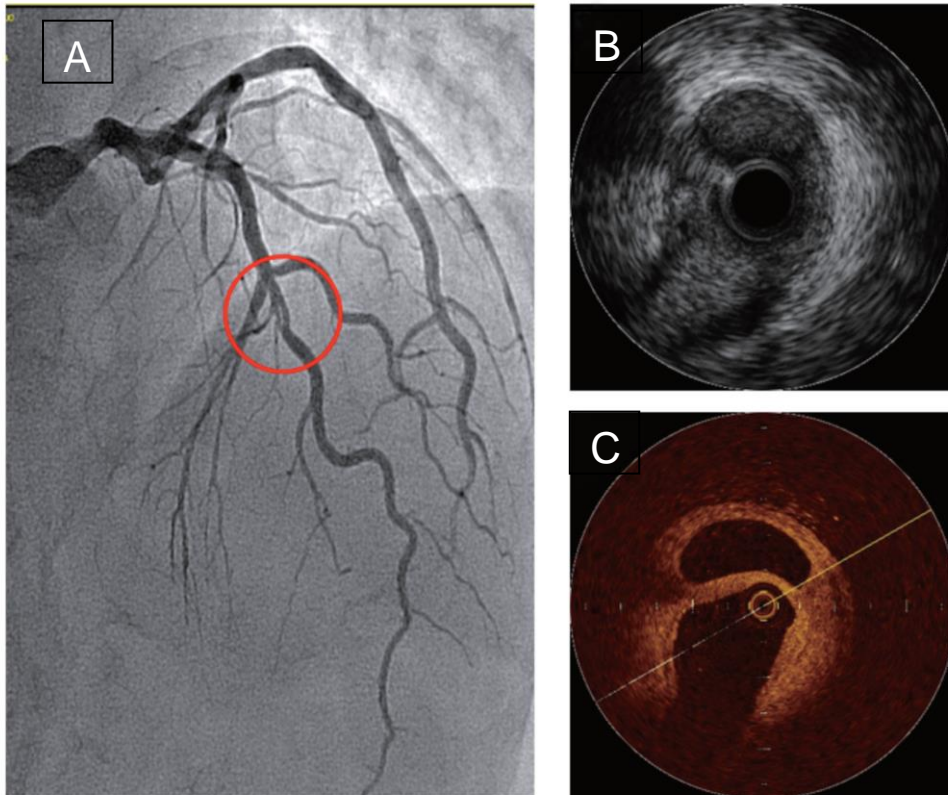
## 8. Mehanizam nastanka plaka i rupture

Ruptura plaka je jedan od glavnih uzroka infarkta miokarda. Većina vulnerabilnih plakova sadrži veliku lipidnu jezgru i tanku fibroznju kapu. OCT karakteristike vulnerabilnog plaka su: 1) tanka fibrozna kapa debljine  $<65 \mu\text{m}$ ; 2) velika lipidna jezgra (lipidna struktura je vidljiva u  $\geq$  kvadranta) i 3) aktivirani makrofazi (multiple točkaste signalom-bogate strukture) u području fibrozne kape. (30,31,32,33,34) (Slika 11)



Slika 11: OCT slika fibroateroma s tankom fibroznom kapom (TFCA). Sastoji se od lipida koji zauzimaju više od dva kvadranta, odnosno  $180^\circ$  pokriven fibroznom tkivom tanjim od  $65 \mu\text{m}$ . Preuzeto od: Mitsuyasu Terashima, Hideaki Kaneda, and Takahiko Suzuki (27)

Spontana koronarna disekcija (SCAD) je rijetki uzrok akutnog koronarnog sindroma, osobito u žena. OCT će jasno prikazati lažni lumen i intramuralni hematoma između intime i medije, što može biti teško prepoznati klasičnom koronarografijom. (35) (Slika 12)



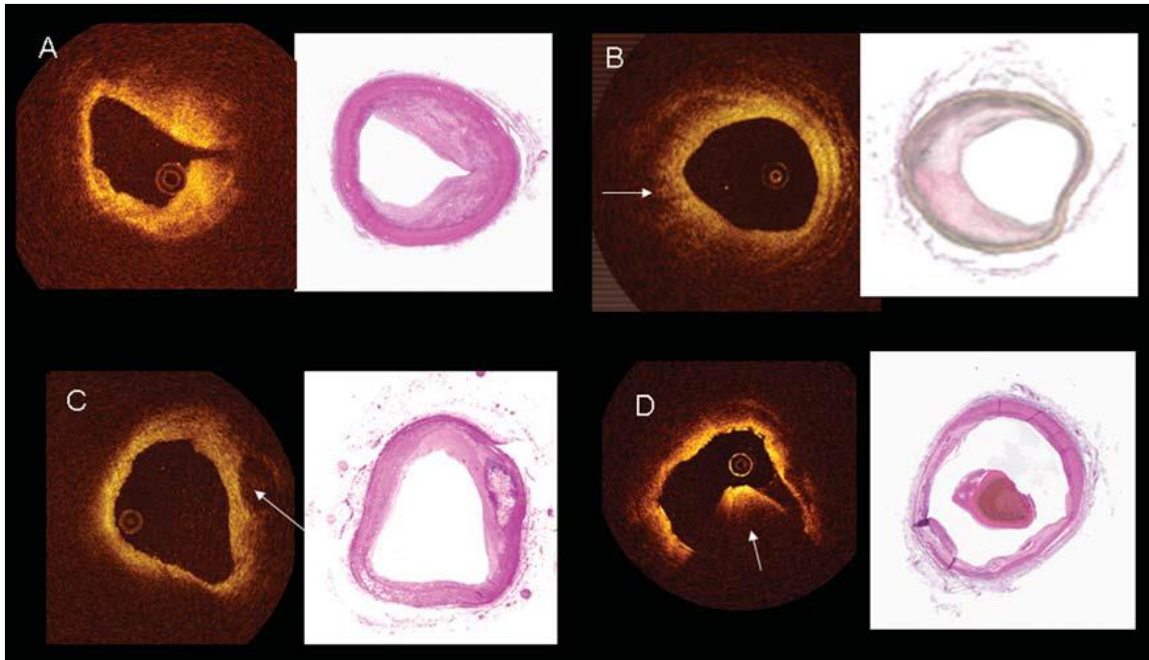
Slika 12: Spontana koronarna disekcija. Na OCT prikazu vidi se disekcija (C) koju nije moguće vidjeti na koronarnoj angiografiji (A) niti na intravaskularnom ultrazvuku (B).  
Preuzeto od: Mitsuyasu Terashima, Hideaki Kaneda, and Takahiko Suzuki (27)

Mogući uzrok akutnog koronarnog sindroma je tromb koji se lako može prikazati OCT-a. Vidi se kao nepravilna struktura ( $\geq 250 \mu\text{m}$ ) koja protrudira u lumen. Bijeli tromb koji je bogat trombocitima karakterizira visok intenzitet signala (*high signal intensity*), odnosno snažna refleksija uz nisku atenuaciju signala, dok je crveni tromb bogat eritrocitima što

daje visoki intenzitet signala na površini ali uz značajnu atenuaciju signala u dubini uz stvaranje pozadinske sjene (Slika 20).

Proces nastanka plaka započinje zadebljanjem intime uslijed umnožavanja glatkih mišićnih stanica i stvaranja izvanstaničnog matriksa. (36) Postepeno dolazi do mikroskopski vidljivog nakupljanja lipidima ispunjenih makrofaga koje poprimaju izgled pjenušavih stanica. Te početne promjene nazivaju se masne pjege. (37,38) Zadebljanjem intime te nakupljanjem makrofaga koji u sebi sadrže visoku koncentraciju lipida, nastaje ksantom intime ili masne pruge. (38) One se smatraju početnim aterosklerotskim lezijama. Većina masnih pruga ne progrediraju, ali ukoliko se nalaze na predilekcijskim mjestima i uz čimbenike rizika doći će do njihove progresije. To se događa nakupljanjem acelularnog, lipidima bogatog materijala unutar intime što dovodi do patološkog zadebljanja intime. (37) Kod nekih plakova, invazijom makrofaga iz intime u dublje slojeve stijenke krvne žile, dolazi do nekroze lipidne srži. Taj proces nepovratno mijenja strukturu stijenke krvne žile koja postaje nakupina staničnih lipida i staničnog debrisa. Takva lezija se naziva aterom te se vidi kao izbočenje u lumen krvne žile. (37), patologija) Fibroaterom nastaje progresivnom fibrozom ateroma. (38) Kada u leziji postoji nekrotizirana srž prekrivena tankim slojem fibroze, ovo se naziva fibroaterom s tankom fibroznom kapom. (37) (Slika 13)





Slika 13: Lijevi panel slika prikazuje OCT-om snimljen poprečni presjek arterija, a desni panel slika je odgovarajući histološki prikaz krvne žile. Slika A prikazuje difuzni fibrozni plak, slika B lipidni plak (označen strelicom), slika C kalcificirani plak te slika D tromb. Preuzeto od: F. Prati, E.Regar et al. (3)

S vremenom, u nekim će plakovima doći do stvaranja mikrokalcifikata, a ponekad će doći i do stvaranja većih kalcifikata koji zauzimaju većinu volumena plaka. (37)

Ateroskleroza može dovesti do suženja krvne žile što uzrokuje opstrukciju protoka krvi i kliničku sliku stabilne angine pektoris, ali ne mora uzrokovati akutni koronarni sindrom (AKS). AKS najčešće nastaje uslijed luminalne tromboze ili iznenadnog krvarenja u plak, a rjeđe zbog embolije, arterijske disekcije, vaskulitisa i drugo. Ruptura plaka je najčešći uzrok tromboze što rezultira izlaganjem subendotelnih trombogenih struktura struji krvi, te nastanka tromboze ili otkidanjem debrisa u krvni optjecaj nastaje mikroembolus. (38)

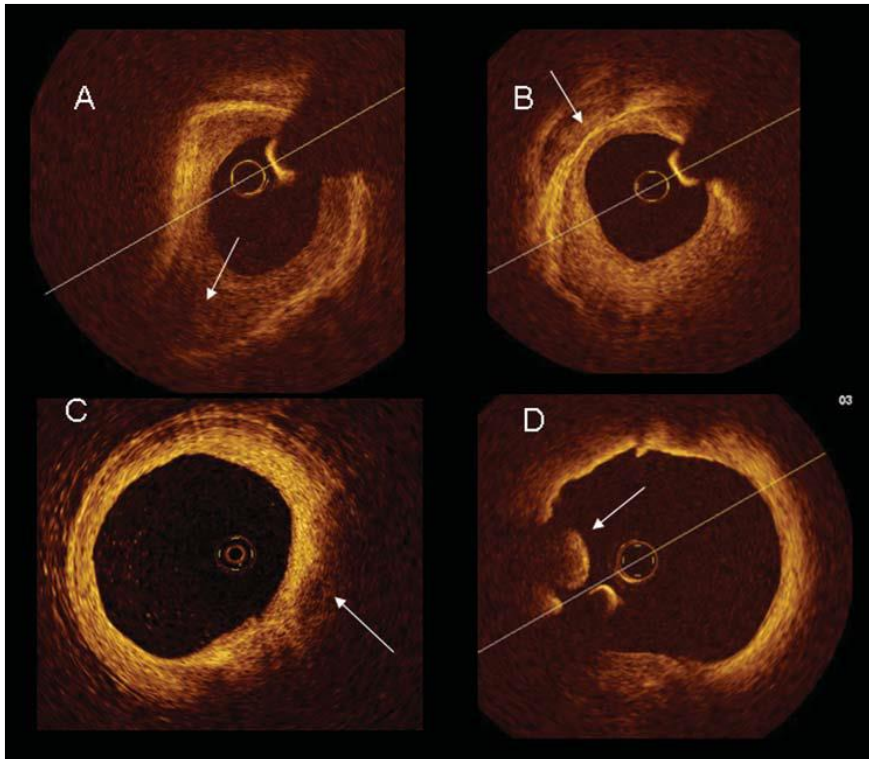
Aterom s tankim pokrovom (*thin-cap fibroatheroma*, TCFA) definiran je kao fibroaterom koji ima fibrozni pokrov  $<65 \mu\text{m}$  te se takav fibroaterom smatra plakom s najvećim rizikom rupture. (34) Mehanizam nastanka rupture takvog plaka uključuje postupno

smanjenje broja glatkih mišićnih stanica u području zadebljane intime, dok makrofazi koji infiltriraju plak, razgrađuju kolagenom bogatu kapu. Ta oslabljena struktura lako rupturira. (37) OCT omogućuje in vivo detekciju ovakvog plaka, uz mogućnost praćenja tijekom vremena te procjenu ukoliko je došlo do rupture. (2)

Upravo je jedna bitnih indikacija za primjenu OCT-a infarkt miokarda bez opstrukcije koronarnih arterija (MINOCA). MINOCA je karakteriziran kliničkim obilježjima infarkta miokarda, ali se na koronarografiji ne nalazi  $\geq 50\%$  stenoza koronarne arterije. (39) MINOCA se pojavljuje u 6-15% svih infarkta miokarda i to češće kod žena nego kod muškaraca. (40) Mogući uzroci uključuju eroziju plaka koji naknadno trombozira, rupturu plaka, embolizaciju, vazospazam, disekcija ili kombinacijom više mehanizama. MINOCA ponekad nastaje zbog nevaskularnih mehanizama, od kojih su najčešći miokarditis te Takotsubo kardiomiopatija. (40) Za dijagnozu MINOCA preporučeno je napraviti IVUS ili OCT.

## **9. Analiza lezija koronarne arterije i karakteristike plaka na OCT-u**

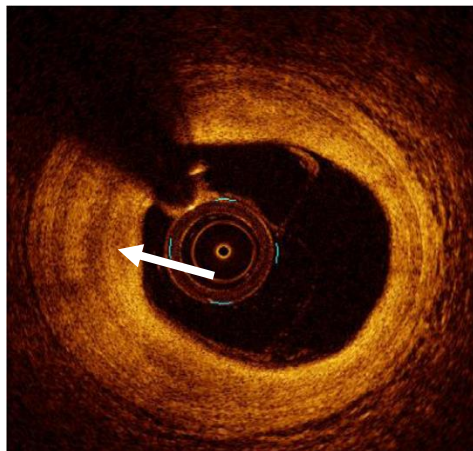
Interpretacijom OCT snimke moguće je raspoznati različite komponente aterosklerotskog plaka. Budući da različite komponente aterosklerotskog plaka imaju različita optička svojstva, svjetlost će se u različitom omjeru apsorbirati ili reflektirati ovisno o tim svojstvima što će na poslijetku davati različit intenzitet signala na slici. Penetracija svjetlosti u dubinu stijenke krvne žile veća je kod fibroznog plaka dok je kod lipidnog ili kalcificiranog plaka znatno manja. (2) (Slika 14)



Slika 14: Penetracija svjetlosti OCT-a ovisi o sastavu plaka. Prolazak svjetlosti kroz fibrozni plak je maksimalna (A) te se progresivno smanjuje za kalcificirano (B), masno (C) i tromb (D). Preuzeto od: F. Prati, E.Regar et al. (3)

### **Fibrozni plak**

Fibrozni plak se prikazuje kao homogeno područje visokog signala koje ne stvara značajnu sjenu prema dubljim strukturama, tj. slabo atenuira prodor svjetlosti. (3) Tako je prikazan jer sadrži kolagen ili glatke mišićne stanice. (2) (Slika 15)



Slika 15: Fibrozni plak. Na OCT prikazu, fibrozni plak je homogen, visokog signala. Preuzeto od: Ziad A. Ali et al. (41)

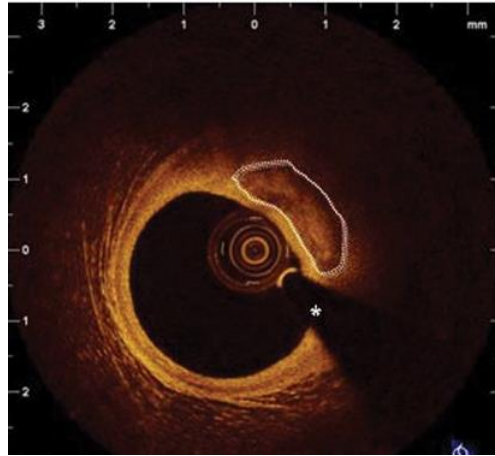
### **Lipidom bogati aterosklerotski plak**

Prikazuje se kao struktura slabog signala (*low-backscattering, signal-poor*), dakle tamna struktura jer slabo odbija svjetlo, koja je loše definiranih rubova, a pošto jako apsorbira svjetlo, onda stvara sjenu prema dubljim strukturama.

Prekriven je fibrozim slojem, koji može biti debljine  $<65 \mu\text{m}$  i tad se naziva aterom s tankim pokrovom (*thin-cap fibroatheroma, TCFA*) ili je deblji  $>65 \mu\text{m}$  i tad se naziva aterom s debelim pokrovom (*thick-cap fibroatheroma, ThCFA*).

### **Kalcificirani plak**

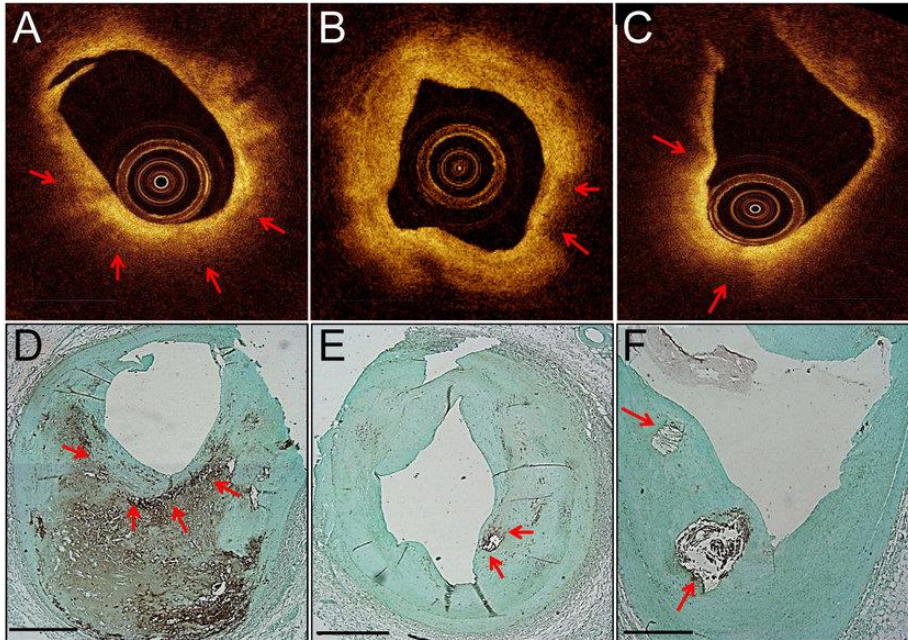
Kalcifikat je na OCT slici vidljiv kao dobro ograničeno heterogeno područje slabog signala. (3) (Slika 16) Kalcifikat je moguće prikazati u cijelosti ako je njihova debljina manja od 1.0-1.5 mm, jer je to maksimalna moguća penetracija OCT-a. (2) Na poprečnom presjeku arterije moguće je izmjeriti proširenost kalcificiranog plaka-kalcificirani luk čija je veličina izražena u stupnjevima. Ovako se plakovi mogu klasificirati prema broju kvadranta koje zauzimaju (stupanj 1, 2, 3 i 4). (42,3) (Slika 13 C) Prisustvo površinskih mikrokalcifikacija na aterosklerotskom plaku smatramo jednim od obilježja vulnerabilnog plaka. (3)



Slika 16: Kalcificirani plak. Na OCT prikazu vidi se ekscentrični fibroaterom s fokalnom kalcifikacijom. Kalcifikat je dobro ograničena tamnija struktura niskog signala (označeno točkastom linijom). Zvezdicom je označen artefakt vodilice. Preuzeto od: Soest, E. Regar et al. (2)

### **Nakupljanje makrofaga**

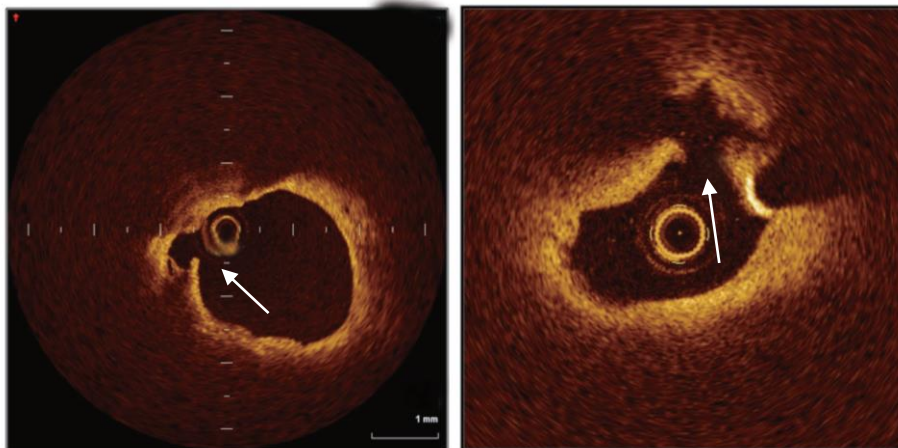
Nakupljeni makrofazi snažno odbijaju svjetlo, pa se prikazuju kao signalom bogata linearna struktura smještena unutar intime (blizu površini) koja snažno atenuira signal stvarajući višestruke sjene u dubini. (Slika 17)



Slika 17: OCT prikazuje nakupljenje signalom bogate makrofage sa sjenama u dubinu. CD68 bojanje histoloških preparata potvrđuje prisustvo makrofaga. Preuzeto od: Jennifer E. Phipps, Deborah Vela et al. (43)

### Rupturirani plak

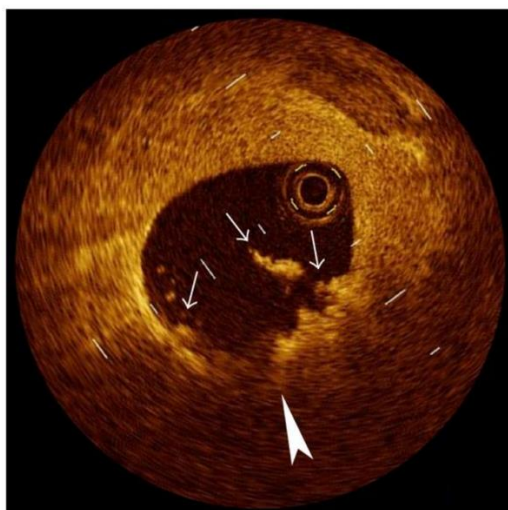
Ruptura plaka je najčešća morfološka promjena povezana s akutnom koronarnom trombozom, odnosno akutnim koronarnim sindromom. (1) OCT je najosjetljivija metoda za detekciju rupture i erozije plaka. (27,44) (Slika 18) Prikazuje se kao jedan ili više „*flap-ova*“ intime koji strše u lumen arterije s vidljivom nekrotičnom šupljinom plaka. Može biti prisutan i tromb.



Slika 18: OCT prikaz rupturiranog plaka (strelica) s tankom fibroznom kapom na mjestu lezije koja je uzrokovala akutni koronarni sindrom. Preuzeto s: Mitsuyasu Terashima, Hideaki Kaneda, and Takahiko Suzuki (27)

### Erozija plaka

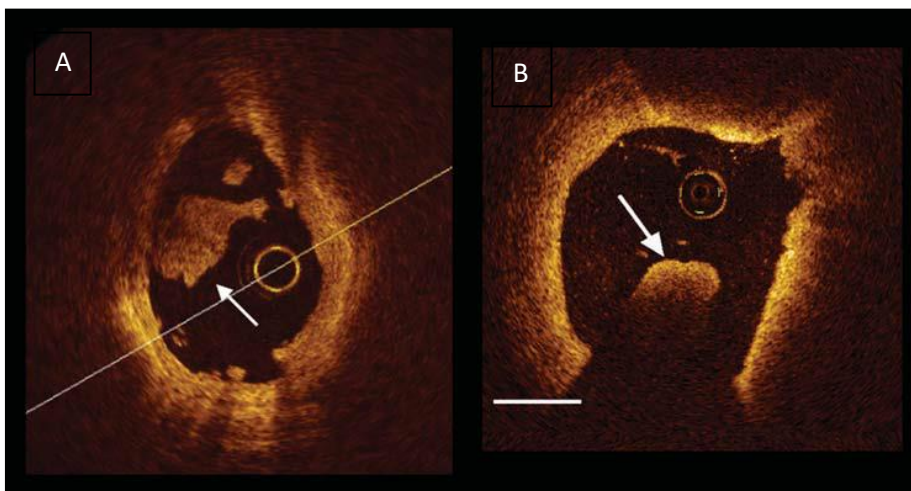
Ne vidi se izravno kao erozija površine, već kao plak na kojem se nalazi priležeci tromb nepravilnih rubova – relativno svijetla nehomogena struktura. Sama ruptura nije jasno vidljiva. (Slika 19)



Slika 19: Erozija plaka. Vidljiva nepravilna površina uz lumen te trombi. Nema vidljive rupture plaka. Preuzeto od: Takashi Kubo, Yasushi Ino, Takashi Tanimoto et al. (45)

## Tromb

Tromboza koronarne arterije jedan je od najčešćih nalaza osoba s akutnim infarktom miokarda. (3) Za nastanak tromba bitna su tri čimbenika koja dolaze u različitim kombinacijama. To su oštećenje endotela, poremećaj toka krvi i poremećaj sastava krvi, što se naziva Virchowova trijada. (38) Na OCT-u tromb izgleda kao masa koja protrudira u lumen krvne žile. Postoje dvije vrste tromba - crveni i bijeli tromb. Crveni tromb je građen od eritrocita, te će na OCT slici biti vidljiv kao protruzija visokog signala sa sjenom bez signala, visoke atenuacije. (Slika 20 B) Bijeli tromb građen je od trombocita i leukocita te fibrina, a na OCT slici je vidljiv poput mase visokog signala (*high signal intensity*), niske atenuacije. (2,3) (Slika 20 A)

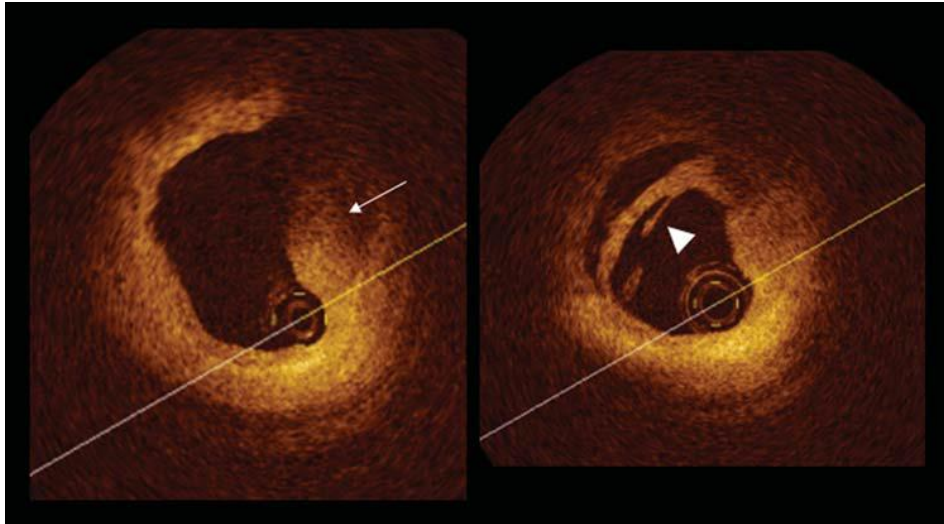


Slika 20: Primjer crvenog i bijelog tromba. Lijeva slika prikazuje bijeli tromb koji je na OCT-u prikazan kao masa visokog signala i niske atenuacije. Desna slika prikazuje crveni tromb visokog signala, visoke atenuacije te sjenu bez signala. Preuzeto od: F. Prati, E.Regar et al. (3)



## Disekcija plaka

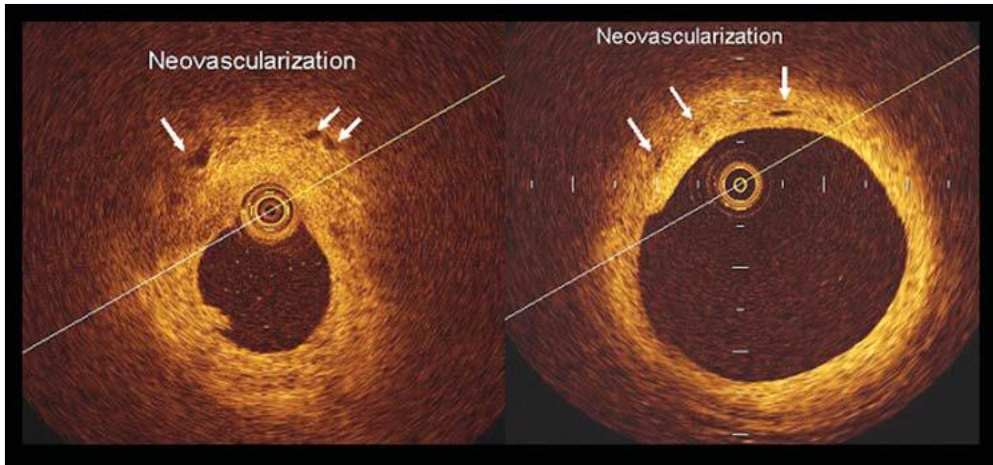
Disekcije plaka često se nalaze povezani s rupturiranim plakovima, a mogu se vizualizirati OCT-om. Identificirani su kao obodi tkiva (eng. *rims of tissue*) koji strše u lumen. (3) (Slika 21)



Slika 21: Lijeva slika prikazuje aterosklerotski plak s lipidnim sadržajem. Desna slika prikazuje rupturirani plak s jasno vidljivim obodom tkiva, tj. disekat. Preuzeto od: F. Prati, E.Regar et al. (3)

## Neovaskularizacija

Neovaskularizacija se na OCT-u prikazuje kao dobro ograničene crne rupice smještene u vanjskom dijelu plaka, točnije blizu adventicije ili u unutrašnjosti plaka, dijametra 50-100  $\mu\text{m}$ . (3) (Slika 22)



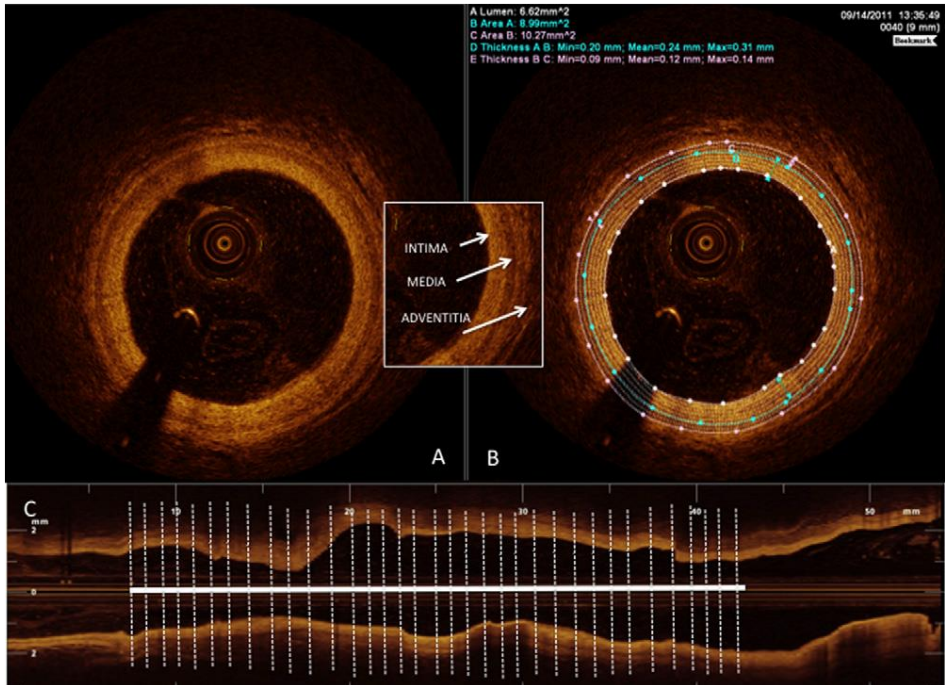
Slika 22: OCT prikaz neovaskularizacije. Dobro ograničene crne rupice smještene u adventiciji (lijeva slika) te u unutrašnjosti plaka (desna slika). Preuzeto od: F. Prati, E.Regar et al. (3)

## Vaskulopatija srčanog presatka

Koronarna vaskulopatija presatka (CAV, engl. *cardiac allograft vasculopathy*) karakterizirana je difuzno fibrointimalnom proliferacijom koja dovodi difuznih koncentričnih i longitudinalnih promjena na koronarnoj cirkulaciji koje tek kasnije postaju vidljive na klasičnoj koronarografiji. CAV je jedna od ključnih uzroka zatajivanja srčanog presatka. U svrhu rane dijagnoze korisne su metode intravaskularnog oslikavanja. Zadebljavanje intime  $>500 \mu\text{m}$  koje je dijagnosticirano u prvoj godini nakon transplantacije prediktor je kasnije manifestne vaskulopatije srčanog presatka i skraćenog trajanja presatka. (46) (Slika 7)

Precizno mjerenje debljine intime i promjene debljine intime nakon transplantacije pomoću OCT-a je način koji možemo koristiti osim u prognostičke svrhe i u svrhu ispitivanja preventivnih i kurativnih strategija pristupu ovoj važnoj komplikaciji.

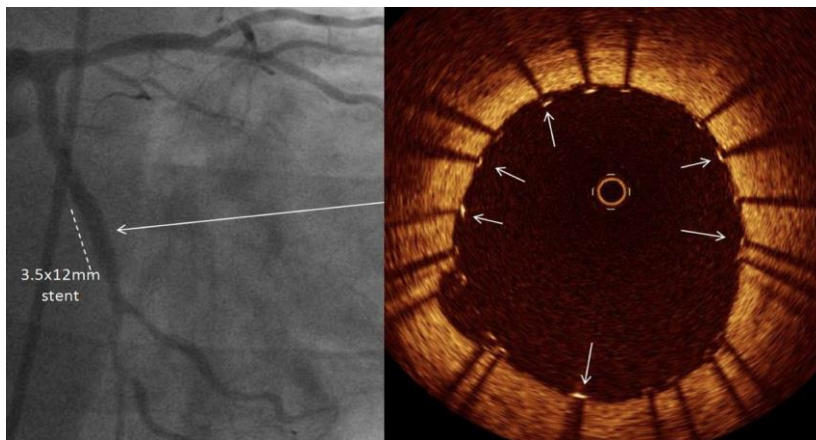
Jedna od čestih promjena vidljivih na OCT-u kod CAV-a su tzv. slojeviti fibrozni plakovi, eng. *layered fibrotic plaque* (LFP). Prikazuje se kao homogena, slojevita, signalom bogata struktura čiji se intenzitet signala slabiji od onog intime. Može biti odvojena struktura ili se nalaziti na površini lipidnog ili kalcificiranog plaka. (Slika 23)



Slika 23: OCT prikaz značajne hiperplazije intime. Vidljivi slojeviti fibrozni plakovi. Slika A prikazuje poprečni presjek koronarne arterije. Slika B prikazuje način mjerenja debljine intime i medije. Slika C prikazuje longitudinalni presjek arterije. Preuzeto od: SameerJ. Khandhar, Hirosada Yamamoto, JeffreyJ. Teuteberg et al. (47)

## OCT u evaluaciji postavljenog stenta

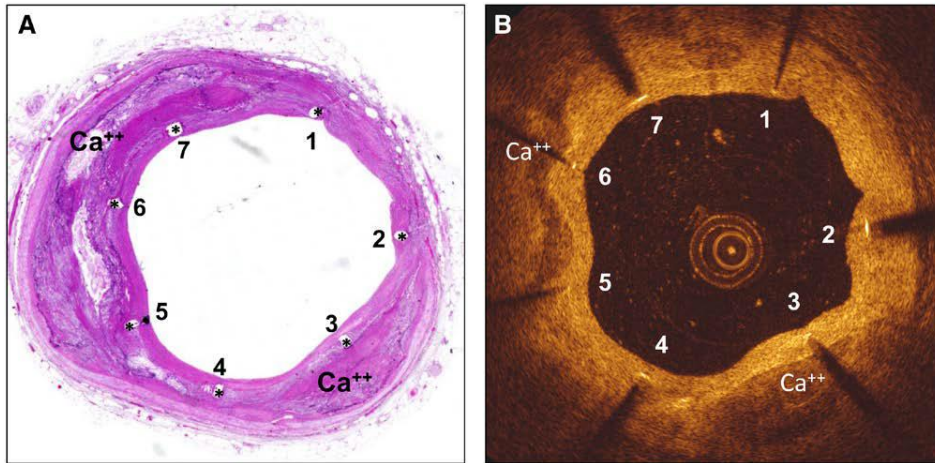
Infracrvena svjetlost koju koristi OCT ne prodire kroz metalne žice stenta već se u potpunosti reflektira se on prikazuje kao linearna struktura visoke refletivnosti iza koje se nalaze tipične dorzalne sjene. (27) (Slika 24)



Slika 24: Prikaz rezultata implantacije stenta 3,5x12 mm u lijevu cirkumfleksnu arteriju. OCT prikazuje dobru poziciju stenta (strelice). Preuzeto od: Muhammad Asrar ul Haq, Jamie Layland, Vivek Mutha, Peter Barlis (48)

OCT može pružiti vrijedne anatomske informacije što omogućuje optimizaciju implantacije stenta te prilagodbu PCI strategije kod pojedinih pacijenata. (2) Na snimci OCT-a vidi se pravi opseg aterosklerotske lezije koja onda omogućuje odabir odgovarajuće dužine stenta. Također, referentne dimenzije lumena arterije omogućuju optimalni odabir dimenzije stenta. Nakon PCI, na snimci OCT-om jasno je vidljiva ekspanzija i apozicija stenta, što će dovesti do optimizacije konačnog rezultata uporabom post-dilatacije. (2) Specifična dijagnostička vrijednost OCT-a sastoji se u činjenici da može pružiti jedinstvene informacije o interakciji stenta sa stijenkom krvne žile na razini pojedinačnih žica stenta (*stent strut*). Također, prikazuje cijeli opseg stenta za razliku od koronarne angiografije koja prikazuje samo lumen krvne žile. To može biti vrlo korisno za razjasniti različite situacije u kojima koronarografija nije dovoljna. (2)

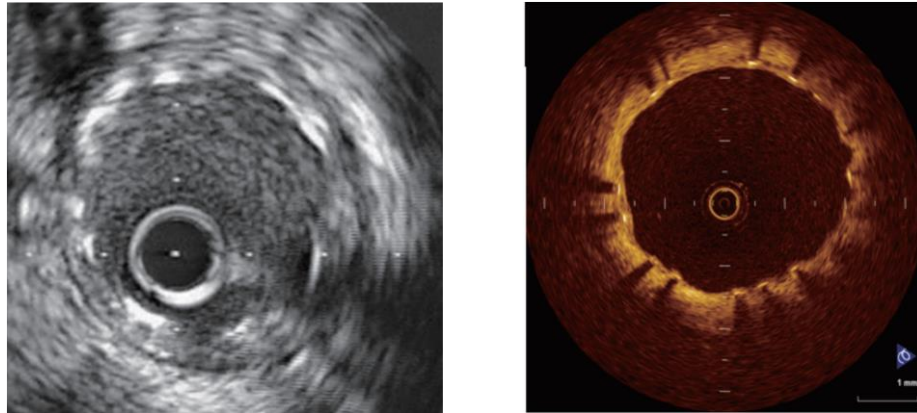
Stent strut coverage se definira kada tkivo pokriva više od 0  $\mu\text{m}$  stent strut vidljivo na OCT-u. Histološki, taj pokrov sastoji se od endotelnih stanica te neointimalnog tkiva. OCT omogućuje razlučivanje morfologije tkiva koje se nalazi u tom pokrovu te mjerenje debljine. (27) (Slika 25)



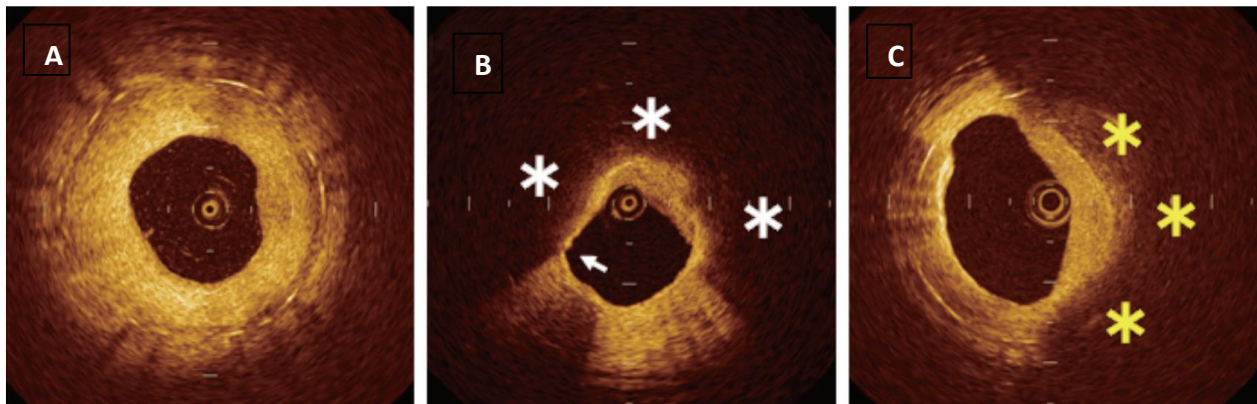
Slika 25: Poprečni presjek koronarne arterije sa stent strut coverage. Slika A prikazuje histološki presjek krvne žile, a slika B prikazuje odgovarajuću arteriju snimljenu OCT-om. (49)

OCT je korisna pretraga za praćenje promjena u krvnoj žili nakon implantacije stenta. DES ili *drug-eluting stent* značajno smanjuje neointimalnu hiperplaziju (*neointimal stent coverage*) u odnosu na bare metal stent (BMS). (27)

Smatra se da će u budućnosti rezultati dobiveni OCT-om moći odrediti karakteristike neointime nakon postavljanja različitih tipova DES-a, faktorima rizika koji doprinose restenozu ili trombozi postavljenog DES-a te pravilnu upotrebu i prikladnu duljinu trajanja antiagregacijske terapije nakon postavljanja DES-a. (27) (Slika 26, Slika 27)



Slika 26: Prikaz krvne žile 7 mjeseci nakon implantacije DES-a. Na slici IVUS-om (lijeva slika) ne vidi se zadebljanja intime, slika OCT-om (desna slika) pokazuje da stent prekriven tankim slojem neointime. Preuzeto od: Mitsuyasu Terashima, Hideaki Kaneda, and Takahiko Suzuki (27)



Slika 27: OCT prikaz restenoze metalnog stenta (BMS) nakon implantacije. Na slici A prikazana je homogena intima nastala unutar prve godine od implantacije. Slike B i C snimljene su u kasnoj fazi, odnosno više od 5 godina od implantacije stenta te prikazuju heterogenu strukturu sastavljenu od lipidnog i kalcificiranog tkiva. Lipidni plak vidljiv je kao područje niskog signala (na slici B označeno zvjezdicama), a kalcifikacije kao područje niskog signala (na slici C označeno zvjezdicama). Preuzeto od: Mitsuyasu Terashima, Hideaki Kaneda, and Takahiko Suzuki (27)

## 10. Zaključak

OCT je nezamjenjiva intravaskularna metoda u dijagnostici i liječenju koronarne bolesti koja još nije u širokoj primjeni zbog svoje cijene, ali još više zbog dodatnog napora odnosno vremena kojeg treba izdvojiti u odnosu na klasičnu koronarografiju. Prednost OCT-a pred IVUS-om je u većoj rezoluciji, odnosno prikazu struktura presjeka koronarne arterije koji je bliži oku promatrača.

OCT može prikazati klasičnom koronarografijom slabo vidljive ili nevidljive strukture što omogućuje otkrivanje uzroka akutnog koronarnog sindroma ili tromboze ili restenoze u stentu, ali može detektirati i rane promjene u strukturi koronarne arterije koje znatno prethode pojavi promjena vidljivih na klasičnoj koronarografiji. OCT također može unaprijediti rezultat perkutane koronarne intervencije izborom adekvatne veličine stenta, kao i prepoznavanjem neadekvatne ekspanzije i/ili apozicije stenta, odnosno disekcije na rubovima stenta.

Očekuje se da će unaprjeđenje i pojeftinjenje OCT tehnologije u omogućiti njegovu širu primjenu u svakodnevnoj intervencijskoj kliničkoj praksi.

## 11. Zahvale

Od srca se zahvaljujem mentoru, prof. dr. sc. Bošku Skoriću na velikoj pomoći tijekom pisanja ovog rada i izrazito ugodnoj suradnji. Zahvaljujem na svim savjetima, ljubaznosti, strpljenju i posvećenom vremenu i trudu.

Zahvaljujem svojoj obitelji na velikoj podršci i razumijevanju bez kojih ovo ne bih mogla postići. Posebno hvala mojoj majci na svim savjetima i pomoći tijekom cijelog školovanja te iznimnoj podršci, usmjeravanju i prenošenju dugogodišnjeg liječničkog znanja. Hvala mojem ocu i bratu na pomoći, razumijevanju i potpori svih ovih godina kao i mojoj sestri koja je sa mnom prolazila lijepe, ali i teške trenutke te uvijek bila podrška tijekom studiranja. Hvala baki koja je oduvijek vjerovala u mene i veselila se svakom položenom ispitu. Veliko hvala mom dečku Filipu koji me nesebično podržavao i bodrio, bio veliki oslonac u najtežim trenucima i uvijek vjerovao u moj uspjeh.

Zahvaljujem dugogodišnjim prijateljima i kolegama na svim lijepim trenucima tijekom ovih 6 godina, zajedničkom učenju, druženju i međusobnoj potpori, zajedničkom proživljavanju uspona i padova. Hvala svima koji su mi uljepšali 6 godina studiranja.



## 12. Literatura

1. Haibo Jia MPFAMPADAMPLMSCMHLMPKKMPYMRVMSHMJTMP. In Vivo Diagnosis of Plaque Erosion and Calcified Nodule in Patients With Acute Coronary Syndrome by Intravascular Optical Coherence Tomography. 2013.
2. Soest ER·JL·NB·Gv. The diagnostic value of intracoronary optical coherence tomography. 2011.
3. Francesco Prati1\* ERGSMEACDMIKJTAMCGGEGYOFFPaPWJS. Expert review document on methodology, terminology, and clinical applications of optical coherence tomography: physical principles, methodology of image acquisition, and clinical application for assessment of coronary arteries and atherosclerosis. 2010.
4. Joseph Schmitt DKaCP. Intravascular Optical Coherence Tomography Opens a Window Onto Coronary Artery Disease. 2004.
5. Elder Iarossi Zago AJSGTRPAVMMAALADPEPVZAFHGB. An assessment of the quality of optical coherence tomography image acquisition. 2020.
6. M.D. Jessica Roa-Garrido MDAEGMMDAMEAMDRCPea. Optical coherence tomography image of coronary spasm in a bioresorbable vascular scaffold. 2017.
7. Wijns W SJJMea. Optical coherence tomography imaging during percutaneous coronary intervention impacts physician decision-making. ILUMIEN I study. Eur Heart J. 2015. 2015.
8. Leistner DM RMSLea. Real-time optical coherence tomography coregistration with angiography in percutaneous coronary intervention- impact on physician decision-making: the OPTICO-integration study. Catheteriz Cardiovasc Interv. 2018;92(1):30–7. 2018.
9. Meneveau N SGMPea. Optical coherence tomography to optimize results of percutaneous coronary intervention in patients with non-ST-elevation acute coronary syndrome: results of the multicenter, randomized DOCTORS study (does optical coherence tomography optimize results of s. 2016.
10. Imola F MMRVea. Safety and feasibility of frequency domain optical coherence tomography to guide decision making in percutaneous coronary intervention. EuroIntervention. 2010;6(5):575–81. 2010.
11. Prati F DVLBZGea. Angiography alone versus angiography plus optical coherence tomography to guide decision-making during percutaneous coronary intervention: the Centro per la Lotta contro l'Infarto-Optimisation of Cardiol Ther (2020) 9:307–321. 2020.

12. de Jaegere P MHFHea. Intravascular ultrasound-guided optimized stent deployment. Immediate and 6 months clinical and angiographic results from the Multicenter Ultrasound Stenting in Coronaries Study (MUSIC Study). 1998.
13. Antonsen L TPMAEa. Optical coherence tomography guided percutaneous coronary intervention with Nobori stent implantation in patients with non-ST-segment-elevation myocardial infarction (OCTACS) trial: difference in strut coverage and dynamic malapposition patterns at 6 mont. 2015.
14. Prati F GGMGea. Expert review document part 2: methodology, terminology and clinical applications of optical coherence tomography for the assessment of interventional procedures. 2012.
15. Prati F REBFa. Clinical impact of OCT findings during PCI: the CLI-OPCI II study. 2015.
16. Ali ZA MAGPea. Optical coherence tomography compared with intravascular ultrasound and with angiography to guide coronary stent implantation (ILUMIEN III: OPTIMIZE PCI): a randomised controlled trial. 2016.
17. Stéphane Carlier RDTSPKJSMEM. A new method for real-time co-registration of 3D coronary angiography and intravascular ultrasound or optical coherence tomography. 2014.
18. Luca Longobardo AMCDM. OCT-guided Percutaneous Coronary Intervention in Bifurcation Lesions. 2018.
19. Louis P Perrault MC. The central role of the endothelium in graft coronary vasculopathy and heart transplantation. 2005.
20. Diljon S. Chahal RPDYTAGRMCS. Association of Intimal Neovessels Noted by Optical Coherence Tomography with Cardiac Allograft Vasculopathy. 2020.
21. Kubo T STOTea. Optical frequency domain imaging vs. intravascular ultrasound in percutaneous coronary intervention (OPINION trial): one-year angiographic and clinical results. 2017.
22. Jones DA RKKSea. Angiography alone versus angiography plus optical coherence tomography to guide percutaneous coronary intervention: outcomes from the pan-London PCI cohort. 2018.
23. Iannaccone M DFFAea. Impact of an optical coherence tomography guided approach in acute coronary syndromes: a propensity matched analysis from the international FORMIDABLE- CARDIOGROUP IV and USZ registry. 2017.
24. Ali Z LUSG. ILUMIEN IV: OPTIMAL PCI 2019. 2019.

25. Holm NR ALWSea. Rational and design of the European randomized optical coherence tomography optimized bifurcation event reduction trial (OCTOBER). 2018.
26. Barakoti MP. Carotid intima-media thickness and coronary artery Disease. 2018.
27. Mitsuyasu Terashima1 HKaTS. The Role of Optical Coherence Tomography in Coronary Intervention. 2011.
28. Serruys ERJASMVPW. Optical coherence tomography. 2003.
29. Serruysa ERASMVW. Optical coherence tomography. 2003.
30. Jang IK BBKDea. Visualization of coronary atherosclerotic plaques in patients using optical coherence tomography: comparison with intravascular ultrasound. 2002.
31. E. F. Plaque rupture with severe pre-existing stenosis precipitating coronary thrombosis. Characteristics of coronary atherosclerotic plaques underlying fatal occlusive thrombi. 1983.
32. MJ. D. Detecting vulnerable coronary plaques. 1996.
33. Lee RT LP. The unstable atheroma. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 1997.
34. Virmani R KFBAFASS. Lessons from sudden coronary death: a comprehensive morphological classification scheme for atherosclerotic lesions. 2000.
35. S. N. Spontaneous coronary artery dissection: an overview. 2018.
36. Frank D. Kolodgie APBGNRV. Is Pathologic Intimal Thickening the Key to Understanding Early Plaque Progression in Human Atherosclerotic Disease? 2015.
37. Jacob Fog Bentzon FORVaEF. Mechanisms of Plaque Formation and Rupture. 2014.
38. I. Damjanov SSSJMN. Patologija, četvrto, prerađeno i dopunjeno izdanje, 7. poglavlje. 4th ed.: Medicinska Naklada; 2014.
39. Rafael Vidal-Perez CAJCRMABBAAJGRFCPRVJMGAJRGJ. Myocardial infarction with non-obstructive coronary arteries: A comprehensive review and future research directions. 2019.
40. Harmony R. Reynolds ea. Coronary Optical Coherence Tomography and Cardiac Magnetic Resonance Imaging to Determine Underlying Causes of MINOCA in Women. 2020.
41. Ziad A. Ali MDKKGMPAMMRASMOBYMGSMGWSM. Directions, Intracoronary Optical Coherence Tomography 2018 Current Status and Future. 2018.

42. Regar E PFSP. Intracoronary OCT application: methodological considerations. In: van Leeuwen TG, Serruys P, eds. Handbook of Optical Coherence Tomography. Abingdon, UK: Taylor & Francis; 2006. p53–64. 2006.
43. Jennifer E. Phipps DVTHDHJJMMBRATEMaMDF. Macrophages and intravascular optical coherence tomography bright spots: a quantitative study. 2015.
44. Takashi Kubo TISTea. Assessment of Culprit Lesion Morphology in Acute Myocardial Infarction Ability of Optical Coherence Tomography Compared With Intravascular Ultrasound and Coronary Angioscopy. 2007.
45. Takashi Kubo YITTHK. Optical Coherence Tomography Imaging in Acute Coronary Syndromes. 2011.
46. E. Murat Tuzcu SRKRSKMZTDCJFWAMEa. Intravascular Ultrasound Evidence of Angiographically Silent Progression in Coronary Atherosclerosis Predicts Long-Term Morbidity and Mortality After Cardiac Transplantation. 2005.
47. Sameer J. Khandhar HJTea. Optical coherence tomography for characterization of cardiac allograft vasculopathy after heart transplantation (OCTCAV study). 2013.
48. Muhammad Asrar ul Haq JLVMPB. The invasive assessment of coronary atherosclerosis and stents using optical coherence tomography: a clinical update. 2013.
49. Hiroyuki Jinnouchi FOYSRRBASSTKYACMMRKFDKRVAVF. Healthy Strut Coverage After Coronary Stent Implantation An Ex Vivo Human Autopsy Study. 2020.

## 13. Životopis

Rođena sam 8.7.1996. godine u Zagrebu.

2011. godine završila sam OŠ Augusta Šenoae i Osnovnu glazbenu školu Rudolfa Matza (smjer klavir) te upisala V. Gimnaziju u Zagrebu.

Nakon završenog srednjoškolskog obrazovanja, Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu upisala sam 2015. godine. Tijekom akademske godine 2017./2018. bila sam demonstrator na Katedri za histologiju i embriologiju. Bila sam aktivna članica Studentske sekcije za kardiologiju akademske godine 2018./2019. i 2019./2020.

Akademske godine 2019./2020. sudjelovala sam u projektu „Čuvajmo naše srce“, studentske sekcije za kardiologiju, za koju sam iste akademske godine nagrađena Posebnom dekanovom nagradom za doprinos ugledu Medicinskog fakulteta.

Akademske godine 2019./2020. i 2020./2021. sudjelovala sam u projektu ISACS-CT KBC-a Zagreb pod vodstvom akademika Davora Miličića. Kao rezultat projekta, 2020. godine objavljen je stručan rad u „*European Heart Journal*“ u kojem sam navedena kao koautor.

U travnju 2021. godine sudjelovala sam na kongresu „*International medical student's conference*“ kao prvi autor e-postera te u svibnju 2021. godine na kongresu „*Juvenes pro medicina 2021*“ kao koautor prikaza slučaja.

U slobodno vrijeme bavila sam se plesom dugi niz godina te osim klavira sviram i gitaru. Engleski govorim aktivno, a također sam učila njemački i talijanski jezik.