

Metoda mjerenja kalcija koronarnih arterija u detekciji koronarnih bolesti

Listeš, Ante

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:176:609063>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-04**

Repository / Repozitorij:



Sveučilišni odjel zdravstvenih studija
SVEUČILIŠTE U SPLITU

[Repository of the University Department for Health Studies, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA

PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

Ante Listeš

**METODA MJERENJA KALCIJA KORONARNIH ARTERIJA
U DETEKCIJI KORONARNIH BOLESTI**

Završni rad

Split, 2016.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
Podružnica
SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA
PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ
RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

Ante Listeš

**METODA MJERENJA KALCIJA KORONARNIH ARTERIJA
U DETEKCIJI KORONARNIH BOLESTI**

**METHOD OF MEASURING CALCIUM IN CORONARY
ARTERIES IN DETECTION OF CORONARY DISEASES**

Završni rad / Bachelor thesis

Doc. dr. sc. Tonći Batinić

Split, 2016.

Sadržaj

1. Uvod.....	3
2. Cilj rada.....	4
3. Metoda mjerenja kalcija koronarnih arterija – Ca skoring.....	5
3.1. Što je kalcij skoring i gdje se upotrebljava?.....	5
3.1.1 Prisutnost kalcija u koronarnim arterijama.....	5
3.2. Definiranje kalcija prema Hounsfieldovim jedinicama-Agatston Score.....	6
3.3. Metoda kalcij skoringa na temelju specifičnosti lezija.....	9
4. Dijagnostičke i prognostičke vrijednosti Ca skoringa.....	11
4.1. Procjena rizika u asimptomatskih bolesnika.....	11
4.2. Kalcifikacije koronarnih arterija i njihova opstrukcija.....	12
5. Korištenje modernih radioloških instrumenata kod Ca skoringa.....	15
5.1. Fluoroskopija.....	16
5.2. Intravaskularni ultrazvuk.....	16
5.3. Kvantitativne metode.....	18
5.4. MSCT Koronarografija i Ca skoring.....	18
5.4.1. Postupak oslikavanja kod MCST-a.....	19
5.4.2. Indikacije za CT koronarografiju.....	21
5.4.3. Doze zračenja kod MSCT-a.....	22
5.4.4. Ograničenja MSCT-a.....	23
5.5. Electron Beat CT i Ca skoring.....	23
5.6. Korištenje postprocessing softvera u kalcij skoringu.....	24
5.7. Usporedba MSCT-a i EBCT-a u kalcij skoringu.....	25
6. Zaključak.....	26
7. Sažetak.....	27
8. Summary.....	28
9. Literatura.....	29
10. Životopis.....	32

1. Uvod

Kardiovaskularne bolesti (KVB) vodeći su uzrok smrti muškaraca starijih od 45 godina i žena starijih od 65 godina. Cilj primarne prevencije KVB-a rana je detekcija rizičnih čimbenika, a sekundarne prevencije liječenje pojedinih čimbenika i usporavanje razvoja ateroskleroze, osnovne patološke promjene u kardiovaskularnim bolestima. Prevencijom nastojimo povećati očekivano trajanje života bez obolijevanja i poboljšati kvalitetu života.

Iako je aterosklerotska vaskularna bolest odgovorna za više smrti i invaliditeta od svih tipova karcinoma, „skrining“ metoda za detekciju subkliničke ateroskleroze i ciljane prevencije budućih kardiovaskularnih događaja, kao što je mjerenje kalcija koronarnih arterija – Ca „skoring“ (engl. *calcium scoring*), tek sada biva prepoznata i prihvaćena. U oko 50 % osoba, početna prezentacija koronarne aterosklerotske bolesti (engl. *coronary atherosclerotic disease*, CAD) jest infarkt miokarda ili srčana smrt.

Konvencionalne metode probira rizika kao što su FRS (engl. *Framingham risk score*) u SAD-u i studija u Njemačkoj- PROCAM (*Prospective Cardiovascular Munster*) među najčešćima su i najdostupnijima za procjenu multifaktorijalnoga apsolutnog rizika u kliničkoj praksi. Međutim, ovi prediktivni modeli imaju određena ograničenja.

U ovim studijama više od polovine svih kardiovaskularnih događaja javlja se u pacijenata s niskim ili umjerenim rizikom.

Ovi alati za procjenu faktora rizika mogu predvidjeti samo 60 – 65 % kardiovaskularnoga rizika. Prema tome mnogi pojedinci mogu imati kardiovaskularni incident u odsutnosti tradicionalnih čimbenika rizika za ateroskerozu.

2. Cilj rada

Cilj je ovoga rada prikazati Ca „skoring“ kao metodu koja pruža točnu identifikaciju velikoga broja pacijenata s povećanim rizikom od CAD-a. Tako se omogućava znatno smanjenje kardiovaskularne smrtnosti i pobola uz pomoć sve učinkovitije farmakološke terapije i promjene stila života kao vida liječenja osnovne bolesti. Također, prikazati će se u kojim se mjernim ljestvicama kalcij može mjeriti u koronarnim arterijama i što pojedini stupnjevi znače za samu patologiju spomenutoga mjesta.

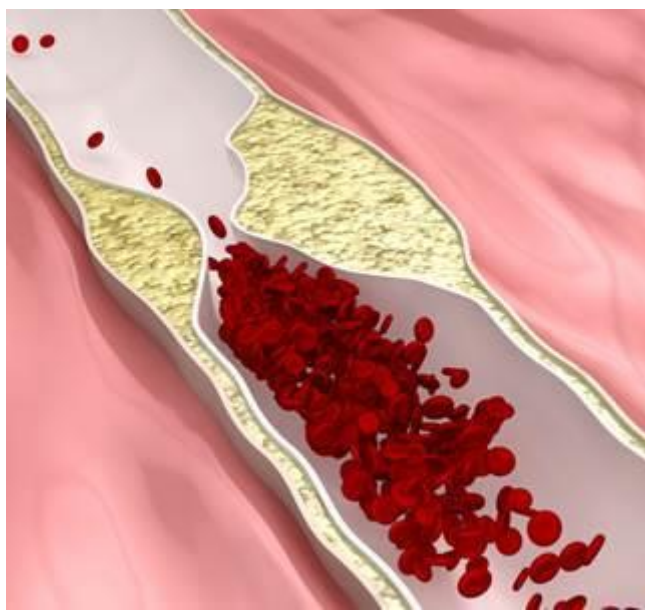
Također će se govoriti o istraživanjima koja su procjenjivala koji su pacijenti najbolji primjeri za primjenjivanje metode Ca „skoringa“, odnosno kod kojih pacijenata ona može dati najbolje rezultate i precizne dijagnoze. Ipak, metoda Ca „skoringa“ ne bi bila izvediva bez radioloških uređaja i instrumenata. U nastavku rada, opisani su najčešći radiološki uređaji koji su se koristili u mjerenju kalcija koronarnih arterija u detekciji koronarnih bolesti. Uspoređeni su s današnjim, modernim radiološkim uređajima, istaknute su njihove prednosti, ali i mane prilikom izvedbe samoga zahvata, zračenja pacijenta i okoline te pouzdanosti i preciznosti dobivenih rezultata.

Također, istaknuta je važnost korištenja *postprocessing* softvera u Ca „skoringu“ jer upravo takav softver omogućava prikaz kalcificirane lezije u boji, što pojednostavljuje posao operatera koji ima samo ocrtati „područje interesa“ (engl. *region of interest*, ROI) bojom kodiranoga plaka.

3. Metoda mjerenja kalcija koronarnih arterija – Ca skoring

3.1 ŠTO JE Ca „SKORING“ I GDJE SE UPOTREBLJAVA?

Ca „skoring“ jest metoda kojom otkrivamo postojanje i rasprostranjenost kalcificiranih aterosklerotskih promjena na srčanim krvnim žilama, poglavito arterijama. Kalcifikacija (povećano nakupljanje ili odlaganje kalcija u tkivu) ukazuje na postojanje aterosklerotskih promjena na srčanim arterijama, ali su ove promjene uglavnom starijega datuma i smatraju se stabilnima te se ne očekuje da bi mogle rupturirati i time prouzročiti srčani udar. Nažalost, postoje i svježije aterosklerotske promjene na krvnim žilama koje se smatraju „nestabilnima“ i koje su glavni uzrok pojave srčanoga infarkta. U njima je količina odloženoga kalcija manja pa možemo reći da sadržaj kalcija u aterosklerotskim promjenama na krvnim žilama ukazuje na stabilnost plaka i vjerojatnost srčanoga infarkta.



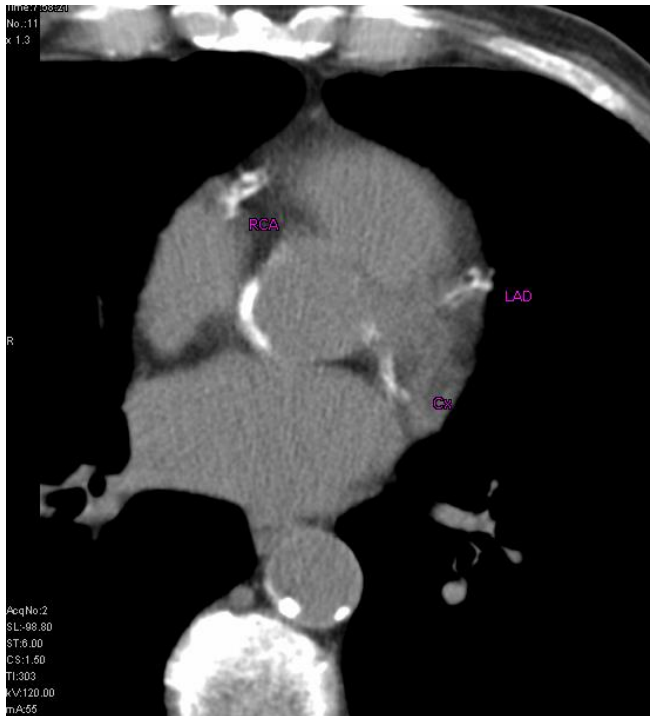
Slika 1. Prikaz kalcifikacije koronarnih arterija.

Izvor slike: <http://www.dijaliza.wordpress.com/tag/aorta>

3.1.1. Prisutnost kalcija u koronarnim arterijama

Prisutnost kalcija u srčanim arterijama patognomična je za aterosklerozu.

Bliska korelacija između aterosklerotskoga plaka i opsega koronarnoga kalcija (engl. *coronary calcium*, CAC) potvrđena je i od strane histopatologije i intravaskularnoga ultrazvuka.



Slika 2. MSCT srca – kalcifikati koronarnih arterija.

Izvor slike: <http://klinikatawil.com/ct/msct>

3.2. DEFINIRANJE KORONARNOGA KALCIJA PREMA HOUNSFIELDOVIM JEDINICAMA – AGATSTON SCORE

Koronarni kalcij definira se kao lezija gustoće iznad 130 Hounsfield jedinica (koje se kreću od -1.000 (zrak), preko 0 (voda), i više od 1000 (gusta kortikalna kost)) s površinom od 3 ili više susjednih piksela (najmanje 1 mm²). Izvornu metodu Ca „skoringa“ razvio je Agatston* sa suradnicima, a određen je produktom površine kalcificiranoga područja plaka i maksimalne gustoće kalcij lezije (od 1 do 4 na temelju Hounsfield jedinica). Standardizirane su kategorije za Ca „skoring“: skor 1 – 10 koji se smatra minimalnim, 11 – 100 blaga, 101 – 400 umjerena, a > 400 teška.

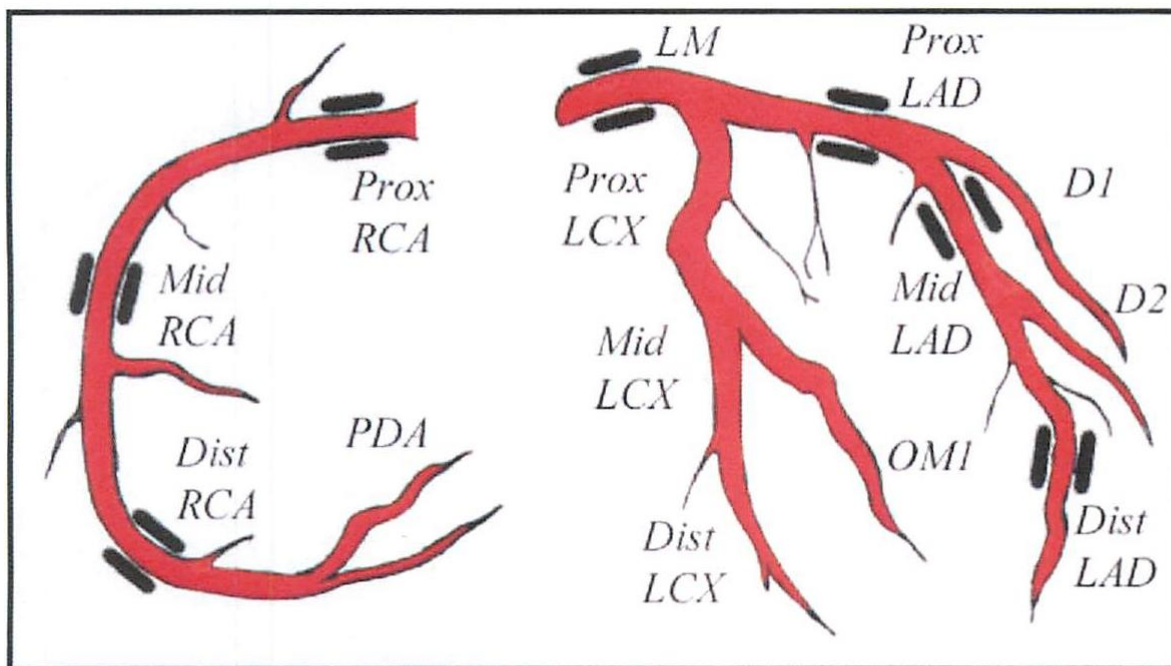
*Agatston Score** dobio je naziv po svojem izumitelju, američkome kardiologu Arthuru Agatstonu, a temelji se na radu Dr. Agatstona i Dr. Janowitza iz 1980. godine s Medicinskoga fakulteta Sveučilišta u Miamiu.

TABLICA 1. Prikaz definiranja koronarnoga kalcija prema Hounsfieldovim jedinicama, vrednovanje gustoće kalcij lezije i vjerojatnosti za dobivanje koronarne srčane bolesti i srčanog udara te preporuke liječnika za pojedina stanja gustoće kalcij lezije.

Calcium Score	Plaque Burden	Probability of Significant Coronary Artery Disease	Implications for CV risk	Recommendations
0	No identifiable plaque	Very low, generally, 5%	Very Low	Reassure patient, discuss general public health guidelines for primary prevention of CV disease.
1 - 10	Minimal identifiable plaque burden	Very unlikely, under 10%	Low	Discuss general public health guidelines for primary prevention of CV diseases
11 - 100	Definite, at least mild atherosclerotic plaque burden	Mild or minimal coronary stenoses likely	Moderate	Counsel about risk factor modification, strict adherence with primary prevention goals. Daily ASA.
101 - 400	Definite, at least moderate atherosclerotic plaque burden	Non-obstructive CAD highly likely, although obstructive disease possible	Moderately High	Institute risk factor modification and secondary prevention goals. Consider exercise testing for further risk stratification. Daily ASA.
400+	Extensive atherosclerotic plaque burden	High likelihood (90+%) of at least one significant coronary stenosis	High	Institute very aggressive risk factor modification. Consider exercise for pharmacologic nuclear stress testing to evaluate for inducible ischemia. Daily ASA.

U priloženoj tablici vidi se kako se povećavanjem gustoće kalcij lezije, prema Hounsfieldovim jedinicama, veličina i gustoća plaka povećavaju te smanjuju protočnost i funkcionalnost koronarne arterije u kojoj se nalaze. Također, porastom gustoće kalcij lezije raste i mogućnost dobivanja koronarnih arterijskih bolesti; posebno se povećava vjerojatnost doživljavanja srčanoga udara zbog odumiranja srčanoga mišića slabljenjem funkcionalnosti bolesnih koronarnih arterija. Preporučeni su savjeti liječnika redovita fizička tjelovježba i promjena načina prehrane kao primarna prevencija; kao sekundarna prevencija nastupaju farmakološki pripravci i kirurški zahvati.

Izvor tablice: Sarawaret al. JACC img, 2010



Coronary Artery	Score
Left Main (LM)	72.32
Left Anterior Descending (LAD)	28.01
Left Circumflex (LCX)	0.00
Right Coronary Artery (RCA)	47.68
Total Agatston Score	148.02

Slika 3. Prikaz najvećega nakupljanja kalcija u koronarnim arterijama prema Agatstonovom rezultatu, a to je lijeva glavna koronarna arterija (LM).

Izvor slike: dijaliza.wordpress.com

3.3. METODA Ca „SKORINGA“ NA TEMELJU SPECIFIČNOSTI LEZIJA

Metoda Ca „skoringa“ na temelju specifičnosti lezija jest metoda mjerenja kalcija koji proizlazi iz CT testa za kalcifikacije koronarnih arterija.

Koronarna bolest, koja se najčešće izjednačuje s aterosklerotskim bolestima koronarnih arterija, identificirana je kao vodeći uzrok smrti u svijetu. Početni prikaz bolesti koronarnih arterija kod polovice svih bolesnika očituje se u iznenadnim odumiranjima srčanoga mišića izvan bolnice, koji najčešće rezultira smrću pacijenta.

Rano otkrivanje važno je kako bi se provela rana promjena načina života i primijenila rana terapija s ciljem sprečavanja velike negativne koronarnih događaja. Najčešće korištena metoda probira za koronarne bolesti jest CT test, koji se temelji na kvantifikaciji kalcija u već spomenutoj Agatstonovoj metodi. Rezultat razvoja Agatstona temelji se na izračunu ukupnoga kalcija koronarnih arterija u cijelome srcu za potrebe ranoga otkrivanja koronarnih bolesti i procjene rizika.

Metoda Agatstonova Ca „skoringa“ pokazala je da je zapravo neovisna o tradicionalnim čimbenicima rizika. Međutim, ukupna prediktivna točnost relativno je skromna zbog toga što ne uzima u obzir prostornu raspodjelu i regionalna obilježja pojedinih kalcificiranih lezija. Nadalje, kako nema podataka o prostornoj distribuciji kalcija u pojedinim regijama tijela, kao što su koronarne arterije, ne može se razlikovati visoka ili niska razina kalcificiranog plaka koji se nalazi u područjima gdje mogu biti opasni za život pacijenta.

Dr. Szilárd Vörös i njegov tim započeli su 2008. godine istraživanje odnosa između koronarne kalcifikacije u prisutnosti blokade u srcu. Ovo istraživanje dovelo je do metode mjerenja kalcija pomoću specifičnosti lezija. Dr. Vörös, dr Zhen Qian i njihov tim uvode ovaj koncept u kojemu su sve individualne kalcificirane lezije karakterizirane i precizno izmjerene korištenjem parametara širine, duljine, gustoće i udaljenosti od ulaza glavnih koronarnih arterija.

Spomenuti parametri bitni su za ovu metodu, ali nisu ograničavajući faktor njezinu odvijanju. Novija istraživanja pokazala su da metoda mjerenja kalcija pomoću specifičnosti lezija u odnosu na tradicionalnu metodu Agatstonova Ca „skoringa“ u predviđanju značajnih zastoja u

srcu daje slične rezultate. Danas je metoda mjerenja kalcija pomoću specifičnosti lezija pod zaštitom SAD-a i Agencije za međunarodnu zaštitu patenta.



Slika 4. Dr. Szilárd Vörös, koji je 2008. godine sa svojim suradnicima započeo istraživanje odnosa između koronarne kalcifikacije u prisutnosti blokade u srcu.

Izvor slike: <http://www.wikipedia.org>



Slika 5. Arthur Agatstonu, američki kardiolog, koji je napravio izvornu metodu Ca „skoringa“ određenu produktom površine kalcificiranoga područja plaka i maksimalne gustoće kalcij lezije.

Izvor slike: <http://www.wikipedia.org>

4. Dijagnostičke i prognostičke vrijednosti Ca skoringa

Metoda Ca „skoringa“ vrlo je važna u otkrivanju veličine plaka i u procjeni napredovanja ili nepostojanja bolesti koronarnih arterija te izbjegavanja krajnjega negativnog ishoda ove bolesti, srčanoga udara.

4.1. PROCJENA RIZIKA U ASIMPTOMATSKIH BOLESNIKA

Akosah i suradnici istaknuli su nedostatke Framinghamove procjene rizika u studiji asimptomatskih mladih odraslih osoba (muškaraca mlađih od 55 godina i žena mlađih od 65 godina), koji su bili hospitalizirani zbog prvoga akutnog infarkta miokarda.

Od 222 takva pacijenta utvrđena kroz tri godine, u skladu sa smjericama kardioloških društava 75 % njih ne bi uopće bilo razmatrano za terapiju statinom, što ukazuje na propuštenu priliku za prevenciju koronarne bolesti srca. Nadalje, studije pokazuju slabije rezultate metoda za procjenu rizika kod žena. Skupinu koja može imati najviše koristi od daljnje procjene rizika metodom mjerenja kalcija čine osobe s umjerenim rizikom, jer je Ca „skoring“ učinkovit u prepoznavanju povećanoga rizika i u motiviranju učinkovite promjene u ponašanju.

FRAMINGHAM RISK SCORE to predict 10 year ABSOLUTE RISK of CHD EVENT																				
ST ALBANS & HEMEL HEMPSTEAD NHS TRUST : CARDIOLOGY DEPARTMENT																				
<p>This risk assessment only applies to assessment for PRIMARY PREVENTION of CHD, in people who do not have evidence of established vascular disease. Patients who already have evidence of vascular disease usually have a >20% risk of further events of over 10 years, and require vigorous SECONDARY PREVENTION. People with a Family History of premature vascular disease are at higher risk than predicted. Southern Europeans and some Asians may have a lower risk in relation to standard risk factors.</p>																				
<p>STEP 1: Add scores by sex for Age, Total Cholesterol, HDL-Cholesterol, BP, Diabetes and Smoking. (If HDL unknown, assume 1.1 in Males, 1.4 in Females)</p>																				
Age	Total Cholesterol		HDL Cholesterol		Systolic BP		Diastolic BP				Diabetes		Smoking							
	M	F	M	F	M	F	<80	80-84	85-89	90-99	≥100	No	Yes	No	Yes					
30-34	-1	-9	<4.1	-3 -2	<0.9	2 3	<120	0	0	1	2	3	0	0	0	0				
35-39	0	-4	4.1 - 5.1	0 0	0.9 - 1.16	1 2	120-129	0	0	1	2	3	0	0	0	0				
40-44	1	0	5.2 - 6.2	1 1	1.17 - 1.29	0 1	130-139	1	1	1	1	2	3	0	0	0				
45-49	2	3	6.3 - 7.1	2 1	1.30 - 1.55	0 0	140-159	2	2	2	2	2	3	0	0	0				
50-54	3	6					≥160	3	3	3	3	3	3	0	0	0				
55-59	4	7			≥1.56	-2 -3														
60-64	5	8					Female	<80	80-84	85-89	90-99	≥100								
65-69	6	8					<120	-3	0	0	2	3								
70-74	7	8					120-129	0	0	0	2	3								
							130-139	0	0	0	2	3								
							140-159	2	2	2	2	3								
							≥160	3	3	3	3	3								
							If Systolic and Diastolic BP fall into different categories, use score from higher category													
<p>STEP 2: Use total score to determine Predicted 10 year Absolute Risk of CHD Event (Coronary Death, Myocardial Infarction, Angina) by sex</p>																				
Total Score	≤-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	≥17
10 year Risk: Male	<2%	3%	3%	4%	5%	7%	8%	10%	13%	16%	20%	25%	31%	37%	45%	53%	53%	53%	53%	53%
10 year Risk: Female	<1%	2%	2%	2%	3%	3%	4%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	11%	13%	16%	18%	20%	24%	27%
<p>STEP 3: Compare Predicted 10 year Absolute Risk with "Average" and "Ideal" 10 year Risks, to give Relative Risks</p>																				
Age	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	"Ideal" risk represents										
"Average" Male	3%	6%	7%	11%	14%	16%	21%	25%	30%	Total Cholesterol = 4.1 - 5.1										
"Ideal" Male	2%	3%	4%	4%	6%	7%	9%	11%	14%	HDL = 1.2 (Male), 1.4 (Female)										
"Average" Female	<1%	<1%	2%	3%	4%	5%	7%	8%	10%	BP < 120/80										
"Ideal" Female	<1%	1%	1%	2%	3%	4%	5%	6%	8%	No Diabetes, Non Smoker										
<p>People with an absolute risk of ≥20% should be considered for treatment: with a Statin to achieve a Total Cholesterol <5 and/or LDL cholesterol <3.2 with anti-hypertensives to achieve a BP ≤160/90 (ideally ≤140/80)</p>																				
from Wilson PWF, et al Prediction of coronary heart disease using risk factor categories. Circulation 1998;97:1837-47																				
Dr John Bayliss																				

Slika 6. Prikaz tablice Framinghamove studije koja pridonosi jasnijemu prepoznavanju potencijalnih osoba za prvi srčani udar.

Izvor slike: www.guidelinesinpractice.co.uk

4.2. KALCIFIKACIJE KORONARNIH ARTERIJA I NJIHOVA OPSTRUKCIJA

Srčanim CT-om utvrđen kalcificirani koronarni plak ima visoku osjetljivost i negativnu prediktivnu vrijednost za opstruktivni CAD, ali ograničenu specifičnost. Ca „skoring“ može pomoći kliničarima u učinkovitu „isključenju“ angiografski značajne CAD u simptomatskih bolesnika.

U studiji provedenoj na 1851 bolesniku podvrgnutome angiografiji i Ca „skoringu“ negativni Ca skor (bez kalcifikata) vrlo je povezan s negativnim nalazom na angiografiji (negativna prediktivna vrijednost od 98 %). Specifičnost Ca „skoringa“ za opstruktivne bolesti jest 40 %. Specifičnost Ca „skoringa“ za aterosklerozu gotovo je 100 %.

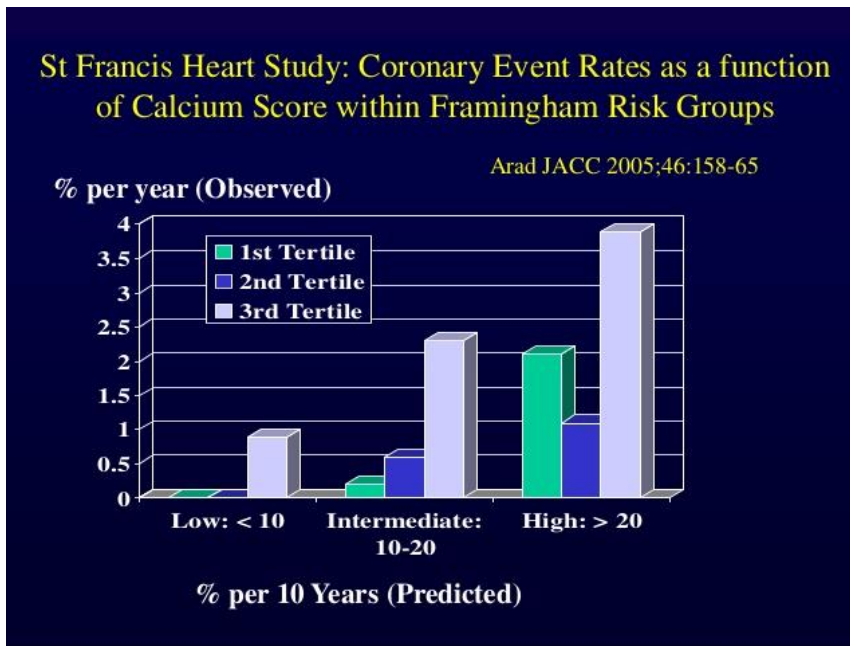
Dakle, pozitivan nalaz kalcija ukazuje na aterosklerozu, ali najčešće ne postoji značajna stenoza. Odsutnost koronarnoga kalcija najčešće je povezana s normalnim nuklearnim testom i negativnim nalazom opstruktivne bolesti na angiografiji.

Nedavna je studija od 1.195 pacijenata koji su podvrgnuti mjerenju kalcija koronarnih arterija i kalcija s perfuzijom miokarda (engl. *myocardial perfusion*, MPS) pokazala da je koronarni kalcij bio često prisutan kod urednoga nalaza perfuzije (normalni nuklearni test), te da je < 2% svih bolesnika s Ca skorom < 100 imalo pozitivne MPS studije. To je potvrđeno i u drugim objavljenim radovima, a uključeno je u smjernice Američkoga društva za nuklearnu kardiologiju i Američkoga kardiološkog društva.

Objavljene smjernice tih društava sugeriraju da nizak skor kalcija ne isključuje potrebu za MPS procjenom, a visoki skor traži daljnju procjenu. Ti kriteriji ukazuju da nuklearno testiranje može općenito biti neprimjereno u bolesnika s kalcij skorom < 100, jer je vjerojatnost opstrukcije ili pozitivnoga nalaza vrlo niska. Osoba s Agatstonovim skorom > 400 može imati koristi od funkcionalnoga ispitivanja za otkrivanje okultne ishemije. Velika većina srčanih udara (60 – 83 %) pojavljuje se na mjestu neopstruktivnoga plaka.

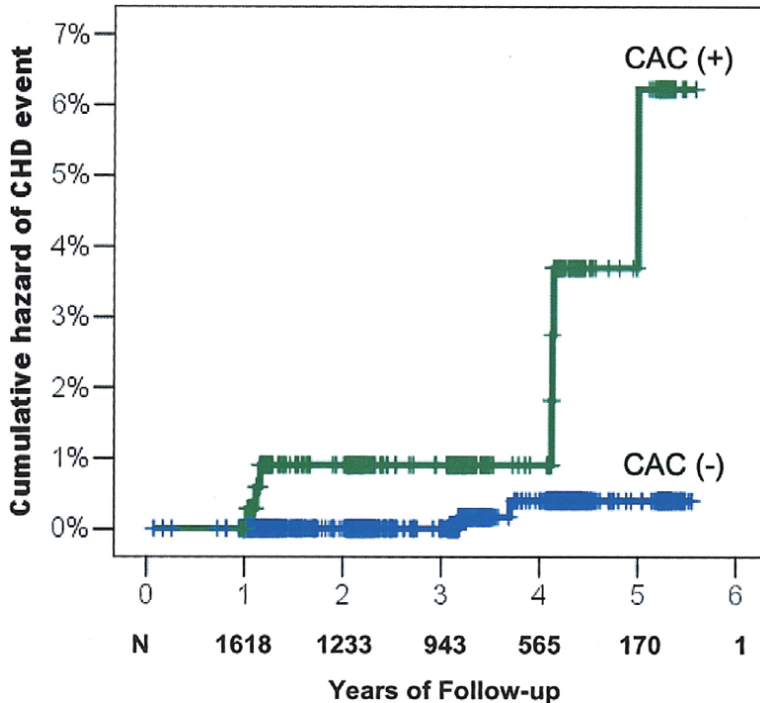
Testiranje vježbom odnosno ergometrija ili farmakološko snimanje srca (nuklearno ili UZV) jedino će dijagnosticirati visoki stupanj koronarne stenozе. Oni neće uspjeti identificirati velik broj asimptomatskih rizičnih bolesnika jer opstruktivni plak (stenoza lumena arterije > 50 %) najčešće nije mjesto kardiovaskularnoga događaja (infarkt miokarda ili iznenadne srčane smrti). Dakle, Ca „skoring“ i funkcionalno ispitivanje može biti sinergično u identificiranju osobe s opstruktivnom bolešću (funkcionalni test) i aterosklerozom (CAC).

TABLICA 2. Prikaz rezultata *St. Francis Heart Study*.



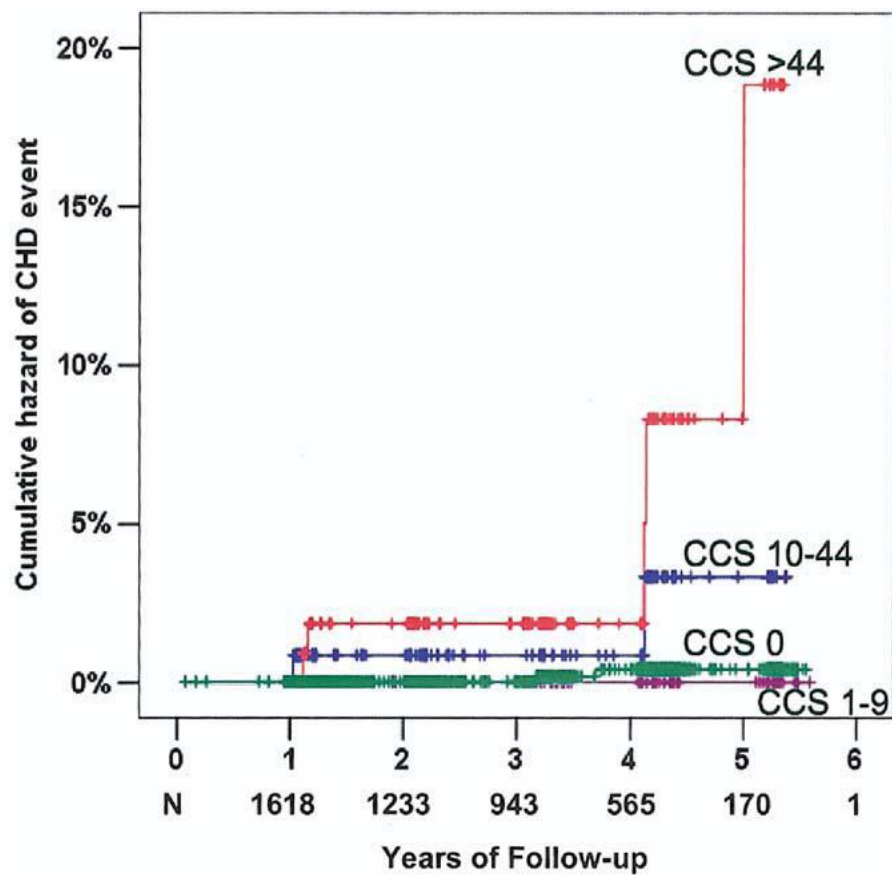
Izvor tablice: Arad JACC 2005;46:158-65

TABLICA 3. Tablica prikazuje porast vjerojatnosti oboljenja koronarnih arterija porastom vrijednosti kalcija kod asimptomatskih muškaraca u 43. godini.



Izvor tablice: Taylor, A. J. et al. J Am CollCardiol2005;46:807-814

TABLICA 4. Tablica prikazuje porast vjerojatnosti oboljenja koronarnih arterija porastom vrijednosti kalcija kod asimptomatskih žena između 50. i 70. godine.



Izvor tablice: Taylor et al –PACC Study–JACC 2005

5. Korištenje modernih radioloških instrumenata kod Ca „skoringa“

Kod Ca „skoringa“ služi se različitim radiološkim instrumentima i uređajima kako bi se pravilno i učinkovito pronašlo postojanje i rasprostranjenost kalcificiranih aterosklerotskih promjena na srčanim krvnim žilama, poglavito arterijama.

Metode mjerenja kalcija u krvnim žilama jesu:

1. fluoroskopija
2. intravaskularni ultrazvuk
3. kvantitativne metode.

Fluoroskopija, u odnosu na moderne radiološke uređaje kao što su MSCT i EBCT, pruža lošu rezoluciju, što može dovesti do krivoga izračunavanja postotka i gustoće kalcija u koronarnim arterijama. Dobivanjem krivih podataka o količini i gustoći kalcija u koronarnim arterijama, možemo krivo informirati pacijenta o veličini potencijalnoga plaka u samim arterijama i tako ga izložiti životnoj opasnosti napredovanja bolesti koronarnih arterija i dobivanju srčanoga udara. Također, odnos ionizirajućega zračenja koje pacijent prima pregledom fluoroskopije zbog rendgenskih zraka i invazivnosti pregleda nepovoljan je u odnosu na rezultate koje dobijemo pregledom kada se uspoređuje s MSCT-om i EBCT-om.

Intravaskularni ultrazvuk pruža bolju rezoluciju u odnosu na fluoroskopiju, što dovodi do pružanja boljšega uvida u rasprostranjenost kalcija u koronarnim arterijama i u veličinu plaka te preciznijoj procjeni postojanja ili nepostojanja bolesti koronarnih arterija. Prije dolaska MSCT-a i EBCT-a, intravaskularni ultrazvuk bio je „**zlatni standard**“ za evaluaciju aterosklerotskoga plaka. Povećavanjem preciznosti pretrage smanjujemo negativan krajnji ishod bolesti koronarnih arterija, a to je srčani udar. Ultrazvuk ima prednost jer koristi neionizirajuće ultrazvučne valove. Također, metoda je neinvazivna, što je čini uspješnijom i sigurnijom za pacijenta.

Kvantitativne metode kod kojih se koristi metoda kalcij skoringa višeslojni su CT uređaj* i CT uređaj s elektronskim snopom**. Oni su preuzeli ulogu „**zlatnoga standarda**“ koju je od 1953. godine, kada se ultrazvučni pregled srca i krvnih žila počeo koristiti u kardiologiji, ponosno nosio ultrazvuk.

engl. *Multi slice Computed Tomography, MSCT**

engl. *Electron Beam Computed Tomography, EBCT***

5.1. FLUOROSKOPIJA

Fluoroskopija je kontinuirani rendgenski postupak koji na ekranu prikazuje otkucaje srca te udisanje i ispuštanje zraka iz pluća. No, fluoroskopija je, koja uključuje relativno visoke doze zračenja, uglavnom zamijenjena ehokardiografijom i drugim pretragama.

Fluoroskopija se i dalje rabi pri kateterizaciji srca i elektrofiziološkom testiranju. Može biti od pomoći kod nekih teških dijagnoza, na primjer valvularnih bolesti srca i prirođenih srčanih mana.

5.2. INTRAVASKULARNI ULTRAZVUK

Ehokardiografija ili ultrazvučni pregled srca neinvazivna je dijagnostička metoda. Ova dijagnostička pretraga koristi se u kardiologiji od 1953. godine.

Ehokardiografija može biti jednodimenzijaska (1D), dvodimenzijaska (2D) i trodimenzijaska (3D). Jednodimenzijaska ehokardiografija daje prikaz srčanih struktura u jednoj ravnini, dvodimenzijaska u dvije ravnine, a trodimenzijaska u tri ravnine. Osim 1D, 2D i 3D postoji i Dopplerova ehokardiografija koja mjeri brzine protoka krvi u srcu i *color* ili obojena ehokardiografija koja pokazuje protoke krvi u srcu i krvnim žilama u plavoj i u crvenoj boji.

Ultrazvučni pregled srca služi za dijagnostiku prirođenih i stečenih srčanih grešaka, akutnoga infarkta srca, kardiomiopatija, bolesti perikarda i endokarda, upalnih bolesti srca, srčanih tumora te bolesti velikih krvnih žila koje ulaze i onih koje izlaze iz srca. Ehokardiografski aparat kojim se vrši ultrazvučni pregled srca koristi ultrazvučne valove koji se pomoću sonde odašilju prema srcu.

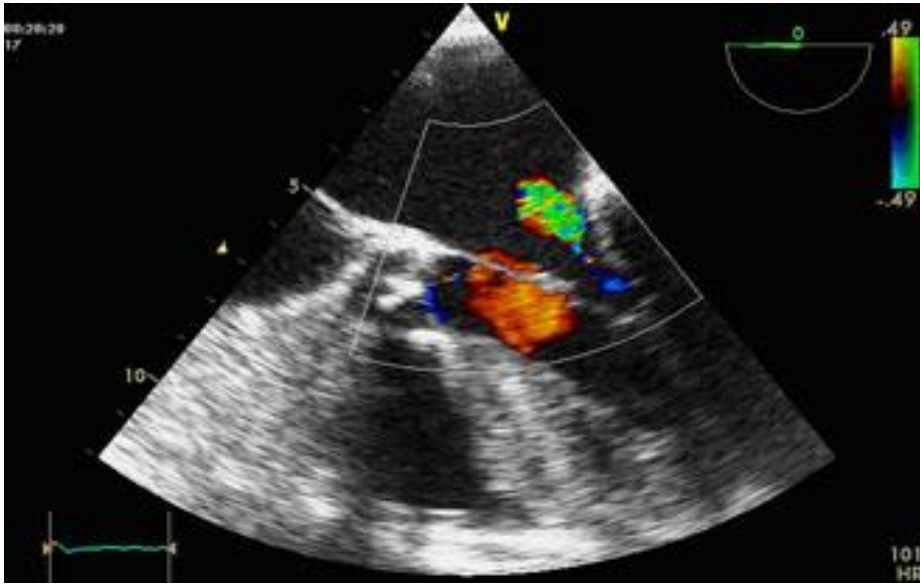
Ultrazvučni valovi reflektiraju se od srčanih struktura istom sondom, prenose se u aparat i obrađuju pomoću vrlo zahtjevnih i sofisticiranih računalnih programa te stvaraju sliku srčanih struktura na monitoru, koja se može ispisati na papiru i pohraniti u memoriji računala ili na elektroničkome mediju kao što je kompaktni disk (CD). Slike i numerički podatci digitalizirani su; tako se mogu telemedicinski razmjenjivati s ostalim dijagnostičkim centrima u zemlji i u inozemstvu u svrhu konzultacija ili istraživanja.

Osim dijagnostike ehokardiografija je od velike koristi u procjeni učinka medikamentne ili kirurške terapije srčanih bolesti, a kod nekih bolesti ima i veliku prognostičku vrijednost. Prema mjestu na kojemu se postavlja sonda kojom se izvodi pretraga, ehokardiografija može biti transtorakalna (TTE), transezofagusna (TEE), intrakardijalna i intravaskularna ehografija.

Kod pretrage se TTE sonda postavlja na prsa uz prsnu kost, iznad ili ispod prsne kosti i na mjesto gdje se očekuje vršak srca. Kod TEE-a koristi se posebno konstruiranom sondom koja se stavlja u jednjak i tako se dobije prikaz srčanih struktura. Kod ove pretrage pacijent treba biti praznoga želudca. Kod intrakardijalne ehokardiografije sonda je vrlo malih dimenzija i preko krvnih žila na periferiji uvodi se u srce i omogućava nam pregled srca iznutra. Za intravaskularnu ehografiju također se koriste sonde vrlo malih dimenzija, koje su samo za jednokratnu uporabu; uvode se u arterije i pregledavaju se arterije iznutra. Naime, pri klasičnom ultrazvučnom pregledu perifernih krvnih žila ultrazvučna sonda stavlja se izvana na kožu iznad krvne žile koja se želi analizirati.

Uporabom kontrasta vrši se takozvana kontrastna ehokardiografija, koja se može koristiti za prikaz srčanih šupljina i eventualnih patoloških komunikacija između njih te za prikaz velikih krvnih žila koje ulaze i izlaze iz srca. Postoje i kontrastna sredstva, koja nakon injiciranja u perifernu cirkulaciju daju prikaz srčanih šupljina i prikaz prokrvljenosti srčanog mišića. Osim navedenih pretraga postoji i vrlo dobro poznata takozvana *stress* ehokardiografija ili ehokardiografija u opterećenju. Kod ove pretrage potrebno je povećati frekvenciju srca, što je moguće ergometrijom ili farmakološki, tj. posebnim lijekovima za ubrzanje srčane frekvencije.

Također, dobro je poznata široka primjena ehokardiografije prilikom nekih intervencijskih zahvata na srcu, kao i tijekom kardiokirurških operacija. Možemo reći da ehokardiografija ima velike mogućnosti i široku primjenu u dijagnostici bolesti srca i krvnih žila. Zahvaljujući novim tehničkim i elektroničkim rješenjima, unazad par godina koriste se i prijenosni, lagani ehokardiografski aparati, težine do nekoliko kilograma. Oni su idealni za ehokardiografski pregled pacijenata u bolesničkoj sobi ili u izvanbolničkim uvjetima, jer aparat „dođe“ do pacijenta, a ne pacijent do aparata.



Slika 5. Prikaz dijelova srca metodom ehokardiografije.

Izvor slike: <http://www.poliklinika-saric.com>

5.3. KVANTITATIVNE METODE

U kvantitativne metode kod kojih se koristimo metodom Ca „skoringa“ ubrajamo MSCT i EBCT. U tehničkome aspektu donijele su mnogo prednosti, kao što su:

1. izostanak složene pripreme pacijenta
2. izostanak uzimanja uzorka krvi
3. izostanak uštrcavanja kontrasta
4. mala primljena doza zračenja.

5.4. MSCT KORONAROGRAFIJA I CA „SKORING“

Koronarografija kompjutoriziranom tomografijom (MSCT koronarografija) još je uvijek nova i kod nas nedovoljno etablirana metoda, koja ima sve značajniju ulogu u dijagnostici koronarne bolesti srca (KBS). Ova bolest predstavlja vodeći uzrok smrtnosti u većini razvijenih zemalja, a za pravovremeno i učinkovito liječenje KBS-a ključno je njeno rano otkrivanje.

Tragična je činjenica to što je u 50 – 60 % slučajeva, u do tada asimptomatskih bolesnika, prvi znak bolesti infarkt miokarda, a nerijetko i iznenadna srčana smrt. Temeljem analize podataka 398.978 pacijenata bez poznatoga KBS-a, uključenih u *American College of*

Cardiology National Cardiovascular Data Registry, kojima je učinjena elektivna koronarografija, značajan oblik KBS-a potvrđen je u samo 38 % slučajeva. Voditelji registra zaključuju da trenutno postojeće strategije za obradu pacijenata bez poznatoga KBS-a, a s postojećim rizikom, nisu zadovoljavajuće i potrebno ih je značajno unaprijediti. Upravo se ovdje vidi najveća potencijalna korist od MSCT koronarografije koja, ako se provodi na primjerenim uređajima i na primjeren način, može isključiti KBS s negativnom prediktivnom vrijednošću većom od 95 % i tako se mogu izbjeći daljnja nepotrebna testiranja poput perfuzijske scintigrafije i invazivne kardiološke obrade, koja imaju svoje rizike i komplikacije, a i značajno su skuplja od MSCT koronarografije.

Sve se više postavlja pitanje je li MSCT koronarografija spremna zamijeniti dijagnostičku invazivnu koronarografiju, dok pojedinci smatraju kako je došao kraj invazivnoj koronarografiji kao dijagnostičkoj metodi.

S tim u vezi moglo bi se zaključiti da invazivna koronarografija u kombinaciji s izrazito pozitivnim stres testom ostaje metoda izbora kod pacijenata s visokom vjerojatnošću KBS-a i očekivanom koronarnom intervencijom (PCI). Međutim, kod većine pacijenata s malim ili srednjim rizikom od KBS-a metoda MSCT koronarografije može biti pouzdana, klinički učinkovita i ekonomski isplativa neinvazivna alternativa klasičnoj koronarografiji.

5.4.1. Postupak oslikavanja kod MCST-a

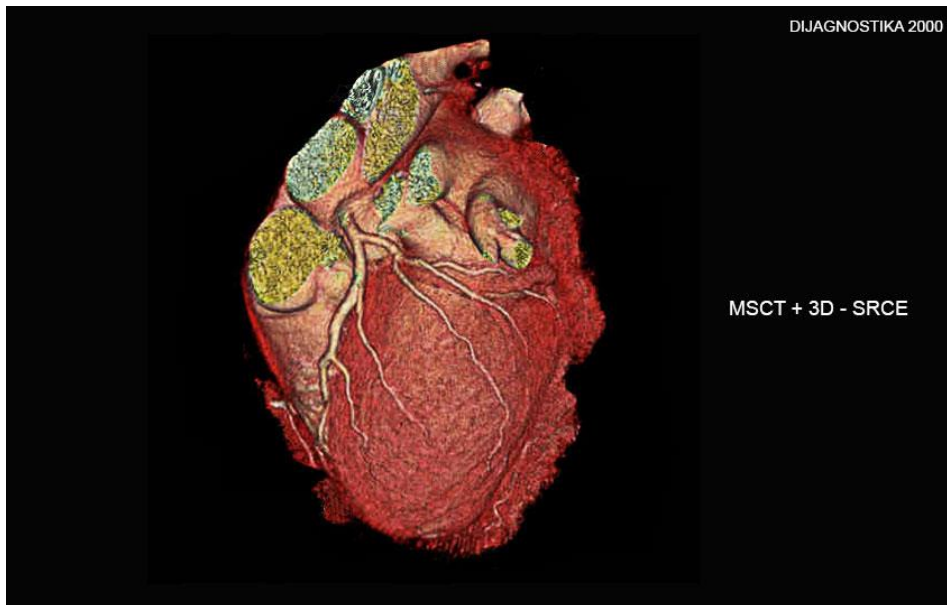
Oslikavanje je potrebno vršiti na CT-uređajima posebno konstruiranima za snimanje srca i koronarnih arterija. Prema sadašnjim standardima radi se o uređajima s minimalno 64 uzastopna sloja oslikavanja. Jedino na ovakvim uređajima moguće je postići zadovoljavajuću kvalitetu snimke uz prihvatljivo nisku dozu zračenja. Također, uređaj mora minimalno omogućavati i modulaciju intenziteta zračenja ovisno o EKG-u pacijenta te anatomske građi.

Frekvenciju rada srca potrebno je sniziti na maksimalno 65/min. Ako pacijent ima višu frekvenciju, tada se ordinira beta blokator per os ili češće parenteralno (Tenormin, amp. á 5 mg, doza lijeka individualno se prilagođava). Neposredno prije samoga snimanja ordinira se i nitrat kratkoga djelovanja sublingvalno (Nitrolingual spray), uz kontrolu krvnoga tlaka. Ovo istovremeno omogućava korištenje protokola s malim dozama zračenja te maksimalno sužava područja oslikavanja u sve tri prostorne ravnine. Također je potrebno jakost i napon struje na RTG-cijevi individualno prilagoditi svakomu pacijentu s obzirom na indeks tjelesne mase (BM), opseg prsišta te frekvenciju i stabilnost rada srca.

Na ovaj način moguće je značajno smanjiti doze zračenja, koje kod uobičajene populacije mogu biti u razini 2 – 3 mSv, a kod idealnih pacijenata (BMI \leq 25, stabilna frekvencija \leq 60/min) i ispod 1 mSv. Uporabom neprimjerenih uređaja te uz neprimjeren postupak oslikavanja, čak i na vrhunskim uređajima, doze zračenja mogu biti i višestruko veće.

U svakodnevnome radu primjenjuju se preporuke *American Heart Association* te *International Commission on Radiation Protection* poznatije kao ALARA (*As Low Reasonably Achievable*) protokol.

Nakon rapidnoga tehnološkog razvoja u posljednjemu desetljeću MSCT koronarografija dokazano je najpreciznija neinvazivna slikovna tehnika koja s 99 % preciznosti može isključiti KBS. Danas se primjenjuje u više od 2.000 centara samo u Sjedinjenim Američkim Državama i pokrivena je zdravstvenim osiguranjem u svih 50 država. Metoda se sve više primjenjuje i u ostalim zemljama diljem svijeta, a od 2007. godine i u Republici Hrvatskoj. Razvojem CT uređaja sa 64 i više slojeva, posebno konstruiranih za oslikavanje srca, MSCT koronarografija vrlo je brzo postala etablirana metoda u oslikavanju koronarnih arterija, a kod sumnje na prirođenu anomaliju koronarnih arterija i metoda izbora.



Slika 6. MSCT srca uz pomoć *postprocessing* softvera koji pomaže dobivanju jasnije i preciznije dijagnoze.

Izvor slike: www.dijagnostika2000.hr

5.4.2. Indikacije za CT koronarografiju

Indikacije za MSCT koronarografiju jesu:

1. bol u prsima kod pacijenta s intermedijarnim rizikom
2. dvojbena rezultat stres testa
3. anomalije koronarnih arterija
4. evaluacija kardiomiopatije
5. preoperativna obrada kod koronarnih kardijalnih operacija
6. suspektna patologija aorte i plućne arterije
7. prije i poslije elektrofizioloških ispitivanja.

Novije indikacije su vezane uz 64-slojni CT:

1. evaluacija boli u prsima ili zaduhe kod pacijenta s prethodnim aortokoronarnim premoštenjem ili implantacijom stenta
2. evaluacija akutne boli u prsima u hitnoj službi.

Temeljna uloga MSCT koronarografije, zbog njene visoke negativne prediktivne vrijednosti, jest isključenje signifikantne koronarne bolesti srca kod simptomatskih pacijenata s niskim ili srednjim rizikom. Pacijenti s tipičnom kliničkom slikom i visokim rizikom za koronarnu bolest s jasno pozitivnim testom opterećenja imaju indikaciju za invazivnu koronarografiju. Primjena MSCT koronarografije kod asimptomatskih pacijenata ne preporučuje se.

Današnji uređaji imaju temporalnu rezoluciju ≤ 150 msec, što uz submilimetarsku prostornu rezoluciju omogućuje vjeran prikaz koronarnih arterija kod većine pacijenata. S obzirom na to da se ovom metodom direktno prikazuje i stijenka krvnih žila, CT je nakon intravaskularnoga ultrazvuka (IVUS) najosjetljivija metoda za prikaz aterosklerotskoga plaka. Značajno je osjetljivija od invazivne koronarografije koja prikazuje samo prohodan lumen krvne žile.

Uz navedeno CT omogućava analizu građe plaka, jer može razlikovati masni sadržaj od kalcija, pa čak i veziva. Novija istraživanja pokazuju da je, posebno kod većih krvnih žila, moguće pouzdano razlikovati plak koji je zbog „mekoće“ svojega sadržaja nestabilan.

Prema najnovijim studijama 64-slojni CT ima vrlo dobru korelaciju s IVUS-om u evaluaciji aterosklerotskoga plaka, što dovodi u pitanje ulogu IVUS-a kao „zlatnoga standarda“ za evaluaciju aterosklerotskoga plaka.

Glavno ograničenje ove metode bila je razmjerno visoka doza zračenja. Razvojem tehnologije ovdje su učinjeni značajni pomaci te se danas ne preporučuje izvoditi MSCT koronarografiju na uređajima s manje od 64 sloja. Ovo je dovelo i do bitnoga proširenja indikacija, kao što su oslikavanje koronarnih stentova i premosnica, čije oslikavanje na starijim generacijama MSCT-a nije bilo zadovoljavajuće.

5.4.3. Doze zračenja kod MSCT-a

Starija istraživanja doze zračenja kod CT koronarografije davala su vrlo šarolike rezultate, često s neprihvatljivo visokim dozama zračenja (do 30 mSv ekspozicijske doze). Ovakvi rezultati bili su posljedica korištenja neprimjerenim tehnologijama (uređaji s 4,6 ili 16 slojeva) te nedovoljne vještine u pripremi i oslikavanju pacijenata.

S obzirom na to da doza zračenja kod MSCT-a uvelike ovisi o pripremi pacijenta i parametrima snimanja, ovo iziskuje posebno educiran kardiološko-radiološki tim i individualan pristup svakomu pacijentu kako bi se uz čim manju dozu zračenja dobile snimke odgovarajuće dijagnostičke kakvoće.

Novija istraživanja na 64-slojnim uređajima i uz korištenje strategijae za snižavanje doze zračenja, poput vjerojatno najrelevantnije PROTECT-I studije, pokazuju značajno manje doze zračenja. Na ovoj generaciji uređaja, uz njihovo primjereno korištenje, ekspozicijske doze zapravo su usporedive s onima kod invazivne koronarografije. Primjerice, prosječna ekspozicijska doza kod CT koronarografije izmjerena je na oko 9 mSv, a kod invazivne koronarografije na oko 7 mSv. S obzirom na nepouzdanost mjerenja te metodologiju izračuna ekspozicijske doze, prema preporukama *International Commission on Radiation Protection* razlike u efektivnoj dozi do faktora 2 zapravo se ne smatraju značajnima.

Također, bitno je napomenuti da se kod CT koronarografije zrači isključivo pacijent, dok je kod invazivne obrade zračenju izložen cijeli dijagnostički tim.

U PROTECT-I studiji koristili su uređaje iz 2005.godine. U međuvremenu, CT tehnologija značajno je napredovala te današnji uređaji postižu doze od 2 – 3 mSv kod većine pacijenata, a optimalne pacijente može se oslikavati i s dozama ispod 1 mSv. Ovdje, nažalost, još ne postoji nezavisnost studija o dozi zračenja, no nekoliko je takvih u tijeku.

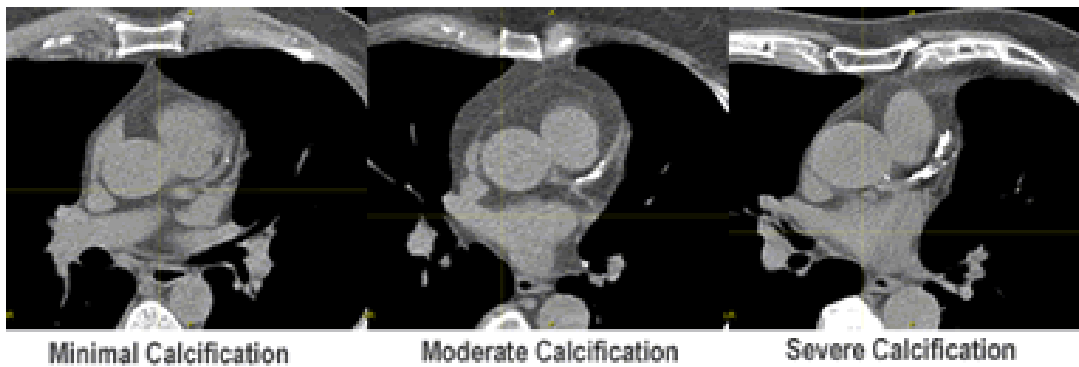
5.4.4. Ograničenja MSCT-a

MSCT koronarografija ima i svoja ograničenja. Velika količina kalcija na koronarnim arterijama ometa evaluaciju prohodnosti koronarne arterije te je kod pacijenta s izrazitim kalcifikatima nemoguće procijeniti stupanj eventualne stenozе. Evaluacija luminalne stenozе otežana je kod pacijenta koji imaju ubrzanu frekvenciju srca, fibrilaciju atriја ili učestalu ekstrasistoliju.

Respiratorni artefakt moguć je ako pacijent nije suradljiv te ne prati upute o zadržavanju daha tijekom oslikavanja ili to ne može učiniti. Potrebno je naglasiti da izrazito pretili pacijenti, čiji je BMI preko 30, nisu optimalni kandidati za MSCT koronarografiju. Moguća je alergijska reakcija na kontrastno sredstvo.

5.5. ELECTRON BEAM CT I Ca SKORING

EBCT, također poznat kao ultrabrza kompjutorizirana tomografija (CT) (Imatron C-100, C-150) i Cine-CT, koristi se stacionarnim izvorom i parom detektora pri čemu X-zrake nastaju kao rotirajuća zraka elektrona unutar jedne od četiri polukružne volframove ciljevi. EBCT nema pokretnih dijelova za snimanje lanca te je skeniranje putem ili tijekom srčanog ciklusa moguće u brzome slijedu. Za identifikaciju kalcija u koronarnim arterijama izvode se skeniranja single-kriška, debljine 3 mm, 100 ms. U ovom modu "visoke rezolucije" volumen skeniranja, 40 sekvencijalni tomogram srca u sinkronizaciji s otkucajem srca tijekom kasne diјastole, može biti dovršen u što većem broju srčanih ciklusa. Puls može biti potreban kako bi stekli skenove iz korijena aorte i podrijetlu lijeve glavne koronarne arterije kroz distalne desne koronarne arterije. U samoj ravnini prostorna rezolucija (pomoću polja 300 mm gledišta) je 0,4 mm². Identifikacija kalcifikata koronarnih arterija zahtijeva intravenozne injekcije kontrasta zbog kalcifikacija arterija koji pokazuju relativno visoku Hounsfield (H) gustoću, 2 do 10 puta veću od okolnog mekog tkiva. Dakle, pojava visoke gustoće intramuralnih koronarnih kalcijevih depozita u susjedstvu niske gustoće mekih tkiva i okolnih masti napravilo je vizualnu identifikaciju kalcija za određivanje sadržaja kalcija u koronarnim arterijama po EBCT-u relativno jednostavnim.



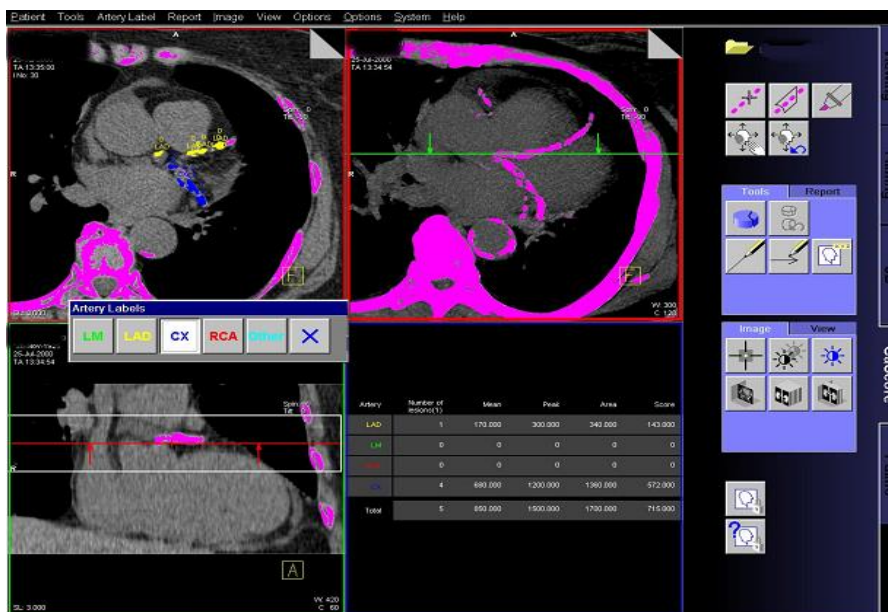
Slika 7. Prikazivanje nakupljanja kalcifikacije u srcu i koronarnim arterijama EBCT-om.

Izvor slike: <http://www.ocheartinstitute.com>

5.6. KORIŠTENJE *POSTPROCESSING* SOFTVERA U KALCIJ „SKORINGU“

Danas većina *postprocessing* softvera omogućuje prikaz kalcificirane lezije u boji, što pojednostavljuje posao operatera koji samo treba ocrtati „područje interesa“ (engl. *region of interest*, ROI) bojom kodiranoga plaka. Također, postoje automatizirana mjerenja kalcificiranih lezija.

Ukupni kalcij skor, prema Agatstonu, izračunava se zbrajanjem skorova na svim kalcificiranim lezijama epikardijalnih koronarnih arterija.



Slika 8. Kvantifikacija kalcija koronarnih arterija koristeći postprocesing softver.

Izvor slike: <http://www.kardio.hr/postprocessing>

Različiti radovi pokazali su određene varijabilnosti u mjerenju pa su predložene i druge tehnike kvantifikacije kalcija, kao što su volumen kalcija (engl. *calcium volume*, CV) i kalcij masa (engl. *calcium mass*, CM).

Navedene predložene tehnike rjeđe se koriste u kliničkoj praksi, jer nema aktualnih podataka o valjanosti ovih mjerenja (nema ishodnih studija) pa društvo kardiovaskularne kompjutorizirane tomografije sugerira da ovi rezultati trebaju biti prikazani više tradicionalnim Agatstonovim skorom.

5.7. USPOREDBA MSCT-a i EBCT-a U Ca SKORINGU

Nedavne studije pokazale su da se višeslojna kompjuterizirana tomografija (engl. *multislice computed tomography*, MSCT) može usporediti s EBCT-om (engl. *electron- beam computer tomography*) za skrining koronarnih kalcifikacija te se danas MSCT-om rutinski koristi za ovaj problem.

Kod kompjuteriziranoga tomografskog skeniranja koronarnoga kalcija koristi se, kao i kod koronarografije, elektrokardiografskom sinkronizacijom uz tehniku zadržavanja daha, ali doza zračenja kod Ca „skoringa“ samo je 1 milisivert, a trajanje skeniranja bez upotrebe kontrasta manje je od 5 minuta. Iako većina centara ne koristi beta blokatore tijekom Ca „skoringa“, njihova uporaba dovodi do poboljšanja pouzdanosti i manje artefakata uslijed pokreta kod kvantifikacije kalcija.

6. Zaključak

Svrha mjerenja kalcija koronarnih arterija jest detektirati subkliničku aterosklozu u njezinim ranim fazama, za što je gotovo 100 % specifična. Moć slikovne metode za detekciju subkliničke ateroskleroze u predviđanju budućih kardiovaskularnih događaja značajno je prepoznata.

Metodom Ca „skoringa“ 95 % osoba koje bi se prezentirale s infarktom miokarda kao prvim simptomom moglo bi se prepoznati kao osobe s visokim rizikom te agresivnim tretiranjem znatno smanjiti događaje. Prepoznavanje metode skeniranja koronarnoga kalcija kao alata za procjenu rizika može predstavljati jedan od najznačajnijih napredaka u povijesti preventivne medicine.

Ona omogućuje točnu identifikaciju velikoga broja pacijenata s povećanim rizikom od CAD-a, a time i znatno smanjenje kardiovaskularne smrtnosti i pobola uz pomoć sve učinkovitije farmakološke terapije i promjene stila života kao vida liječenja osnovne bolesti.

7. Sažetak

Ca „skoring“ jest metoda kojom otkrivamo postojanje i rasprostranjenost kalcificiranih aterosklerotskih promjena na srčanim krvnim žilama, poglavito arterijama. Prisutnost kalcija u srčanim arterijama patognomična je za aterosklozu. Bliska korelacija između aterosklerotskoga plaka i opsega koronarnoga kalcija (engl. *coronary calcium*, CAC) potvrđena je i od strane histopatologije i intravaskularnoga ultrazvuka.

Koronarni kalcij definira se kao lezija gustoće iznad 130 Hounsfield jedinica (koje se kreću od -1.000 (zrak), preko 0 (voda), i više od 1000 (gusta kortikalna kost), s površinom od tri ili više susjednih piksela (najmanje 1 mm²). Izvornu metodu kalcij skoringa razvio je Agatston* sa suradnicima, a određen je produktom površine kalcificiranoga područja plaka i maksimalne gustoće kalcij lezije (od 1 do 4 na temelju Hounsfield jedinica). Standardizirane su kategorije za Ca „skoring“: rezultat 1 – 10 koji se smatra minimalnim, 11 – 100 blagim, 101 – 400 umjerenim, a > 400 teškim. Uz *Agatston Score*, postoji još i metodu Ca „skoringa“ na temelju specifičnosti lezija koja proizlazi iz CT testa za kalcifikacije koronarnih arterija.

Srčanim CT-om utvrđen kalcificirani koronarni plak ima visoku osjetljivost i negativnu prediktivnu vrijednost za opstruktivni CAD, ali ograničenu specifičnost. Ca „skoring“ može pomoći kliničarima u učinkovitu „isključenju“ angiografski značajnoga CAD-a u simptomatskih bolesnika. To se može vidjeti u studiji kao što je Framinghamova studija, u kojoj su sudjelovale asimptomatske mlađe odrasle osobe (muškarci mlađi od 55 godina i žene mlađe od 65 godina), koje su bili hospitalizirane zbog prvoga akutnog infarkta miokarda.

Kod Ca skoringa služi se različitim radiološkim instrumentima i uređajima kako bi se pravilno i učinkovito pronašlo postojanje i rasprostranjenost kalcificiranih aterosklerotskih promjena na srčanim krvnim žilama, poglavito arterijama. Metode mjerenja kalcija u krvnim žilama jesu fluoroskopija, intravaskularni ultrazvuk i kvantitativne metode kojima pripadaju MSCT I EBCT. Kod kvantitativnih metoda koristimo se i *postprocessing* softverima, koji nam omogućuju prikaz kalcificirane lezije u boji, što pojednostavljuje posao operatera, koji samo treba ocrtati „područje interesa“ (engl. *region of interest*, ROI) bojom kodiranoga plaka. Također, postoje automatizirana mjerenja kalcificiranih lezija.

8. Summary

Ca 'scoring' is a method of discovering the existence and extent of calcified atherosclerotic changes in the heart blood vessels, especially arteries. The presence of calcium in the coronary arteries is pathognomonic for atherosclerosis. The close correlation between the extent of atherosclerotic plaque and coronary calcium was confirmed by histopathology and intravascular ultrasound.

Coronary calcium is defined as the density of lesions above 130 Hounsfield units (ranging from -1.000 (air) through 0 (water), and more than 1000 (dense cortical bone), with an area of three or more adjacent pixels (at least 1 or 2 mm). The original method of calcium scoring was developed by Agatston * with co-workers, and is determined by the product of the surface area of calcified plaque and a maximum density of calcium lesions (1-4 based on Hounsfield units). The standardized categories for calcium scoring are: score 1-10 which is considered minimal, score 11-100 which is considered good, score 101-400 which is considerate moderate and above 400 which is considerate heavy. Also, we have calcium scoring method based on the specifics of lesions resulting from CT test for coronary artery calcification.

Cardiac CT determined calcified coronary plaque with high sensitivity and negative predictive value for obstructive CAD, but a limited specificity. Ca scoring can help clinicians in effective "exclusion" of angiographically significant CAD in symptomatic patients. This can be seen in studies such as the Framingham study, involving asymptomatic young adults (males younger than 55 and women younger than 65 years) who were hospitalized for the first acute myocardial infarction.

In Ca scoring we use various radiological instruments and devices in order to properly and effectively find the existence and extent of calcified atherosclerotic changes in the heart blood vessels, especially arteries. Methods of measurement of calcium in the blood vessels are: fluoroscopy, intravascular ultrasound and quantitative methods where we have MSCT and EBCT. In quantitative methods we use postprocessing software that allow us to see the calcified lesions in color, which simplifies the job of the operator who has only to outline the area of interest color coded plaque. Also, there are automated measurement of calcified lesions.

9. Literatura

1. Kannel WB, D'Agostino RB, Sullivan L, et al. Concept and usefulness of cardiovascular risk profiles. *Am Heart J* 2004, 14: 16–26.
2. Raggi P. Coronary-calcium screening to improve risk stratification in primary prevention. *J La State Med Soc* 2002, 154: 314–8.
3. Akosah KO, Shaper A, Cogbill C, et al. Preventing myocardial infarction in the young adult in the first place: how do the National Cholesterol Education Panel III guidelines perform? *J Am Coll Cardiol* 2003, 41: 1475–9.
4. Michos ED, Nasir K, Braunstein JB, et al. Framingham risk equation underestimates subclinical atherosclerosis risk in asymptomatic women. *Atherosclerosis* 2006, 184: 201–6.
5. Budoff MJ, Achenbach S, Blumenthal RS, et al. Assessment of Coronary Artery Disease by Cardiac Computed Tomography. A Statement from the American Heart Association Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention, Council on Cardiovascular Radiology and Intervention, and Committee on Cardiac Imaging, Council on Clinical Cardiology. *Circulation* 2006, 114(16): 1761–91.
6. Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, et al. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol*. 1990;15:827–832.
7. Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, Zusmer NR, Viamonte M Jr, Detrano R (1990) Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 15(4):827–832.
8. Callister TQ, Cooil B, Raya SP, et al. Coronary artery disease: improved reproducibility of calcium scoring with an electron-beam CT volumetric method. *Radiology*. 1998;208:807–814.
9. Takahashi N, Bae KT Quantification of coronary artery calcium with multi-detector row CT: assessing interscan variability with different tube currents pilot study. *Radiology*. 2003; 228(1):101–106.
10. Raff GL, Abidov A, Achenbach S, Berman DS, Boxt LM, Budoff MJ, Cheng V, DeFrance T, Hellinger JC, Karlsberg RP, Society of Cardiovascular Computed Tomography (2009) SCCT guidelines for the interpretation and reporting of coronary computed tomographic angiography. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 3(2):122–136.

11. Stanford W, Thompson BH, Burns TL, Heery SD, Burr MC (2004) Coronary artery calcium quantification at multi-detector row helical CT versus electron-beam CT. *Radiology* 230(2):397–402.
12. BudoffMJ, Raggi P, Berman D, et al. Continuous Probabilistic Prediction of Angiographically Significant Coronary Artery Disease Using Electron Beam Tomography. *Circulation* 2002, 105: 1791–6.
13. Berman DS, Wong ND, Gransar H, et al. Relationship between stress-induced myocardial ischemia and atherosclerosis measured by coronary calcium tomography. *J Am Coll Cardiol* 2004, 44(4): 923–30.
14. Brindis RG, Douglas PS, Hendel RC, et al. ACCF/ASNC appropriateness criteria for singlephoton emission computed tomography myocardial perfusion imaging (SPECT MPI): a report of the American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working Group and the American Society of Nuclear Cardiology endorsed by the American Heart Association. *J Am Coll Cardiol* 2005, 46: 1587–605.
15. Schmermund A, Baumgart D, Goerge G, et al. Coronary artery calcium in acute coronary syndromes: a comparative study of electron-beam computed tomography, coronary angiography, and intracoronary ultrasound in survivors of acute myocardial infarction and unstable angina. *Circulation* 1997, 96: 1461–9.
16. Shaw LJ, Raggi P, Schisterman E et al. Prognostic Value of Cardiac Risk Factors and Coronary Artery Calcium Screening for All-Cause Mortality. *Radiology* 2003, 28: 826–33.
17. Arad Y, Goodman KJ, Roth M, et al. Coronary calcification, coronary disease risk factors, C-reactive protein, and atherosclerotic cardiovascular disease events: the St. Francis Heart Study. *J Am Coll Cardiol* 2005, 46: 158–65.
18. Kalia NK, Miller LG, Nasir K, et al. Visualizing coronary calcium is associated with improvements in adherence to statin therapy. *Atherosclerosis* 2006, 185(2): 394–9.
19. De Backer G, Ambrosioni E, Borch-Johnson K, et al. European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. Third joint task force of European and other societies in cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2003;10(suppl 1):S1–S10.
20. Grundy SM. Is lowering low-density lipoprotein an effective strategy to reduce cardiac risk? Promise of low-density lipoprotein–lowering therapy for primary and secondary prevention. *Circulation.* 2008; 117:569–573.

21. Hecht HS. The deadly double standard: the saga of screening for subclinical atherosclerosis. *Am J Cardiol.* 2008;101:1085–1087.

10. Životopis

OSOBNI PODATCI

Ime i prezime: Ante Listeš

Datum i mjesto rođenja: 22. travnja 1994., Split

Državljanstvo: Hrvatsko

Adresa: Mosečka 72, Split

Mobitel: +386989770353

E-mail: listesante@yahoo.com

Obrazovanje i osposobljavanje:

Osnovna škola: Kman Kocunar, Split

Srednja škola: I. Jezična gimnazija, Split

Fakultet: Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Split

Smjer: Radiološka tehnologija