

Uloga low dose CT toraksa kao screeninga u pušača

Meter, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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:176:020011>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-13**



Sveučilišni odjel zdravstvenih studija
SVEUČILIŠTE U SPLITU

Repository / Repozitorij:

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



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA

SVEUČILIŠNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ

RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

Ana Meter

**ULOGA LOW DOSE CT TORAKSA KAO SCREENINGA U
PUŠAČA**

Završni rad

Split, 2024.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA

SVEUČILIŠNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ

RADIOLOŠKA TEHNOLOGIJA

Ana Meter

**ULOGA LOW DOSE CT TORAKSA KAO SCREENINGA U
PUŠAČA**

**THE ROLE OF LOW DOSE CT THORAX AS A SCREENING
TEST IN SMOKERS**

Završni rad/Bachelor's Thesis

Mentor:

doc. dr. sc. Ljiljana Marčić

Split, 2024.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

ZAVRŠNI RAD

Sveučilište u Splitu
Sveučilišni odjel zdravstvenih studija
Sveučilišni prijediplomski studij radiološka tehnologija

Znanstveno područje: biomedicina i zdravstvo
Znanstveno polje: kliničke medicinske znanosti

Mentor: doc. dr. sc. Ljiljana Marčić

ULOGA LOW DOSE CT TORAKSA KAO SCREENINGA U PUŠAČA

Ana Meter, 0346013320

SAŽETAK: Višeslojna kompjuterizirana tomografija, MSCT toraksa je dijagnostička metoda koja omogućuje bolji prikaz torakalnih organa te lakše uočavanje patoloških promjena u odnosu na radiografsko snimanje toraksa. Napredak višeslojne kompjuterizirane tomografije doveo je do mogućnosti snimanja toraksa u visokoj rezoluciji pri jednom udahu i s prihvatljivom dozom zračenja. Visoka rezolucija zraka i plućnih nodula omogućuje provedbu niskodoznog protokola za pluća te se pacijent izlaže maloj dozi zračenja uz kvalitetnu dijagnozu. Low – dose CT je bezbolan i neinvazivan test probira koji traje vrlo kratko. Karcinom pluća je vodeći uzrok smrti od svih karcinoma, a najčešći uzrok je pušenje. Važno ga je prepoznati u ranom stadiju kako bi se povećala mogućnost izlječenja, stoga je bitno pravovremeno uočiti i razlikovati nodozne lezije plućnog parenhima. Upravo zbog toga osnovan je Nacionalni program koji koristi low – dose CT screening za visokorizične skupine. Tu pripadaju osobe dobi između 50 i 75 godina koje su aktivni pušači te bivši pušači koji su prestali pušiti unutar 15 godina. Također, bitno je istaknuti i važnost slučajnih nalaza tijekom probira kao što su kalcifikati koronarnih arterija, kronična opstruktivna plućna bolest i bolesti intersticija. Low – dose CT snimanje tehnički je slično rutinskom CT snimanju prsnog koša, pa ne zahtjeva dodatnu edukaciju. Cilj je dobiti kvalitetnu sliku na kojoj se mogu otkriti i mjeriti mali plućni noduli, a da se za to koristi što manja doza zračenja. Low – dose CT probira je još uvijek u ranoj fazi primjene, pa uz sve svoje pozitivne strane ipak zahtijeva još istraživanja.

Ključne riječi: karcinom; low – dose CT; pluća; pušenje; screening

Rad sadrži: 24 stranica; 10 slika

Jezik izvornika: hrvatski

BASIC DOCUMENTATION CARD

BACHELOR THESIS

University of Split
University Department for Health Studies
University undergraduate study of radiologic technology

Scientific area: biomedicine and health care

Scientific field: clinical medical sciences

Supervisor: doc. dr. sc. Ljiljana Marčić

THE ROLE OF LOW DOSE CT THORAX AS A SCREENING TEST IN SMOKERS

Ana Meter, 0346013320

SUMMARY: Multislice computed tomography (MSCT) of the thorax is a diagnostic method that provides better visualization of thoracic organs and easier detection of pathological changes compared to chest radiography. The advancement of multislice computed tomography has led to the ability to image the thorax in high resolution with a single breath and with an acceptable radiation dose. The high resolution of the airways and pulmonary nodules allows for the implementation of a low-dose protocol for the lungs, exposing the patient to a minimal radiation dose while ensuring a quality diagnosis. Low-dose CT is a painless and non-invasive screening test that takes very little time. Lung cancer is the leading cause of death among all cancers, with smoking being the most common cause. It is important to recognize it in the early stages to increase the chances of a cure, thus timely detection and differentiation of nodular lesions of the lung parenchyma is crucial. For this reason, a National Program has been established that uses low-dose CT screening for high-risk groups. These include individuals aged between 50 and 75 who are current smokers or former smokers who quit within the past 15 years. Additionally, it is important to highlight the significance of incidental findings during screening, such as coronary artery calcifications, chronic obstructive pulmonary disease, and interstitial lung diseases. Low-dose CT scanning is technically similar to routine CT chest scanning, so it does not require additional training. The goal is to provide a quality image on which small pulmonary nodules can be detected and measured, using the lowest possible radiation dose. Low-dose CT screening is still in the early stages of application and, despite its positive aspects, requires further research.

Keywords: cancer; low dose CT; lungs; screening; smoking

Thesis contains: 24 pages; 10 figures

Original in: Croatian

SADRŽAJ

SAŽETAK.....	I
SUMMARY.....	II
SADRŽAJ	III
1. UVOD	1
1.1. MSCT TORAKSA.....	1
1.2. LOW DOSE CT.....	3
2. CILJ RADA	6
3. RASPRAVA	7
3.1. PUŠENJE KAO RIZIČNI FAKTOR ZA NASTANAK BOLESTI.....	7
3.2. PUŠENJE KAO RIZIČNI FAKTOR ZA KARCINOM PLUĆA.....	9
3.3. NODOZNE LEZIJE PLUĆNOG PARENHIMA.....	11
3.4. KRITERIJI PRAĆENJA NODOZNIH LEZIJA LOW DOSE CT – OM.....	13
3.5. LOW DOSE CT SCREENING	17
4. ZAKLJUČAK.....	20
5. LITERATURA	21
6. ŽIVOTOPIS.....	24

1. UVOD

1.1. MSCT TORAKSA

Kompjutorizirana tomografija, CT (*engl. Computed Tomography*) danas je vrlo često korištena dijagnostička metoda zbog svog tehnološkog napretka. CT uređaj sastoji se od kućišta, stola za pacijenta, upravljačkog stola s računalom i radne stanice za obradu podataka (slika 1.). Svi ti dijelovi omogućuju stvaranje i prikupljanje podataka, njihov prijenos, obradu, arhiviranje te ponovnu rekonstrukciju [1]. Princip rada temelji se na slabljenju rendgenskih zraka prolaskom kroz snimani dio tijela te se izražava koeficijentom apsorpcije. Koeficijent apsorpcije ovisi o atomskom broju i gustoći elektrona snimanog dijela, pa što su ti čimbenici veći, veća je i apsorpcija [1]. Glavna karakterista CT – a je precizno mjerenje atenuacije koja se izražava Hounsfieldovim jedinicama (HU). Kao referentna vrijednost koristi se voda jer ima jednoliki denzitet i njena vrijednost se označava s 0. Sva tkiva većeg denziteta od vode daju pozitivan broj na CT – u, a sva tkiva manjeg denziteta daju negativan CT broj. Svi CT uređaji daju sliku u obliku poprečnog presjeka jer se na taj način izbjegava superpozicija struktura tijela.

Višeslojna kompjueterizirana tomografija, MSCT (*engl. Multislice Computed Tomography*) toraksa je dijagnostička metoda koja koristi rendgenske zrake za dobivanje slika presjeka toraksa i medijastinuma iz različitih kutova [2]. Ona omogućuje bolji prikaz torakalnih organa te lakše uočavanje patoloških promjena u odnosu na radiografsko snimanje toraksa. Zahvaljujući svojoj velikoj brzini poboljšava učinkovitost, kvalitetu slike i udobnost pacijenta pri izvođenju pretraga. Ima sposobnost pokrivanja velikih volumena tankim slojevima te tako poboljšava procjenu medijastinalnih limfnih čvorova i plućnih nodula. MSCT također omogućuje i rekonstrukciju kontinualnih isječaka visoke rezolucije, HRCT (*engl. high – resolution continuous slices*) [3]. HRCT daje slike presjeka debljine 1 mm te je vrlo korisna pretraga za otkrivanje bolesti plućnog intersticija i bronhiektazija. Snimanjem u ekspiriju omogućava prikaz zarobljenog zraka koji je odlika bolesti dišnih puteva. Također, omogućava i otkrivanje gravitacijske atelektaze dok pacijent leži potrbuške.

Velika brzina MSCT – a je veoma važna i za vaskularne protoke jer se za snimanje torakalne aorte ili plućne embolije (PE) količina kontrastnog materijala može značajno smanjiti [3]. Upravo ta brzina i manja invazivnost pregleda zamijenila je invazivnije tehnike poput konvencionalne plućne angiografije te ventilacijsko /perfuzijske scintigrafije. Tanka kolimacija omogućuje bolju i veću uočljivost malih perifernih embolija te ukoliko je potrebno, cijeli subfrenički venski sustav može se procijeniti bez korištenja dodatnog kontrasta.



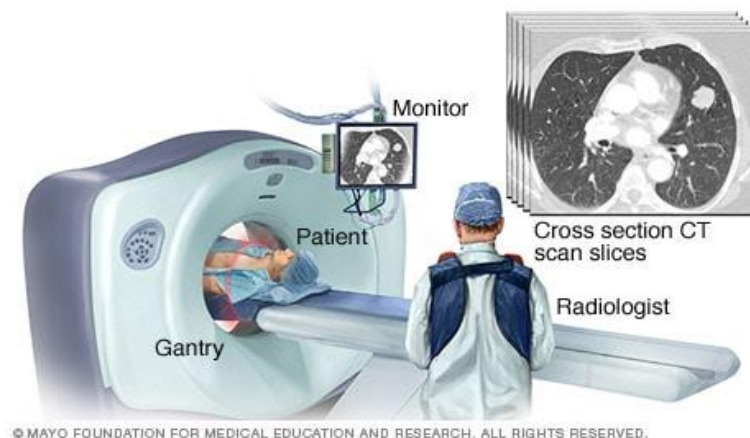
Slika 1. MSCT uređaj

<https://www.medicom.hr/public/storage/products/KYVbXTT2rZJ5Lv7U8SveM0foH19E4MK4TAsMxZNE.jpg>

1.2. LOW DOSE CT

Low – dose CT je kompjutorizirana tomografija koja koristi niske doze zračenja za dobivanje slike. Definira se kao prilagođeni protokoli koji dovode do smanjenje doze zračenja. To uključuje regulaciju struje cijevi, napona, rekonstrukcijske metode slika, individualni pristup pacijentu te pridržavanje svih mjera zaštite kako bi se omogućilo dobivanje dijagnostički ispravne slike uz što manju dozu zračenja. Low – dose CT je bezbolan i neinvazivan test probira koji traje vrlo kratko [4].

Napredak višeslojne kompjutorizirane tomografije doveo je do mogućnosti snimanja toraksa u visokoj rezoluciji pri jednom udahu i s prihvatljivom dozom zračenja (slika 2.). Visoka rezolucija zraka i plućnih nodula omogućuje provedbu niskodoznog protokola za pluća te se pacijent izlaže maloj dozi zračenja uz kvalitetnu dijagnozu. Preporuča se korištenje MSCT – a umjesto jednoslojnog CT – a zbog bolje sposobnosti otkrivanja malih nodula i ranog stadija karcinoma pluća prilikom probira te je potrebna optimalna rezolucija za kompjuterski potpomognutu detekciju, CAD (*engl. computer – aided detection*) i procjenu volumena nodula [5]. Bitno je koristiti debljinu presjeka od 1,5 mm ili manje te postaviti interval rezanja manji od debljine sloja kako bi se smanjila mogućnost pojave artefakata kod procjene volumena nodula. Nadalje, i jezgra rekonstrukcije utječe na procjenu volumena nodula. Debljina presjeka od 1 mm s mekom jezgrom dala je dvostruko bolju ponovljivost mjerenja plućnih nodula u usporedbi s rekonstrukcijom koja je koristila debljinu presjeka od 2 mm, a četiri puta bolja od one koja je koristila debljinu presjeka od 2 mm u kombinaciji s oštrom jezgrom [6].



Slika 2. Prikaz CT pregleda

https://www.mayoclinic.org/-/media/kcms/gbs/patient-consumer/images/2015/03/24/12/59/fl7_ctslices-6col.jpg

Cilj low – dose CT – a u svrhu probira je otkrivanje plućnih nodula, ali isto tako pruža i dodatne informacije kao što je otkrivanje kardiovaskularne bolesti ili kronične opstruktivne plućne bolesti (KOPB). Također, neke studije smatraju da se low – dose CT pretraga može koristiti za ocjenjivnje kalcija u koronarnoj arteriji što je korisno za procjenu rizika od kardiovaskularnih bolesti [6]. Upravo zbog toga smatra se da evaluacija ove tehnike ne smije biti usmjerena isključivo na plućni parenhim.

Broj CT pregleda je iz godine u godinu u sve većem porastu, pa se javlja zabrinutost i dovodi se u pitanje njegova štetnost. To dovodi do sve veće upotrebe niskodoznih protokola. Osim za prsni koš, low – dose CT se koristi i u dijagnostici glave i vrata koja su veoma osjetljiva područja i njegovom upotrebom doza zračenja se smanjuje za 45% u usporedbi sa standardnim CT protokolom. Također je našao primjenu u dijagnostici abdomena i zdjelice prilikom koje smanjuje dozu za čak 87% bez značajnog odstupanja u kvaliteti slike [1]. Isto tako low – dose je pozitivno doprinio i snimanju trudnica i djece koji imaju veći rizik od izloženosti zračenju [7]. Primarni zabrinjavajući faktor je utjecaj ionizirajućeg zračenja na plod. ACR (*American College of Radiology*) je potvrdio da nema značajnog rizika za plod kod doza manjih od 100 mGy (slika 3.) [8].

Upravo zbog toga low – dose CT protokoli su gotovo idealna dijagnostička metoda za trudnice nakon UZV i MR – a koje ne koriste ionizirajuće zračenje [8].

Menstrual or Gestational age	Conception age	<50 mGy (<5 rad)	50–100 mGy (5–10 rad)	>100 mGy (>10 rad)
0–2 weeks (0–14 days)	Prior to conception	None	None	None
3rd and 4th weeks (15–28 days)	1st–2nd weeks (1–14 days)	None	Probably none	Possible spontaneous abortion.
5th–10th weeks (29–70 days)	3rd–8th weeks (15–56 days)	None	Potential effects are scientifically uncertain and probably too subtle to be clinically detectable.	Possible malformations increasing in likelihood as dose increases
11th–17th weeks (71–119 days)	9th–15th weeks (57–105 days)	None	Potential effects are scientifically uncertain and probably too subtle to be clinically detectable.	Risk of diminished IQ or of mental retardation, increasing in frequency and severity with increasing dose
18th–27th weeks (120–189 days)	16th–25th weeks (106–175 days)	None	None	IQ deficits not detectable at diagnostic doses
>27 weeks (>189 days)	>25 weeks (>175 days)	None	None	None applicable to diagnostic medicine

Slika 3. Deterministički učinci po gestacijskoj dobi

<https://www.acr.org/-/media/acr/files/practice-parameters/pregnant-pts.pdf>

2. CILJ RADA

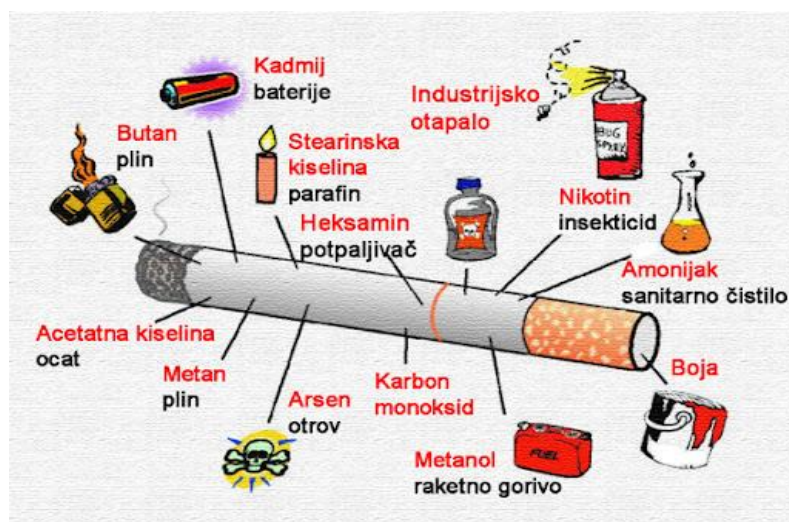
Cilj ovog završnog rada je predstaviti low – dose CT test probira i istaknuti njegove pozitivne strane kod otkrivanja ranog stadija karcinoma pluća te drugih promjena. Naglasak je na pušenju kao visokorizičnom ponašanju koji je vodeći uzrok pojavnosti karcinoma pluća te samim time i visoke smrtnosti od istoga. Upravo zbog toga, rana edukacija i dijagnoza nemaju alternativu u poboljšanju liječenja i smanjenju smrtnosti.

3. RASPRAVA

3.1. PUŠENJE KAO RIZIČNI FAKTOR ZA NASTANAK BOLESTI

Pušenje je zdravstveno rizično ponašanje koje se smatra jednim od vodećih javno zdravstvenih rizika za razna obolijevanja te povećanu smrtnost u cijelom svijetu [9]. Nikotin uzrokuje ovisnost, dok ugljikov monoksid koji nastaje gorenjem duhana, smanjuje opskrbu kisikom te s ostalim kemijskim spojevima koji proizvode katran doprinosi štetnom utjecaju duhana na zdravlje (slika 4.) [9]. Pušenje povećava rizik od nastanka raznih bolesti, a mnoge od njih su i smrtonosne. Prestanak pušenja u bilo kojoj dobi je važan jer postoji mogućnost smanjenog rizika za nastanak nekih bolesti, dok se ipak za druge bolesti počinjena šteta ne može vratiti ni s prestankom pušenja [10]. Karcinom usne šupljine i dišnog sustava, kronična opstruktivna plućna bolest (KOPB) te koronarne bolesti srca su vodeće bolesti sa smrtnim ishodom koje su povezane s pušenjem kao rizičnim faktorom. Usna šupljina je prva izložena duhanskom dimu stoga je podložna nastanku raznih bolesti kao što su paradontoza, gingivitis, gubitak alveolarne kosti, nastanak oralnih lezija i ulceracija te mnogih drugih promjena [11, 12]. Pušenje dovodi do ateroskleroze tijekom koje se stvaraju plakovi koji sužavaju i na kraju okludiraju krvne žile što rezultira nastankom krvožilnih bolesti [13]. Nadalje, pušenje je rizičan faktor za nastanak moždanog udara, sljepoće, gluhoće, osteoporoze i periferne vaskularne bolesti. Pušenje dovodi do preuranjenog starenja zbog nastanka slobodnih radikala i smanjene sinteze kolagena. Može uzrokovati karcinom pločastih stanica, psorijaziju, preuranjeno sijedenje kose kao i ubrzavanje procesa gubitka kose kod muškaraca zbog stvaranja disbalansa u aktivnosti folikularnih proteaza – antiproteaza sistema [14]. I kod žena i kod muškaraca smanjuje plodnost, a konzumacija duhana u trudnoći može uzrokovati nedovoljnu razvijenost fetusa te povećava mogućnost spontanog pobačaja, neonatalne smrti, a može dovesti i do narušavanja mentalnog zdravlja djeteta [10]. Prije se vjerovalo da pušenje štiti od Alzheimerove bolesti, no danas se smatra glavnim rizičnim faktorom za nastanak iste kao i za vaskularnu demenciju.

Smatra se da je početak pušenja najčešće u dobi od 10 do 15 godina. Prijelaz na svakodnevno pušenje ovisi o čimbenicima poput pušačkog okruženja, slabe akademske orijentacije, niskog socioekonomskog statusa, konzumacije alkohola i slično [10].

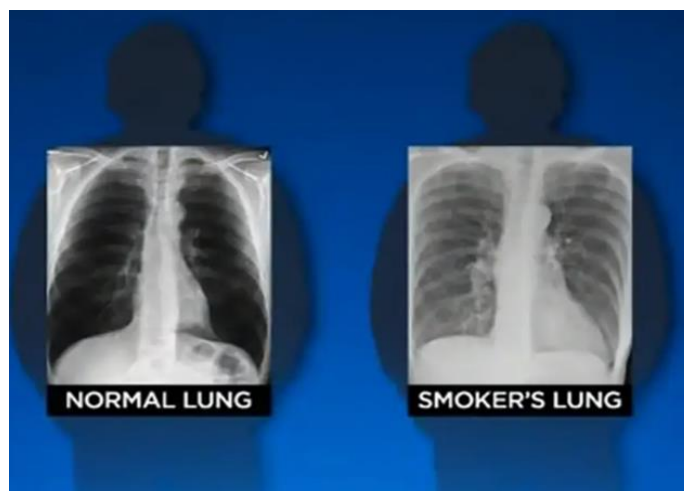


Slika 4. Sastav cigarete

https://lh3.googleusercontent.com/proxy/AWY8FqsJy2NEFhhfNJWFeYhFzU6-PrALt6iYiKnX4jsPcadNo_ieGkxZoeLvFZPhhA4Iw3pTFX2_tyL5Id2TUEj_1ua5DR_0ZY

3.2. PUŠENJE KAO RIZIČNI FAKTOR ZA KARCINOM PLUĆA

Karcinom pluća vodeći je uzrok smrti od svih karcinoma u svijetu, a 90% smrtnih ishoda upravo je uzrokovano pušenjem. Epidemiološka istraživanja iz 1950.g. dokazala su kancerogeni učinak duhanskog dima na pluća [14]. Duljina pušenja je označena kao najvažnija odrednica rizika za nastanak karcinoma pluća kod pušača (slika 5.) [15]. Najmanje 50 kancerogenih tvari pronađeno je u duhanskom dimu, a najzabrinjavajući agensi su N – nitrozamini specifični za duhan (TSNA) [16]. Udisanjem dima, oni se dostavljaju u pluća te se mogu apsorbirati sistemski dok se hematogena isporuka može odviti plućnom cirkulacijom. Aktivirani onkogen K – ras javlja se kod adenokarcinoma pluća kod bivših pušača i potvrđuje trajno povećanje rizika od nastanka karcinoma i nakon prestanka pušenja [16]. Karcinom pluća kod muškaraca i žena razlikuje se histološkim podtipovima, pa je tako adenokarcinom češći kod žena, a karcinom skvamoznih stanica kod muškaraca [17]. Rizik od karcinoma pluća proporcionalan je količini konzumiranih cigareta [16]. Istraživanja su pokazala da se više od 80% karcinoma pluća razvije kod osoba izloženih duhanu, dok manje od 20% pušača razvije isti. Smatra se da bi prestanak pušenja smanjio i do 20% smrtnosti od svih karcinoma [18].



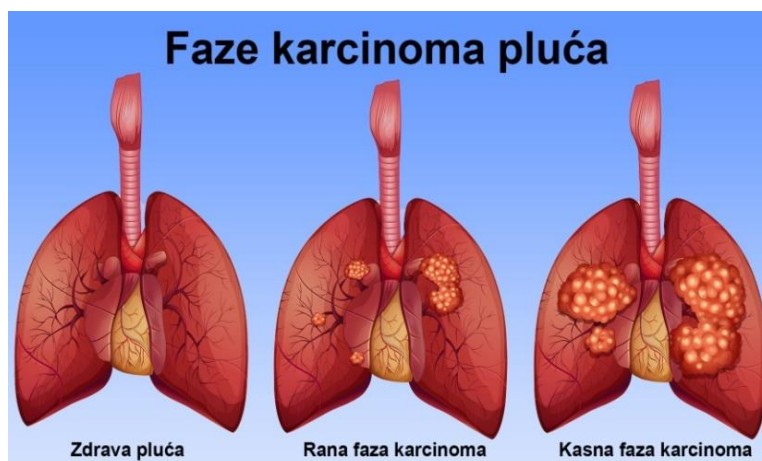
Slika 5. Usporedba pluća nepušača i pušača

<https://n1info.rs/wp-content/uploads/2021/01/Lung.jpg>

Razlikujemo dva glavna histološka tipa karcinoma pluća. To su karcinom malih stanica (KMS) i karcinom skvamoznih stanica (KSS). Karcinom malih stanica se brzo širi i uglavnom se dijagnosticira u kasnim stadijima, dok je karcinom skvamoznih stanica češći kod pušača te se razvija u centralnim dijelovima pluća. Duhanski dim sadrži kancerogene tvari koje dovode do genetskih promjena u stanicama pluća. To dovodi do nekontroliranog rasta i širenja stanica, što je ujedno i glavna stavka za nastanak karcinoma (slika 6.). Osim aktivnog pušenja, i pasivno pušenje može povećati rizik za nastanak karcinoma kod nepušača.

Simptomi karcinoma pluća su kašalj, promjene u disanju, bol u prsima, gubitak težine te iskašljavanje krvi. Dijagnoza se postavlja kombinacijom radioloških metoda od kojih je najznačajnija kompjutorizirana tomografija.

Liječenje može uključivati kirurgiju, kemoterapiju, radioterapiju i imunoterapiju ovisno o stadiju bolesti i stanju bolesnika.



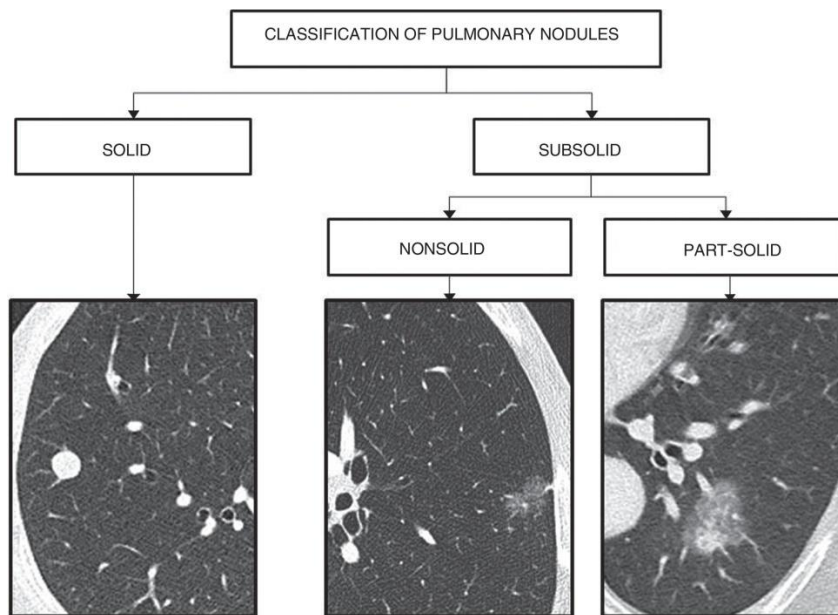
Slika 6. Faze karcinoma pluća

<https://eklinika.telegraf.rs/zdravlje/39280-genetska-predispozicija-povecava-rizik-od-raka-pluca-pudjenje-glavni-uzrok-karcinom-pluca-zagadjen-vazduh-hemikalije>

3.3. NODOZNE LEZIJE PLUĆNOG PARENHIMA

Nodozne lezije plućnog parenhima poznate su i kao čvorići pluća koji se mogu vidjeti na rendgenskim ili CT snimkama pluća. Važno je njihovo prepoznavanje jer mogu upućivati na različite patološke entitete, od benignih do malignih bolesti. Plućni noduli se najčešće otkrivaju kao asimptomatski, slučajno tijekom pregleda iz drugih razloga [19]. Međutim, mogu biti i simptomatski uzrokujući kašalj, dispneju te bolove u grudima. Zbog velike etiološke raznolikosti važno je dobro razlikovati benigne od malignih lezija. Smatra se da je oko 30% uzrokovano primarnim plućnim karcinomom, a 50% različitim infektivnim bolestima. Maligni tumori poput karcinoma bronha, metastaza i sarkoma pluća uzrokuju trećinu slučajeva, dok benigni tumori poput bronhalnog adenoma, mezotelioma i neurofibroma čine jednu šestinu [20]. Liječenje ovisi o etiologiji plućnih nodula, pa tako benigni noduli ne zahtijevaju terapiju ukoliko ne izazivaju simptome, a maligni zahtijevaju daljnju evaluaciju radi određivanja stadija bolesti i planiranja odgovarajućeg liječenja.

Plućni noduli su okrugle, dobro ograničene i homogene lezije koje su benigne ukoliko imaju promjer do 3 cm, a sve veće od toga se smatra malignim. Prema gustoći su podijeljeni na solidne i subsolidne (slika 7.). Solidni noduli su potpuno ispunjeni materijalom, obično tkivom ili tekućinom, bez praznina ili cističnih prostora unutar njih. Na slikama ih prepoznamo kao gustu, homogenu masu. Mogu biti benigni ili maligni, a njihovo razlikovanje zahtijeva procedure poput biopsije ili praćenje tijekom vremena. Subsolidni se dalje dijele na nečvrste (prozirnost brušenog stakla koja ne zaklanja bronhovaskularne strukture) i djelomično čvrste (prozirnost brušenog stakla s čvrstom komponentom) [19]. Mogu se pojaviti kao djelomično transparentni ili zamagljeni dijelovi na slikama, često sa zamagljenim rubovima. U čvrste nodule ubrajamo ožiljke, granulome, limfne čvorove, primarne maligne tumore ili metastaze. Subsolidni noduli su uglavnom prolazni i predstavljaju patologiju u spektru adenokarcinoma. Nečvrsti su povezani s neinvazivnim ili minimalno invazivnim adenokarcinomom, dok su djelomično čvrsti povezani s invazivnim. Iako je od iznimne važnosti dobro razlikovanje tih nodula to ipak nije jednostavan zadatak.



Slika 7. Podjela plućnih nodula

https://static.elsevier.es/multimedia/21735107/0000006100000005/v1_201909250722/S2173510719300588/v1_201909250722/en/main.assets/thumbnail/gr1.jpeg?xkr=ue/ImdikoIMrsJoerZ+w96p5LBcBpyJTqfwgorxm+Ow=

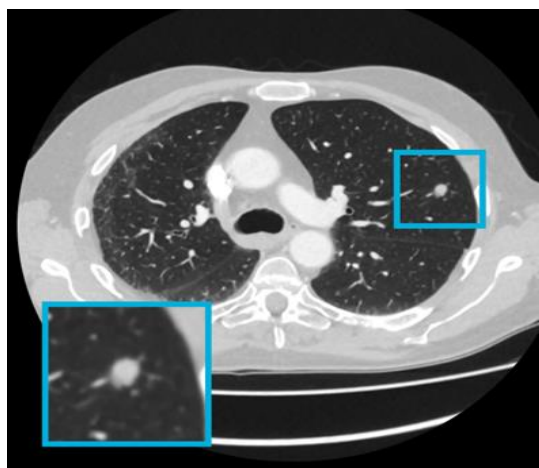
Interes za primjenu tehnika strojnog učenja u otkrivanju plućnih nodula i procjenu rizika neprestano raste, a postojeća istraživanja sugeriraju da modeli umjetne inteligencije, AI (*engl. Artificial Intelligence*) mogu nadmašiti tradicionalne multivarijabilne modele. AI modeli uzimaju u obzir veličinu, oblik i lokaciju nodula, što može rezultirati preciznijim i objektivnijim procjenama, bez potrebe za subjektivnom procjenom kliničara. Studije su pokazale da različiti liječnici mogu dati različite preporuke za istu skupinu pacijenata nakon procjene, što dovodi do potrebe za objektivnijim i pouzdanijim metodama procjene. Jedan od AI modela je i model dubokog učenja koji pomaže radiolozima u predviđanju zloćudnosti nodula. AI modeli imaju potencijal poboljšanja dijagnostičke točnosti, većeg identificiranja benignih nodula bez propuštanja karcinoma, što može smanjiti opterećenje radiologa te omogućiti ranije identificiranje malignih lezija.

Uz sve prednosti, ipak postoje i izazovi u primjeni AI modela u kliničkoj praksi. Neki od tih izazova su pristranost u odabiru pacijenata, pitanje odgovornosti i privatnosti podataka. Ipak, potrebna su daljnja istraživanja kako bi se točno definirala uloga umjetne inteligencije, njezina klinička korist i naposljetku sama isplativost [21].

3.4. KRITERIJI PRAĆENJA NODOZNIH LEZIJA LOW DOSE CT – OM

Low – dose CT je najčešće korištena tehnika dijagnosticiranja plućnih nodula jer s velikom pouzdanošću može okarakterizirati nodozne lezije, a pri tome se koristi niska doza zračenja (slika 8.). Najvažniji parametri su debljina sloja i rekonstrukcijske tehnike. Debljina bi trebala biti barem 1,5 mm, a rekonstrukcija slike bi se trebala vršiti pomoću poboljšanja rubova i filtera mekog tkiva. To omogućuje pravilno mjerenje i klasificiranje nodula te omogućuje identificiranje naslaga masti ili kalcija [19]. Veličina i brzina rasta nodula je povezana s rizikom od malignosti. Taj rizik je manji od 1% za čvrste nodule manje od 6 mm, a 0,5 – 2% za nodule veličine 6 – 8 mm kod visoko rizičnih pacijenata. Kod nisko rizičnih pacijenata s nodulima manjim od 6 mm nije potrebno praćenje, dok se godišnje praćenje preporuča kod nodula sumnjive morfologije. Za nodule veće od 8 mm rizik malignosti je oko 3% i preporuča se kontrolni CT nakon tri mjeseca, PET – CT ili biopsija. Ako je nodul narastao, važno je utvrditi veličinu i brzinu rasta [6]. Stabilni ili smanjeni noduli uglavnom ukazuju na benigni proces, dok rastući mogu ukazivati na malignitet. Osim veličine, karakteristike poput oblika, kontura, gustoće, prisutnosti kalcifikacija ili cističnih promjena pružaju dodatne informacije. Glatki rubovi i centralne kalcifikacije pripisuju se benignim lezijama, dok nepravilni rubovi i heterogena unutrašnjost mogu ukazati na malignitet. Low – dose CT igra ključnu ulogu u praćenju nodoznih lezija koja je ključna za dijagnosticiranje karcinoma pluća u ranom stadiju. Također, omogućuje detaljno vizualiziranje plućnog tkiva s visokom rezolucijom.

Koristeći niže doze zračenja u usporedbi s konvencionalnim CT – om, smanjuje rizik od potencijalnih štetnih učinaka zračenja što je posebno važno za pacijente kojima je potrebno redovito praćenje.



Slika 8. Prikaz plućnog nodula na CT – u

https://rumc-gcorg-p-public.s3.amazonaws.com/logos/algorithm/cc64959b-c8b4-48be-8456-7347b6acac6b/cover_image_ikwP6de.jpg

Metode za definiranje veličine nodula sastoje se od mjerenja maksimalnog promjera nodula pomoću jednodimenzionalnog kalipera (1D) ili dvodimenzionalnog (2D) odnosno mjerenje površine poprečnog presjeka, izračunato množenjem najvećeg promjera tumora u poprečnoj ravnini s njegovim najvećim okomitim promjerom na istoj slici. 2D mjerenje je pokazalo veću varijabilnost u primjeni na čvrstim nodulima u usporedbi s 1D i volumetrijskim metodama, dok u procjeni rasta upotreba površine poprečnog presjeka nije se pokazala značajno boljom od promjera [22]. Druga metoda za mjerenje veličine je procjena prosječnog promjera, izračunatog između maksimalnog promjera uzdužne osi i okomitog maksimalnog promjera kratke osi procijenjenog na poprečnim CT presjecima.

Ipak, postoje i ograničenja koja utječu na preciznost i točnost mjerenja, pa tako kod 1D ili 2D mjerenja uzima se u obzir samo podskup podataka uključenih u maksimalni promjer poprečnog presjeka ili površina izmjerena na aksijalnoj slici, a najveći promjer nodula ne mora biti na aksijalnoj slici. Također, varijabilnosti i pogreške su posebno očite kod malih nodula. Kako bi se pokušala smanjiti varijabilnost u mjerenjima preporuča se izračun prosječnog promjera nodula između duge i kratke osi u onoj ravnini u kojoj nodul pokazuje maksimalnu dimenziju. Isto tako, za nodule manje od 1 cm dimenzija se treba izraziti kao prosječni promjer, dok za veće treba navesti promjer duge i kratke osi uzete u istoj ravnini.

Postavka plućnog prozora i filtra visoke prostorne frekvencije koriste se za procjenu prisutnosti čvrste komponente, tj. za mjerenje čvrstih nodula.

Najčešće 3D metode za mjerenje volumena nodula se izvode korištenjem ručnih ili poluautomatiziranih / automatiziranih tehnika. Ručnim mjerenjem, područje interesa, ROI (*engl. Region of Interest*) prvo se definira ocrtavanjem 2D granica nodula odjeljak po odjeljak i zatim primjenom 3D softvera koji procjenjuje volumen nodula iz broja vokselu uključenih unutar više ROI. Poluautomatizirane / automatizirane metode definiraju ROI automatski ili počevši od točke unutar nodula koju odabere korisnik. Zatim se primjenjuje algoritam segmentacije za ocrtavanje 3D granica nodula i izračunavanje volumena.

Učinkovitost 1D i 2D mjerenja ovisi o veličini nodula, tehničkim uvjetima i postavkama očitavanja. Što se tiče tehničkih uvjeta, noduli se bolje otkrivaju upotrebom tankih i kontinuiranih CT presjeka. Oni smanjuju učinak djelomičnog volumena koji uzrokuje pogreške u ocrtavanju ruba nodula i prepoznavanju gustoće. Također, na točnost mjerenja utječe i niska struja cijevi koja se koristi pri CT snimanju, posebno u programu probira. Nadalje, procjena veličine nodula koju tijekom praćenja provodi isti radiolog i korištenjem automatiziranog softvera za usporedbu slika, smanjuje se varijacija u mjerenju.

Karakteristike nodula i pacijenata te tehnička pitanja su glavni čimbenici koji utječu na točnost i preciznost 3D mjerenja volumena nodula. Veliki izazov predstavlja precjenjivanje volumena malih nodula zbog efekta djelomičnog volumena. Taj artefakt se javlja kod ograničene prostorne rezolucije pri CT snimanju i rezultat je da su različita tkiva uključena u isti piksel, tj. voksel. Kod smanjene atenuacije mogu se pojaviti pogreške segmentacije, kao u slučaju nesferičnih ili nepravilnih lezija.

Karakteristike bolesnika utječu na volumetriju tako što se kardiovaskularni pokreti prenose na plućni parenhim i određuju promjene u volumenu plućnih nodula, osobito onih najmanjih.

Nadalje, neki od tehničkih čimbenika koji utječu na procjenu volumena nodula su debljina presjeka, nagib, algoritam rekonstrukcije i kontrastno sredstvo. Također, zabilježene su razlike u procjeni volumena pri korištenju različitog softvera i algoritama korekcije artefakata, stoga bi trebalo vršiti praćenje korištenjem istog skenera, tehnike i programskog paketa.

Rast je trodimenzionalni fenomen, pa se s toga asimetrični rast ne može detektirati 1D ili 2D metodama. 3D metoda omogućuje i otkrivanje promjena u kraćem vremenu, što je rezultat veće osjetljivosti tehnika temeljenih na volumenu u procjeni rasta.

Prednost se daje volumetrijskim metodama u odnosu na mjerenja promjera. Volumetrija je točnija i ima manje varijacija u apsolutnoj vrijednosti i promjeni vrijednosti. Također korištenjem volumetrije može se smanjiti značajan broj nepotrebnih dodatnih CT pregleda jer omogućuje otpust nakon 12 mjeseci za stabilne čvrste nodule, dok mjerenja promjera zahtijevaju nadzor nakon 24 mjeseca [21].

3.5. LOW DOSE CT SCREENING

Karcinom pluća najčešće se otkriva u kasnoj fazi, pa ga je teže liječiti i zbog toga je najčešći uzrok smrti. S obzirom na visoku stopu smrtnosti, svi naponi su usmjereni u pronalazak valjanih metoda koje će otkriti bolest u ranom stadiju [23]. Istraživanja su pokazala da low – dose CT probir kod osoba s visokim rizikom u otkrivanju karcinoma pluća dovodi do ranog otkrivanja bolesti što se manifestira smanjenom smrtnošću [24]. Program probira je još uvijek u ranoj fazi primjene. Ciljna skupina su osobe dobi između 50 i 75 godina koje su aktivni pušači te bivši pušači koji su prestali pušiti unutar 15 godina [25]. Ako postoji i neki drugi utvrđeni rizik za karcinom pluća, probir se preporuča i onima mlađima od 50 godina koji puše 20 i više godina. Utvrđeno je da rizik od karcinoma pluća može varirati ovisno o zemljopisnom području ili u određenoj subpopulaciji. Europska društva predlažu individualnu procjenu rizika [24]. To bi dovelo do veće složenosti u odnosu na postojeći pristup. S obzirom da je glavni cilj probira smanjiti smrtnost od karcinoma pluća, važnost prestanka pušenja se ne može nikad prenaglasiti te bi se trebala razmotriti i farmakološka terapija koja bi pomogla u odvikavanju. Također, bitno je istaknuti i važnost slučajnih nalaza tijekom probira kao što su kalcifikati koronarnih arterija, kronična opstruktivna plućna bolest i bolesti intersticija [25]. Te bolesti su vodeći uzroci obolijevanja i smrtnosti te bi njihovo rano otkrivanje dovelo do povećanja isplativosti Nacionalnog programa. U svrhu kontrole kvalitete Nacionalnog programa osnovat će se Povjerenstvo s istaknutim stručnjacima.

Kako bi program za probir bio uspješan izvan kliničkog ispitivanja zahtijeva velika financijska sredstva te blisku suradnju administrativnog i kliničkog osoblja. Potrebna je suradnja stručnjaka iz različitih medicinskih područja kao što su radiologija, onkologija, pulmologija i drugih s ostalim ključnim sudionicima kao što su i osobe iz bolničke administracije, skrbi te marketinga. Aktivno sudjelovanje svih tih sudionika omogućuje pokretanje programa te njegovu uspješnost [26]. Za dobro funkcioniranje programa kod probira karcinoma pluća potreban je napor pri naručivanju na pretragu, odgovarajuće osoblje koje će izvršiti snimanje pacijenta, utvrđivanje prihvatljivosti i osiguranje zajedničkog donošenja odluka te provođenje u prikladnim kliničkim ustanovama.

Low – dose CT snimanje tehnički je slično rutinskom CT snimanju prsnog koša, pa ne zahtjeva dodatnu edukaciju. Cilj je dati kvalitetnu sliku na kojoj se mogu otkriti i mjeriti mali plućni noduli, a da se za to koristi što manja doza zračenja. CT Dose Index (CTDI) treba biti 3 mGy ili manji za one pacijente koji imaju tjelesnu težinu od 70 kg. Prosječna efektivna doza bi trebala biti manja od 1,5 mSv ovisno o tjelesnoj masi. Parametri doze bi trebali biti između 120 i 140 kVp, tj. 20 – 60 mAs. Preporučena je kolimacija od 1 mm, a kako bi se svi ti uvjeti zadovoljili potreban je multidetektorski CT uređaj sa 128 redova detektora (slika 9.) [25]. Tanki slojevi su veoma važni i trebaju biti debljine 1 mm kako bi se mogli detektirati mali ili subsolidni noduli. Isto tako, potrebna je i rekonstrukcija sagitalnih i koronarnih presjeka kako bi se povećala osjetljivost probira karcinoma pluća.

Peak kilovoltage	120- 140 kVp
Tube current	20- 60 mAs
Collimation	≤ 1 mm
Gantry rotation time	≤ 0.5s
CTDIvol	≤ 3.0 mGy
Average effective dose	≤ 1.5 mSv
Multidetector CT	≥ 128 redova detektora
Image slice thickness	≤ 1 mm

Slika 9. Prikaz minimalnih tehničkih parametara za low – dose CT probir karcinoma pluća

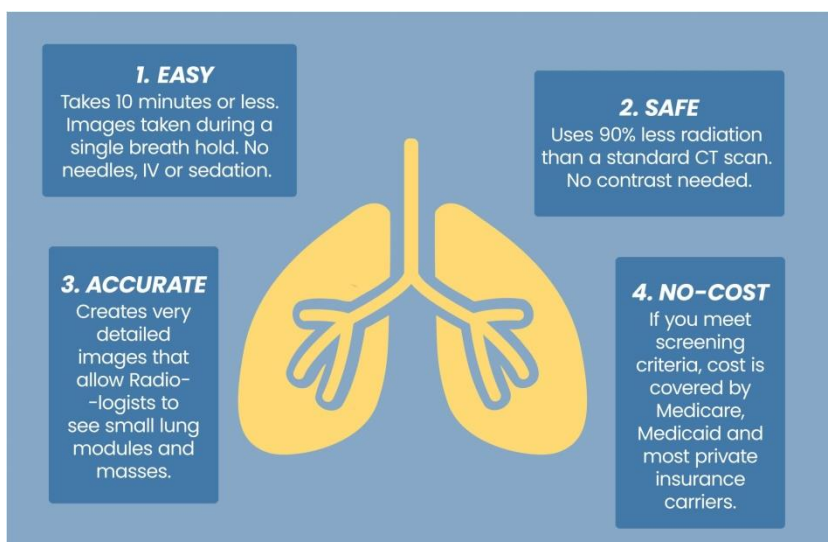
<https://zdravlje.gov.hr/UserDocsImages/2019%20Programi%20i%20projekti/NACIONALNI%20PROGRAM%20PREVENCIJE%20RAKA%20PLU%20C4%86A.pdf>

Low – dose CT testovi probira uglavnom su koristili filtered back projekcijsku tehniku za rekonstrukciju slike, no dokazano je da iterativni rekonstrukcijski algoritam poboljšava kvalitetu slike uz smanjenu dozu zračenja [21]. Nove studije su pokazale da iterativni rekonstrukcijski algoritam dopušta upotrebu niskodoznog CT – a i ultra – niskodoznog CT – a s prihvatljivom kvalitetom slike, ali ne utječu na otkrivanje

subsolidnih nodula [21,22]. Ipak, maksimalna intenzivna projekcija (MIP) omogućava poboljšano otkrivanje plućnih nodula. Ta tehnika se sastoji od projekcije vokselu s najvećom atenuacijskom vrijednošću na svaki pogled kroz volumen na 2D sliku. Također, multiplanarna rekonstrukcija slika (MPR) pokazala se kao osjetljiva tehnika za otkrivanje plućnih nodula te može biti od velike važnosti u evaluaciji plućnog hilusa i apeksa [21].

Glavna negativna strana low – dose CT probira su lažno pozitivni nalazi. Iako se oni uglavnom razriješe kontrolnim low – dose CT – om, manji dio ipak treba proći invazivnu dijagnostičku obradu koja nosi određene rizike i moguće komplikacije.

Uzimajući u obzir sve navedeno treba naglasiti važnost dobre organizacije Nacionalnog programa (slika 10.). Zbog toga je od izuzetnog značaja dobra edukacija liječnika i specijalista kojima će sudionici programa s pozitivnim nalazom biti upućeni. Sve velike studije pokazuju korist od godišnjeg snimanja u programu probira jer utječe na smanjenje smrtnosti od karcinoma pluća što je ujedno i glavni cilj.



Slika 10. Prednosti low dose CT screeninga

https://blog.radiology.virginia.edu/wp-content/uploads/2022/11/4-Advantages-of-LCS-with-LDCT_2-min.jpg

4. ZAKLJUČAK

Karcinom pluća vodeći je uzrok smrtnosti u cijelom svijetu pa tako i u Hrvatskoj. Dokazano je da pušenje koje je postalo veliki trend među svim populacijama nosi najveći rizik pojavnosti karcinoma. Upravo zbog toga važno je provoditi edukacije o štetnosti pušenja i na taj način utjecati na smanjenje ili prestanak pušenja.

Nacionalni program probira je jedna od mjera koja se pokazala učinkovitom kod ranog otkrivanja karcinoma pluća. Test probira koristi low – dose CT snimanje kako bi se pacijent izložio što manjoj dozi zračenja, a dobio kvalitetne slike i pouzdanu dijagnozu. Kroz test probira obuhvaćene su visokorizične osobe, odnosno pušači između 50 i 70 godina.

Low – dose CT osim benefita otkrića karcinoma pluća u ranom stadiju, ima veliku korist i kod slučajnih nalaza te tako omogućuje prevenciju i liječenje. Treba napomenuti da je uz sve to veoma važna dobra edukacija liječnika i dobra organizacija programa za rano otkrivanje karcinoma kako bi se na vrijeme prepoznali oni pojedinci koji trebaju biti upućeni u probir.

Low – dose CT probira je još uvijek u ranoj fazi primjene, pa uz sve svoje pozitivne strane ipak zahtijeva još istraživanja.

5. LITERATURA

1. Ćosić I. Utjecaj low dose CT zračenja na ljudsko tijelo: sustavni pregled literature. Diplomski rad [Internet]; 2023. [pristupljeno 28. travnja 2024.]. Dostupno na: <https://repozitorij.svkst.unist.hr/islandora/object/ozs%3A1517/datastream/PDF/view>
2. Poliklinika Drinkovic [Internet]. Kompjutorizirana tomografija (CT) toraksa; 2024 [pristupljeno 29. travnja 2024.]. Dostupno na: <https://drinkovic.hr/djelatnosti-i-usluge/radiologija/kompjutorizirana-tomografija-ct/ct-toraksa/>
3. Schoepf U, Bruning R, Becker C. Bildgebung des Thorax mit der Mehrschicht – Spiral – CT. Radiologe. 1999;39(11):943-51. doi: 10.1007/s001170050586. PubMed PMID: 10602799
4. medparkhospital.com [Internet]. Low Dose CT Lung Cancer Screening; 2023 [pristupljeno 29. travnja 2024.]. Dostupno na: <https://www.medparkhospital.com/en-US/disease-and-treatment/low-dose-ct-lung-cancer-screening>
5. Baldwin DR, Duffy SW, Wald NJ, Page R, Hansell DM, Field JK. UK Lung Screen (UKLS) nodule management protocol: modelling of a single screen randomised controlled trial of low-dose CT screening for lung cancer. Thorax. 2011;66:308–313. doi: 10.1136/thx.2010.152066. PubMed PMID: 21317179
6. Rampinelli C, Origgi D, Bellomi M. Low – dose CT: technique, reading methods and image interpretation. Cancer Imaging. 2012;12(3):548 – 556. doi:10.1102/1470-7330.2012.0049. PubMed PMID: 23400217
7. Kutanzi R K, Lumen A, Koturbash I, Miousse R I. Pediatric Exposures to Ionizing Radiation: Carcinogenic Considerations. Int J Environ Res Public Health. 2016; 13(11): 1057. doi:10.3390/ijerph13111057. PubMed PMID: 27801855
8. American College of Radiology. ACR – SPR practice parameter for imaging pregnant or potentially pregnant patients with ionizing radiation. [Internet]; 2023. [pristupljeno 29. travnja 2024.]. Dostupno na: <https://www.acr.org/-/media/acr/files/practice-parameters/pregnant-pts.pdf>

9. Gregurić A. Pušenje kao zdravstveni rizik i ovisnost. Završni rad [Internet]; 2020. [pristupljeno 29. travnja 2024.].
Dostupno na: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/ffos:5293/datastream/PDF/view>
10. West R. Tobacco smoking: Health impact, prevalence, correlates and interventions. *Psychol Health*. 2017;32(8):1018 – 1036. doi:10.1080/08870446.2017.1325890. PubMed PMID: 28553727
11. Ahmed N, Arshad S, Basheer N S, Scardina A G. Smoking a Dangerous Addiction: A Systematic Review on an Underrated Risk Factor for Oral Diseases. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(21):11003. doi:10.3390/ijerph182111003. PubMed PMID: 34769523
12. Zhu J, Shi F, Xu G, Li N, Li J, He Y, Yu J. Conventional Cigarette and E-Cigarette Smoking among School Personnel in Shanghai, China: Prevalence and Determinants. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2019;16:3197. doi: 10.3390/ijerph16173197. PubMed PMID: 31480564
13. Plivazdravlje.hr [Internet]. Pušenje i kardiovaskularne bolesti; 2007 [pristupljeno 02. svibnja 2024.].
Dostupno na: <https://www.plivazdravlje.hr/aktualno/clanak/11556/Pusenje-i-kardiovaskularne-bolesti.html>
14. Wynder EL. Tobacco as a cause of lung cancer: some reflections. *Am J Epidemiol* 1997; 146: 687–694. doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a009342. PubMed PMID: 9366615
15. Doll R, Peto R, Boreham J. Mortality in relation to smoking: 50 years' observations on male British doctors. *BMJ* 2004; 328: 1519.
16. Dela Cruz S C, Tanoue T L, Matthay A R. Lung Cancer: Epidemiology, Etiology and Prevention. *Clin Chest Med* 2011;32(4). doi: 10.1016/j.ccm.2011.09.001. PubMed PMID: 22054876
17. O'Keeffe M L, Taylor G, Huxley R R, Mitchell P, Woodward M, Peters A E S. Smoking as a risk factor for lung cancer in women and men: a systematic review and meta – analysis. *BMJ* 2018;8(10): e021611. doi: 10.1136/bmjopen-2018-021611. PubMed PMID: 30287668

18. Pisani P, Bray F, Parkin DM. Estimates of the world-wide prevalence of cancer for 25 sites in the adult population. *Int J Cancer*. 2002;97(1):72–81. doi: 10.1002/ijc.1571. PubMed PMID: 11774246
19. Lopez T C, Sanchez – Gracian D C, Perez U E, Basildo J C, Villegas S A C. Incidental pulmonary nodules: characterization and management. *Radiologia* 2019;61(5):357 – 369. doi: 10.1016/j.rx.2019.03.002. PubMed PMID: 31072604
20. Glavaš D. Solitarni plućni noduli i minimalno invazivne metode u njihovoj dijagnostici. *Med Vjesn* 2001;33(1 – 4): 25 – 28 [Internet]. Pristupljeno: 02. svibnja 2024. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/280982>
21. O'Dowd L E, Baldwin R D. Lung nodules: sorting the wheat from the chaff. *Br J Radiol* 2023;96(1142):20220963. doi: 10.1259/bjr.20220963. PubMed PMID: 36607261
22. Larici R A, Farchione A, Franchi P, Bonomo P. Lung nodules: size still matters. *Eur Respir Rev* 2017;26(146): 170025. doi:10.1183/16000617.0025-2017. PubMed PMID: 29263171
23. Tylski E, Goyal M. Low Dose CT for Lung Cancer Screening: The Background, the Guidelines, and a Tailored Approach to Patient Care. *Mo Med* 2019;116(5): 414 – 419. PubMed PMID: 31645796
24. Gierada S D, Black C W, Chiles C, Pinsky F P, Yankelevitz F D. Low – dose CT Screening for Lung Cancer: Evidence from 2 Decades of Study. *Radiol Imaging Cancer* 2020;2(2): e190058. doi: 10.1148/rycan.2020190058. PubMed PMID: 32300760
25. Ministarstvo zdravstva. [Internet] Zagreb: Nacionalni program za probir i rano otkrivanje raka pluća 2020. – 2024.; 2020 [pristupljeno 04. svibnja 2024.]. Dostupno na: <https://zdravlje.gov.hr/UserDocsImages/2019%20Programi%20i%20projekti/NACIONALNI%20PROGRAM%20PREVENCije%20RAKA%20PLUCA%20C4%86A.pdf>
26. Valenta N. MSCT probir raka pluća. Diplomski rad [Internet]; 2019. [pristupljeno 07. svibnja 2024.]. Dostupno na: file:///C:/Users/Ivan%20Meter/Downloads/diplomskirad_nadavalenta.pdf

6. ŽIVOTOPIS

OPĆI PODATCI

IME I PREZIME: Ana Meter

DATUM I MJESTO ROĐENJA: 19.01.2003., Split

OBRAZOVANJE

OSNOVNA ŠKOLA: Osnovna škola Kneza Trpimira (2009. – 2017.)

SREDNJA ŠKOLA: Zdravstvena škola Split (2017. – 2021.)

FAKULTET: Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel zdravstvenih studija, Radiološka tehnologija (2021. – 2024.)