

Klinična presoja kakovosti mamogramov

Miljeva Renner, Kristijana Hertl, France Guna

Oddelek za radiologijo, Onkološki inštitut, Ljubljana, Slovenija

Kakovosten mamogram prikaže kar največ tkiva dojke, je primerno eksponiran, kontrasten, ni neoster, je brez artefaktov in je narejen s sprejemljivo ekspozicijsko dozo. Končni videz mamograma je skupek raznih dejavnikov, od katerih so najpomembnejši sodobna mamografska naprava z optimalno naravnano fotocelico in s sodobnim priborom; posebna pozornost velja postopku razvijanja. Dobro usposobljeno, posebej za to delo izobraženo osebje mora nenehno vzdrževati visoko kakovost, to pa pripomore k čim manjšemu številu zgrešenih in zapoznelih diagnoz.

Ključne besede: mamografija, kvaliteta

Uvod

Mamografija je ena izmed najbolj zahtevnih slikovnih metod. Za nobeno drugo slikovno diagnostiko ni kakovost posnetkov tako zelo, lahko rečemo življenjsko pomembna, kot prav za mamografijo, saj nam omogoča najdbo majhnih, pogosto preinvazivnih karcinomov in čim bolj natančno določanje obsežnosti obolenja. To pa za bolnice pomeni bistveno boljše možnosti preživetja.

Zakaj potrebujemo še klinično presojo kakovosti mamogramov, saj testiramo s fantomom?

Testiranje na fantomu nam omogoča presojo nekaterih kriterijev kakovosti: predvsem kontrasta, ločljivosti in artefaktov; izračunamo tudi povprečno žlezno dozo. Vendar lahko fantom le nekoliko posnema normalno in

obolelo tkivo dojke. Dejanska slika, narejena v diagnostični enoti, pa vključuje še druge, za kakovosten mamogram prav tako pomembne dejavnike: pravilne projekcije, kompresijo in drugo.¹ Tako na subjektiven način dopolnujemo izsledke testiranja s fantomom.

Med vsakodnevno prakso gredo mamogrami skozi sito radiološkega inženirja in radiologa, ki slike odčituje. Občasno pa bi jih moral pregledati za to posebej izurjen radiolog. Pregledati bi moral določeno število standardnih poševnih (MLO) in kranioakvdalnih (CC) projekcij maščobno preformiranih dojk in dojk z gosto strukturo, kajti tehnične zahteve za kakovosten posnetek enih in drugih so različne.¹

Kakovosten mamogram ima lastnosti, ki bodo radiologu omogočile, da bo lahko v najboljši možni meri našel in razpoznal obolelo tkivo z največjo mogočo občutljivostjo in specifičnostjo.² Dober mamogram je pravzaprav rezultat kompromisnih rešitev med dostikrat nasprotujočimi si zahtevami za izvedbo. Naj-

bolj pomembno je, da nenehno ohranjamo kakovost tako, da delamo mamograme, ki prikažejo kar največ tkiva dojke, so visoko kontrastni, z veliko prostorsko ločljivostjo in z najnižjo mogočo ekspozicijsko dozo.

Klinična kontrola kakovosti mamogramov obsega projekcije, kompresijo, kontrast, porčnitev, šum, ostrino, artefakte in označevanje posnetkov.

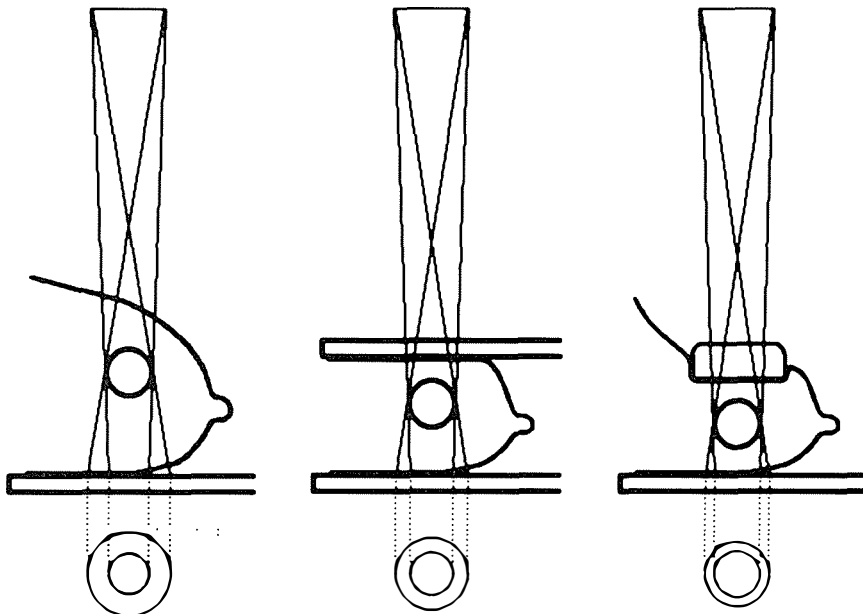
Projekcije

Osnovni projekciji sta poševna (MLO) in kraniokavdalna (CC). Vedno slikamo v obeh projekcijah, saj se dopolnjujeta: MLO projekcija prikaže predvsem bazo dojke. Njena šibka točka je medialni kvadrant, ki ga moramo vedno prikazati s CC projekcijo. Slikanje v samo eni, MLO projekciji, so opustili. Deloma zato, ker prepogosto klicanje zdravih, prestrašenih preiskovank nazaj na dodatna slikanja ni upravičilo prihranka, zaradi katerega

so takšno slikanje uvedli.³ Predvsem pa so slikanje v eni sami projekciji opustili zato, ker so tako našli manj karcinomov.^{4,5} Nekateri malignomi dojke, zlasti lobularni karcinom, so iz relativno manj gostega tkiva, zato jih pogosto bolje vidimo v CC projekciji. V MLO projekciji jih včasih sploh ne vidimo.⁶ Razlog tiči v dejstvu, da dojko v CC projekciji lahko bolj stisnemo kot v MLO projekciji, zato je razpršenih (sipanih, sekundarnih) žarkov manj, ostrina in kontrast se izboljšata. Ker objekt bolj približamo filmu, je tudi geometrijska neostrina manjša (Slika 1).⁷

Vsaka mamografska diagnostika bi morala imeti pribor za slikanje formata 18x24 cm in 24x30 cm.

Če skušamo preveliko dojko posneti na premajhen film, dojka seveda ni v celoti zajeta na posnetku; zaradi tega je rezultat preiskave lahko napačno negativen. Če naredimo več posnetkov, kot je potrebno, se povprečna žlezna doza precej poviša, to pa je nedopustno.³



Slika 1. Če objekt približamo filmu, kot na primer s kompresijo (b) ali s ciljano kompresijo (c), je geometrijska neostrina manjša.

Če je film prevelik, je zlasti v MLO projekciji dobra kompresija otežena zaradi interpozicije preiskovankine rame, roke ali trebuha.¹

Kateri posnetki so nesprejemljivi in jih moramo ponoviti? Ponovno slikamo vedno, ko na posnetku manjka del dojke.

Kompresija

Dobra kompresija zelo pripomore k izboljšanju kakovosti mamograma, zato je izredno pomembna.

- Kompresija dojke stanjša, tkivo se zato razširi in razpre, tako da je bolj pregledno in se vidi več tkiva dojke. Karcinomsko tkivo se ne razpre.
- Ker je dojka imobilizirana in je čas ekspozicije krajši, se zmanjša neostrina zaradi gibanja.
- Z manjšo razdaljo med objektom in filmom se zmanjša geometrijska neostrina.
- Ker je debelina tkiva od baze do bradavice bolj enakomerna, je bolj enakomerna radiografska gostota; žarki bolj enakomerno prodirajo skozi tkivo. Tako so majhne razlike v oslavitvi rentgenskih žarkov bolj opazne.¹ Da je kompresija debelejšega tkiva ob bazi dojke boljša, zadnji rob kompresijske plošče ne sme biti zaobljen, temveč je pravokoten in raven ter ob prsnem košu najmanj 3 ali 4 cm visok, da prepreči superpozicijo mehkih tkiv prsnega koša.⁷
- Z zmanjšanjem debeline dojke se zmanjša delež razpršenih žarkov, zato se izboljša kontrast.
- Kompresija zmanjša ekspozicijsko dozo. Kot primer: povprečna žlezna doza dojke, komprimirane na 4,5 cm, se s kompresijo na 4 cm zmanjša za 20%.⁸

Kdaj je kompresija zadostna?

Dojko stisnemo za 10-15 kg. Stisk je dovolj močan, ko vidimo, da je koža napeta; torej tik preden zaboli. Napetost kože najprej opazi-

mo ob bazi na predelih, kjer je tkivo najbolj debelo: v CC projekciji ob robu, medialno in lateralno; v ML in MLO projekciji pa v zgornjih in zadnjih delih dojke.⁷

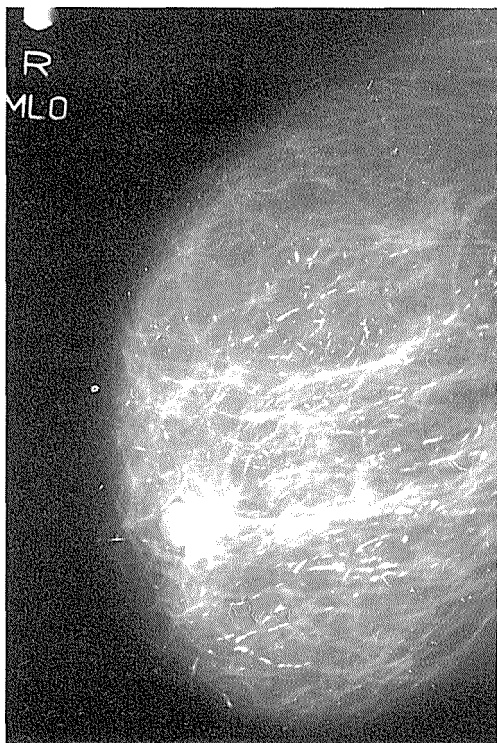
Uspeha se lahko nadejamo le, če slikamo sproščeno žensko. Zato bi moral imeti radiološki inženir dovolj časa in potrpljenja, ženski bi moral prisluhniti in jo pomiriti.

Kako prepoznamo slabo kompresijo?

Dojka "visi", strukture se prekrivajo, so neenakomerno stisnjene; debelejši deli so slabo počrtnjeni, tanjši pa preveč (Slika 2). Zaradi premikanja so strukture neostre (Slika 3). V CC projekciji je dojka podprta, zato neostrino zaradi premikanja prej opazimo v MLO projekciji, ko postanejo tanke linearne strukture



Slika 2. Slaba kompresija. Dojka "visi", tkivo je pre malo razprto, trabekule potekajo poševno namesto vodoravno. Parenhim je premalo počrtnjen, tanjši obrobni deli pa so preveč počrtnjeni.



Slika 3. Nepravilna MLO projekcija, slaba kompresija. Zaradi premikanja so mikrokalcinacije v spodnjih kvadrantih zabrisane.

(trabekule, žile in kalcinacije) v spodnjih zadnjih delih dojke neostre.^{1,9}

Kakovost slike

Kakovost slike določajo: kontrast, ekspozicija, šum in ostrina, seveda ob sprejemljivi ekspozicijski dozi, ki pa ne sme biti tako nizka, da ne bi ustrezala ostalim zahtevam.

Kontrast

Kontrast označimo kot razliko med počrntvami med različnimi tkivi dojke⁹, to je med maščobo, ki je najbolj počrtnjena, in žleznim tkivom, ki je manj počrtnjeno. Atenuacijske lastnosti normalnih in obolenih tkiv v dojki se

komaj razlikujejo. Pri iskanju malignomov je zelo pomembno, da tkiva med seboj razlikujemo, k temu pa pripomore kontrast. Kontrast je odvisen predvsem od kontrasta subjekta in tudi od kontrasta detektorja.

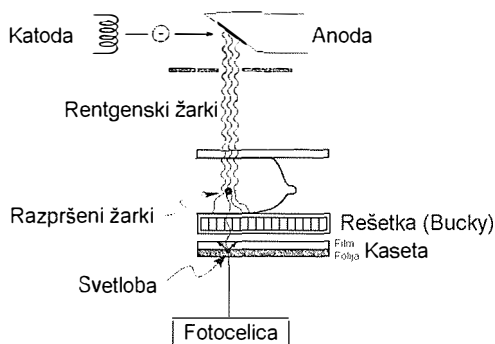
Kontrast subjekta

Kvaliteto rentgenskih žarkov deloma določimo že ob nakupu aparata, ko izberemo cev z anodo in s filtrom iz določenega materiala.

S priključitvijo rentgenske cevi na visoko napetost pospešimo elektrone iz katode, ti zadevajo gorišče ali fokus na anodi, ki negativno nabite elektrone privlači, ker je pozitivno nabita (Slika 4). Pri zavrtju elektronskega toka na sorazmerno majhni površini anode se večji del energije spremeni v toploto, le majhen del pa v elektromagnetno valovanje, ki ga imenujemo rentgenski žarki.¹⁰ Ob zaviranju se sprostita zavorni in značilni spekter žarkov. Ko elektroni zadevajo atome anode, iz ovojníc izbijaajo elektrone, njihove vrzeli pa zapolnijo elektroni iz bolj oddaljenih ovojnic; ob tem se sprosti energija rentgenskih žarkov, ki imajo valovno dolžino, značilno za material, iz katerega je anoda. S spreminjanjem napetosti vplivamo na hitrost pospeševanja elektronov v rentgenski cevi. Čim večja je napetost, tem večja je pospešitev, valovna dolžina rentgenskih žarkov pa je krajša. Žarki, ki nastanejo pri uporabi večje napetosti, so bolj trdi.¹⁰ Z napetostjo torej spreminjamo kvaliteto rentgenskih žarkov.

Koeficienti atenuacije normalnega in obolelega tkiva dojke se le neznatno razlikujejo, zato moramo za uspešno iskanje obolenih tkiv v dojki uporabljati žarke z nizko energijo.

Za večino povprečno debelih in gostih dojk zadošča molibdenovo (Mo) gorišče, katerega značilni emisijski spekter je nižji (vrh $K\alpha=17,4$ in $K\beta=19,6$ keV) kot emisijski spekter rodija (Rh: $K\alpha$ 20,2 keV, $K\beta=22,7$ keV)¹¹ ali volframa (W), katerega značilni emisijski spekter je še višji.



Slika 4. Pregled glavnih komponent mamografskega slikanja.

Tudi material, iz katerega je filter, pripomore h kvaliteti rentgenskih žarkov; tudi debelina filtra ni nepomembna. Mo filter zoži spekter mehkih rentgenskih žarkov, ker suprimira zelo mehke žarke (pod 15 keV), ki bi se sicer absorbirali v dojki, in trše (nad 20 keV). Zato je kombinacija anoda-filter Mo/Mo najbolj primerna za večino dojk.⁸

Da prodre tudi skozi gostejše in obilnejše dojke, mora imeti spekter žarkov dovolj veliko energijo. V nasprotnem primeru kljub dolgemu trajanju ekspozicije skozi tkivo ne bo prodrla dovolj žarkov za kakovosten posnetek, ekspozicijska doza pa bo po nepotrebnem visoka. Kombinacije anoda-filter W/Mo, Mo/Rh in Rh/Rh dajejo v istem vrstnem redu čedalje trši in bolj prodoren spekter žarkov.⁸ Če za bolj obilne dojke uporabimo Rh ali W anodo, lahko povprečno žlezno dozo znižamo celo za polovico, ne da bi bistveno poslabšali kontrast.^{12,13} Nekatere mamografske naprave lahko samodejno izberejo kombinacijo anoda-filter.

Optimalna izbira kV je odvisna od številnih dejavnikov (naravnosti naprave, kombinacije film-folija itn.), zato so priporočene vrednosti napetosti le okvirne. Za Mo anodo precejšnje število avtorjev priporoča vrednosti približno od 25 -28 kV.^{7,9,15} Na splošno velja, da za diagnostično mamografijo uporabljamo relativno nižje vrednosti kot za presejalno mamografijo (za zadnjo 27-28 kV), ker za zad-

njo žrtvujemo nekaj kontrasta na račun nižje ekspozicijske doze.

Večje vrednosti, četudi le za 1 ali 2 kV, precej zmanjšajo kontrast objekta.¹¹

Pri manjših vrednostih tkivo dojke oslabi večino žarkov z nizko energijo, zato se ekspozicijska doza poviša, kontrast pa se le neznatno izboljša.

Tudi premajhna ekspozicija zmanjša kontrast.

Za W anodo priporočajo uporabo napetosti od 22 do 26 kV.⁷

Razpršeni žarki (ali sekundarni žarki, sipano sevanje)

Del rentgenskih žarkov, ki zadenejo materialne delce, spremeni svojo smer, pri tem pa nastanejo žarki z večjo valovno dolžino (Slika 4).¹⁰ Čim krajša je valovna dolžina žarkov, tem večji je delež razpršenih žarkov. Na splošno vzeto pa je oslabitev pri bolj trdih žarkih manjša.¹⁰ Ker razpršeni žarki niso uporabni za klinično informacijo, se jih skušamo znebiti s primerno kompresijo dojke, z zaslonkami in z uporabo primernih gibajočih se rešetak. Učinkovitost rešetak je odvisna od višine letvic in prostora med njimi. Čim višje je razmerje, tem bolj učinkovita je rešetka, vendar je hkrati večja tudi ekspozicijska doza. Zato za mamografijo priporočajo samo razmerja pod 5:1.⁸ Ker rešetka absorbira tako razpršene žarke kot tudi del uporabnih rentgenskih žarkov, se ekspozicija poveča za povprečno 2-2,5-krat, zato moramo nastavljanje višje vrednosti mAs ali kV ali pa uporabiti hitrejše sisteme film-folija.¹¹ Povprečna žlezna doza se z uporabo rešetak lahko več kot podvoji. Vendar je kakovost posnetkov toliko boljša, da tehniko slikanja brez rešetak le redko uporabljamo, kvečjemu za majhne in zamaščene dojke. Vedno pa rešetke odstranimo pri tehniki slikanja s povečavo.^{8,9}

Sedaj obstajajo že nove rešitve, na primer rešetke v obliki satovja, ki absorbirajo razpršene žarke v dveh smereh.

Kontrast objekta

je odvisen od atenuacijskih koeficientov tkiva dojke in debeline dojke. Edino, kar lahko spremenimo, je, da s kompresijo zmanjšamo debelino dojke.

Kontrast detektorja

Tu gre za lastnosti filma (visoko- ali nizko-kontrastni), za kombinacijo film- folija, vrsto folije (fizikalno-kemična struktura, velikost delcev fosforja in debelina sloja).

Eden najpomembnejših dejavnikov in najpogostejših vzrokov za slab kontrast je razvijanje, pri čemer se je treba ravnati po navodilih proizvajalca.

Kako prepoznamo prevelik kontrast?

Med parenhimom in maščobo bi morala biti znatna razlika v optični gostoti. Parenhim naj bi bil bel do svetlosiv, maščoba pa temnosiva do črna. Če je kontrast prevelik, so nekatera področja presvetla, druga pretemna. Dostikrat kože ne vidimo niti z dodatno osvetlitvijo. Tako na obeh skrajnih straneh razpona ne dobimo zadostne klinične informacije.

Slab kontrast prepoznamo

po vsesplošni sivini slike, pogosto je koža ne navadno dobro vidna. Kontrast izboljšamo z uporabo nižjih vrednosti kV, vendar le, če čas ekspozicije ni predolg.¹²

Vedno moramo ponoviti slikanje, če je kompresija premajhna in ima za posledico premalo počrnjeno in / ali neostro sliko.

Ponovno slikamo tudi, ko je zaradi nepravilnosti v razvijanju posnetek nediyagnostičen.

Ekspozicija

Če pri konstantni napetosti spreminjamo jakost toka, se spremeni število elektronov, ki

na sekundo zadenejo gorišče rentgenske cevi, s tem pa tudi količina rentgenskih žarkov, ki nastanejo v sekundi. Produkt jakosti in časa (mAs) je merilo za količino žarkov, torej za kvantiteto.¹⁰ Rezultat ekspozicije je počrnitev filma ali povečana optična gostota. Stopnja počrnitve je odvisna od količine rentgenskih žarkov, ki padejo na film. Z mA uravnavamo intenzivnost žarkov, to je količino žarkov, ki padejo na površinsko enoto.¹⁰

Če je za nastanek nekega posnetka potrebnih npr. 100 mAs, to lahko dosežemo na več načinov:

$$100 \text{ mAs} = 100 \text{ mA} \times 1 \text{ s}$$

$$100 \text{ mAs} = 1000 \text{ mA} \times 0,1 \text{ s itn.}^{10}$$

Počrnitev filma naj bi bila torej ob enakem produktu nespremenjena kljub različnemu času ekspozicije. To razmerje se imenuje zakon obratne sorazmernosti ("reciprocity law"): časovne spremembe naj bi bile nadomeščene s spremembami v intenzivnosti. Vendar to pravilo velja le za neposredno ekspozicijo filma z rentgenskimi žarki. Za ekspozicijo s svetlobo, ki jo izžareva folija, ta zakon odpove.¹³

Pri velikih vrednostih mA se v kratkem času producira veliko število elektronov in nastane večje število majhnih svetlobnih lis, manj stabilnih in manjših, kot je potrebno za doseganje praga za nastanek slike. Rezultat je manjša optična gostota filma, kot bi pričakovali glede na ekspozicijo.

Pri nizkih vrednostih mA se kljub dolgemu trajanju ekspozicije nabere premalo svetlobnih fotonov, zato prav tako ne dosežejo praga za nastanek latentne slike. Rezultat je manjša optična gostota od pričakovane.¹⁴

Ti dve izjemi postaneta pomembni, kadar je ekspozicija zelo kratka, manjša od 0,5 sekunde ali zelo dolga, 1sekundo ali več.^{14,15} Da dosežemo primerno optično gostoto, je potrebna daljša ekspozicija. Nekatere mamografske naprave lahko to pomanjkljivost samodejno uravnajo.^{14,16}

Prav ekspoziciji je pri kontroli kakovosti namenjena posebna skrb, saj v vsakdanji rabi močno variira. Če uporabljamo visokokonstrastne filme, imajo že majhne razlike v ekspoziciji za posledico velike razlike v počrntitvi filmov.

Fotocelica – avtomatska kontrola ekspozicije (AEC) (Slika 4). Z uporabo fotocelice skušamo doseči vedno enako povprečno počrntev filma ne glede na debelino in gostoto dojke. Pomembno je, da je fotocelica naravnana na mamografsko napravo, na pribor in na postopek razvijanja pri diagnostiki, kjer se uporablja.⁷ Korektno je nastavljena, kadar dosežemo povprečno optično gostoto (OD) filma med 1,4 in 1,6, nikakor pa ne pod 1,2.^{8,9} Kako zelo je optična gostota filma pomembna za iskanje majhnih tumorjev, kaže raziskava K. Younga, ki je pokazala, da so v središčih za presejanje, zlasti v tistih s filmi pod 1,2 povprečne OD, našli za polovico manj majhnih, 1 cm velikih in manjših invazivnih karcinomov. Zato je v Angliji nacionalni organ za presejanje (NHSBSP) priporočil optično gostoto mamografskih filmov med 1,4 in 1,8 OD.¹⁷

AEC bi morali uporabljati vedno razen pri slikanju dojk z umetnimi vsadki in za slikanje premajhnih dojk, ki jih fotocelica ne prekrije v celoti. Ko je naprava naravnana, spreminjanje osnovne nastavitve ni več priporočljivo. Če se želje radiologov glede izbire optične gostote razlikujejo, uporabimo korekcije nastavitve na "-", to je svetlejšo ali "+", to je bolj počrnjeno sliko.⁹ Z vsako stopnjo spremenimo mAs za 12-15% in optično gostoto filma za približno 0,15 stopnje.¹⁸

Seveda je zelo pomembno, da pomaknemo fotocelico pod reprezentativen del tkiva dojke, kar pa ni tako preprosto, saj je mamografski videz dojke v rodni dobi pri vsaki ženski različen, tako da ne moremo govoriti o tipičnem videzu normalne dojke.⁸ Ponavadi je najboljša lega *retromamilarno*.⁷ Sodobne mamografske naprave na razne načine bolje premostijo te pomanjkljivosti in imajo vgra-

jenih več mikroprocesorjev, ki so programirani tako, da se ekspozicija bolje prilagodi različnim variacijam dojk in filmov – eni z beleženjem debeline slikane dojke oziroma lege kompresijske plošče, drugi s kratko testno ekspozicijo tik pred slikanjem itn.¹⁹ Če take naprave nimamo, bi moral radiološki inženir pred slikanjem pogledati prejšnje posnetke. Če je preiskovanka prvič slikana, bi smel nadaljevati slikanje šele po razvitu prvega posnetka.⁷

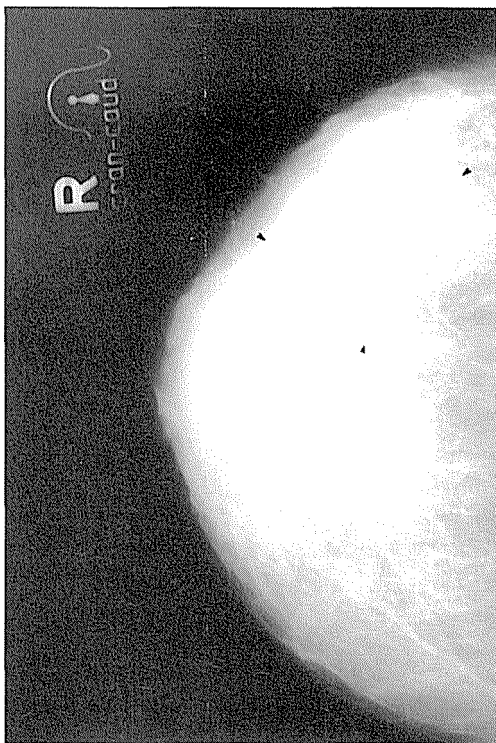
Čim večji je mA, tem krajši je čas ekspozicije in zato manjša neostrina zaradi gibanja. Ekspozicija naj ne bi trajala več kot 2 sekundi¹, v novejši literaturi pa priporočajo še krajši čas, manj kot 1 sekundo.^{14,15}

Premajhna ekspozicija je najpogostejša napaka pri slikanju in najpogostejši vzrok za napačno negativne rezultate preiskav. Takšne napake najpogosteje nastanejo, kadar napačno postavimo fotocelico pod maščobni del dojke ali če izberemo prenizko nastavitve optične gostote z AEC ali pa nizke vrednosti kV ali mAs, če nastavljamo ročno ekspozicijo (Slika 5).

Ta napaka je nepopravljiva, posnetek moramo ponoviti. S povečanjem ekspozicije povečamo čas, ko se fotoni nabirajo na detektorju slike, ali pa povečamo mA, tako da omogočimo večjemu številu fotonov, da dosežejo detektor slike v časovni enoti.⁸ Če je to potrebno, fotocelico prestavimo na bolj značilno mesto. Če se napake ponavljajo, moramo preveriti nastavitve AEC.

Kako spoznamo premajhno ekspozicijo?

Kadar je prodornost rentgenskih žarkov premajhna, v gostem žlezem tkivu ne moremo razlikovati podrobnosti (predvsem trabekul in žil) in seveda tudi ne lezij, slika maščobnih delov pa je premalo počrnjena. Posnetki so torej premalo počrnjeni, kontrasta ni (Slika 5).



Slika 5. Premajhna ekspozicija. Celoten posnetek je premalo počrnjen. Parenhim je premalo "prebit", žil, trabekul in tudi tumorja v parenhimu ne razločimo, koža in podkožno tkivo sta preveč vidna.

Za preveliko ekspozicijo

je značilna prevelika počrnitev filma. To napako lahko nekoliko popravimo, če gledamo filme pod dodatno osvetlitvijo, vendar je to mogoče le od 2,8 do 3 OD. Človeško oko tudi z dodatno osvetlitvijo ne more razločiti podrobnosti pri OD nad 3.⁵ Prevelika ekspozicija je najpogosteje posledica nepravilne nastavitve ali neprimerne lege fotocelice. Pri ročni nastavitvi pride do te napake z izbiro previsokih kV ali mAs. Zaradi prevelike ekspozicije je povprečna žlezna doza po nepotrebnem previsoka. Zaradi daljšega časa ekspozicije pa je večja možnost neostrine zaradi premikanja.

Zelo pomembno je tudi, da so negatoskopi dovolj osvetljeni in na isti diagnostiki tudi vsi enake barve in enako osvetljeni.

Šum

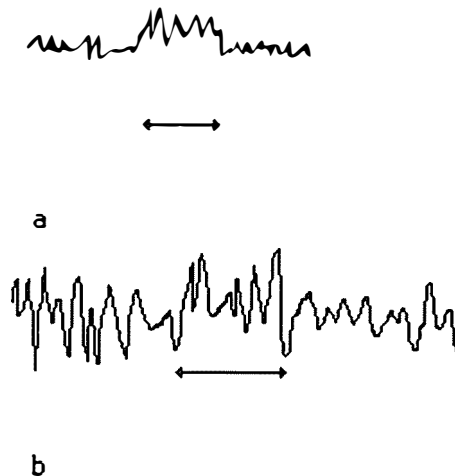
Šum vidimo na vsakem enakomerno eksponiranem in razvitem filmu kot nezaželene drobne variacije optične gostote.^{7,14} Če je preveč izražen, moti zaznavo drobnih struktur, predvsem mikrokalcinacij, saj je ena izmed zahtev za kakovosten mamogram, da lahko na njem opazimo mikrokalcinacije premera 0,2 mm ali manj (Slika 6).

Najpomembnejši vir šuma je predvsem osnovni šum ali "quantum noise", nanj pa vplivata tudi zrnatost filma in struktura folije; vpliv zadnje je zanemarljiv.^{8,14}

Osnovni šum nastane zaradi absorpcije številnih rentgenskih fotonov, ki naključno zadenejo različna mesta na ojačevalni foliji. Čim manjše število fotonov je porabljenih za nastanek slike ali čim nižja je doza, tem večja je stopnja osnovnega šuma.

Osnovni šum je torej večji, če uporabljamo hitrejše sisteme film-folija, če so filmi premalo eksponirani in kadar je razvijanje podaljšano.

V mamografiji je pomemben vzrok šuma tudi *zrnatost filma*.⁸ Na žalost je šum bolj izražen pri visokokontrastnih filmih, ker je



Slika 6. Detajl je na posnetku z manjšim šumom (a) bolj viden kot pa na posnetku z močno izraženim šumom (b).

zaradi kontrasta bolj viden. Ker šum prepreči najdbo mikrokalcinacij ali pa vidimo kalcinacije, ki jih ni, je nujno doseči ravnotežje med nizko ekspozicijsko dozo in med sprejemljivo kakovostjo slike. Zato nadomeščajo hitrejše sisteme film-folija s počasnejšimi, ti pa zahtevajo nekoliko večjo ekspozicijsko dozo.

Kako prepoznamo šum?

Posnetek je neenakomerno drobno zrnat, lisast. Šum bolje opazimo z lečo. Kadar je izrazit, vidimo v predelih z enakomerno gostoto, na primer tam, kjer je gost parenhim, številne drobne "kalcinacije", ki jih v resnici ni.

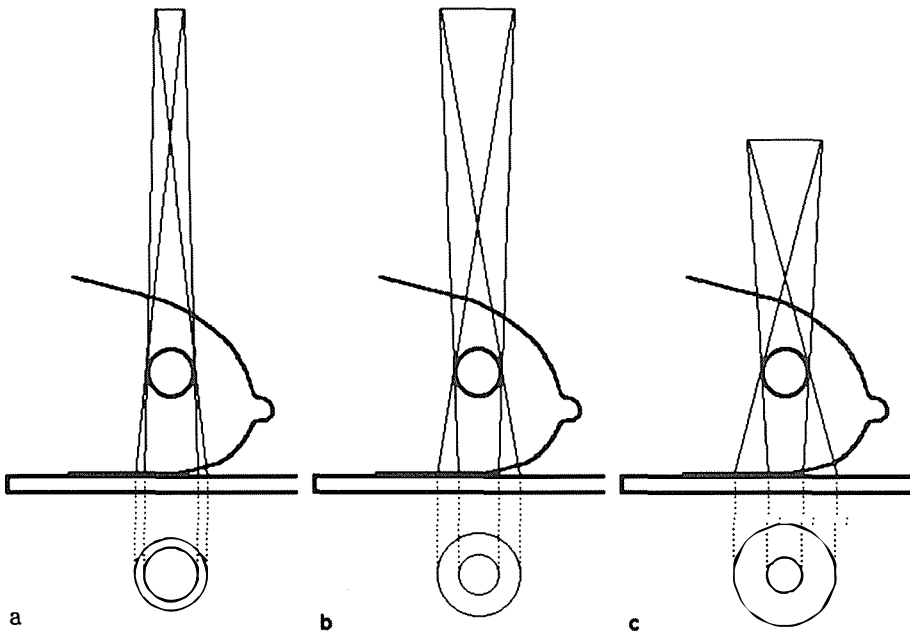
Ostrina

Obstajajo trije glavni vzroki, zaradi katerih robovi struktur niso ostri: geometrijska neostrina, neostrina zaradi gibanja in neostrina zaradi detektorja slike.

Geometrijska neostrina

Žarki, ki padejo iz žarišča rentgenske cevi, padejo na površino, ki se večja s kvadratom razdalje od gorišča. Intenzivnost žarkov se manjša s kvadratom razdalje. Ker izhajajo žarki iz žarišča divergentno in se širijo premočrtno, je posnetek vedno večji kot objekt. Povečanje je toliko manjše, kolikor večja je razdalja od žarišča do filma, in toliko manjše, kolikor manjša je razdalja med objektom in filmom (Slika 7).¹⁰

Ostrina je odvisna tudi od velikosti žarišča rentgenske cevi (Slika 7). Žarišče na anodi, na katero padajo elektroni, imenujemo realno. Širina pravokotno projiciranega realnega žarišča je odvisna od njegove razdalje od stene prsnega koša in od naklona anode.⁸ Tako nastalo optično žarišče uporabljamo pri slikanju. Čim manjše je žarišče, tem večja je ostrina posnetka, vendar moramo pri tem upoštevati, da je majhno žarišče v zelo kratkem času nemogoče zelo obremeniti.¹⁰ Za rutinsko slikanje uporabljamo žarišče velikosti 0,3 mm, za povečavo pa 0,1 mm.



Slika 7. Geometrijska neostrina je manjša, če je žarišče manjše (a) in bolj oddaljeno od filma (b).

Geometrijska ostrina je torej odvisna od mamografske naprave. Tu ne moremo veliko spreminjati – razen velikosti fokusa, ki naj bo čim manjši, in razdalje objekt-film, ki naj bo čim krajša.⁷ Tako smo znova ugotovili, kako pomembna je dobra kompresija (Slika 1 in 2).

Neostrino zaradi gibanja

preiskovanke, pulzacij žilja, nezadostne kompresije ali predolge ekspozicije lahko zmanjšamo z dobro kompresijo in z najmanjšim mogočim časom ekspozicije.

Neostrina zaradi detektorja slike

Resolucija detektorja slike je omejena s folijo, ne s filmom, kajti resolucija filma je vedno večja kot resolucija folije. Hitrost in kontrast pa sta v povezavi s filmom.⁸

Resolucija folije. Folije zmanjšajo ekspozicijo, ker je film bolj občutljiv na vidno svetlobo kot na rentgenske žarke. Vsebujejo fosfor, ki zažari, ko nanj padejo rentgenski žarki (Slika 4). Svetloba se širi v vse smeri in zato večja neostrino. Soli redkih vrst zemelj (po navadi gadolinijev oksisulfid) okrepijo delovanje fosforja. Debelejši fosforni sloj pospeši hitrost, vendar je zaradi daljše poti svetlobnih fotonov, ki se širijo v vse smeri, resolucija slabša. Barvilo, ki ga vsebujejo folije, selektivno filtrira komponente zelenega spektra⁸ in proces upočasni. Upočasnijo ga tudi manjši delci in zadnja plošča, ki absorbira svetlobne delce, ki so pripotovali do nje in s tem hkrati tudi zmanjša neostrino.¹⁸ Se pravi, tanjše folije z bolj drobno strukturo imajo večjo resolucijo, vendar so manj občutljive.

Na mestih, kjer ni dobrega *stika med filmom in folijo*, so vidne svetline in neostrine, zato moramo do uporabe počakati vsaj 2 minuti. Nekateri priporočajo celo 15 minut, da izgine ves zrak, ujet med folijo in film.^{17,19} Zato moramo imeti zadostno število kaset.

Noben drug dejavnik ni tako zelo zmanjšal ekspozicijske doze kot prav nove kombinaci-

je film-folija, saj so ekspozicijske doze zdaj za 30-50% manjše kot pred nekaj leti.¹⁸

Artefakti

Kot artefakte lahko označimo vsako spremembo (večjo ali manjšo počrnitev) na posnetku, ki ne nastane zaradi atenuacije tkiva dojke. Število najdenih artefaktov kaže na skrbnost, ki jo mamografska diagnostika namenja kontroli kakovosti. Navedimo nekaj primerov:

Artefakti na folijah:

- prah, smeti, lasje, drugi tujki v kasetah,
- praske, nastale pri vlaganju in jemanju filma iz kasete,
- obrabljene folije zaradi pregroba čiščenja,
- kasete naj bodo zaradi lažje identifikacije oštevilčene.

Artefakti na filmu nastanejo zaradi slabega vzdrževanja ali ravnanja pri obdelavi filma

- zvijanje filma, praske, odtisi nohtov, nepravilno vlaganje filma,
- prstni odtisi – ob izrazitem potenju bi morali uporabljati bombažne rokavice,
- prah v temnici, uhajanje svetlobe,
- artefaktom zaradi statične elektrike se izognemo z vzdrževanjem primerne vlažnosti in s primerno ventilacijo,
- napake pri razvijanju – slabo zmešane raztopine, lise zaradi kemikalij, umazani valjčki ...

Artefakti zaradi napak v sistemu:

- Nepravilno čiščenje mamografske opreme in prostorov. Zlasti temnica bi morala biti vsak dan temeljito očiščena od tal do stropa.
- madeži na priboru (na primer kontrast po duktografiji). Pred vsakim slikanjem morajo biti tudi iz higienskih razlogov počiščene vse površine, ki se jih dotika preiskovankina koža.
- pacientovi telesni deli superponirani na film,

- včasih je na posnetkih vidna rešetka, še posebej takrat, kadar je čas ekspozicije prekratek in se rešetka v tem času ne giblje dovolj hitro. Tedaj priporočajo nekoliko nižjo vrednost kV ali manj občutljiv sistem film-folija. Če to ne pomaga, je čas za nadgraditev mamografske enote.⁸ Če je rešetka vidna na vseh posnetkih, moramo zamenjati ali popraviti gibalni mehanizem, saj rešetka ne sodi na posnetek.
- tuj material (katetri, fragmenti kovin).^{7, 16} Itn.

Artefakte moramo iskati in odpravljati vsak dan.

Pravilne oznake

Na vsakem filmu morajo biti podatki o preiskovanki: ime, priimek in datum rojstva ter datum slikanja in naziv diagnostike. Pravilne mednarodne oznake projekcije in strani slikane dojke bi morale biti dovolj velike, da jih zlahka vidimo. Postavljene bi morale biti v bližino pazduhe. Ker v Sloveniji glede tega vlada precejšnja zmeda, bi morali poenotiti vsaj te osnovne oznake.

Pomembni so tudi podatki o tehničnih razmerah pri slikanju: pri MLO o kotu slikanja, podatki o kV, mAs in o OD; nekatere naprave beležijo tudi debelino komprimirane dojke in kompresijsko silo. Le tako lahko razpoznamo in popravimo napake in le tako je mogoča tudi primerjava različnih posnetkov med seboj. Če je na diagnostiki več mamografskih naprav, jih na posnetkih tudi označimo. V nekaterih ustanovah je na posnetku tudi kratica radiološkega inženirja.

Klinična informacija

Klinični podatki o zatrdlini omogočijo, da se radiolog posebej osredotoči na to področje in ga po potrebi obdela z dodatnimi slikovnimi

metodami. V tem primeru so koristna opažanja radiološkega inženirja, ki jih vpiše na napotnico ali na formular. Tudi podatki o obremenilnih dejavnikih ali o prejšnjih histoloških diagnozah atipičnih hiperplazij ali karcinoma spodbudijo preiskovalca k večjemu številu dodatnih preiskav kot v primeru, če teh podatkov ni. Tako je dobro sodelovanje klinika, radiologa, citologa, patologa, medicinskega fizika in seveda radiološkega inženirja in medicinske sestre ključnega pomena za kakovostno slikovno in tudi preostalo diagnostiko karcinoma dojke.

Pri vsaki mamografski diagnostiki bi morali zapisovati število in vzrok ponovljenih mamogramov, saj nam to omogoči smotno ukrepanje.

Vsaka mamografska diagnostika bi morala posvetiti posebno skrb intervalnim karcinomom ter skrbno preverjati vzroke, saj so po navedbah različnih avtorjev tehnično neustrezni mamogrami povod za najmanj tretjino napačno negativnih mamogramov.

Zaključek

Zahteve po kakovosti so pri mamografskih posnetkih večje kot pri drugih rentgenskih posnetkih. Merilo kakovosti mamografske diagnostike je predvsem število najdenih majhnih, zlasti pa preinvazivnih karcinomov. Kakovostem mamogram prikaže kar največ tkiva dojke, je primerno počrtnjen, kontrasten, ni zabrisan, je brez artefaktov in je narejen s sprejemljivo ekspozicijsko dozo. Končni videz mamograma je skupek raznih dejavnikov, med njimi je najpomembnejša sodobna mamografska naprava z optimalno naravnano fotocelico in s sodobnim priborom; posebna pozornost velja postopku razvijanja. Dobro usposobljeno, posebej za to delo izobraženo osebje mora nenehno vzdrževati visoko kakovost, to pa pripomore k čim manjšemu številu zgrešenih in zapoznelih diagnoz. Prav radiolog, ki nosi končno, medi-

cinsko odgovornost za preiskovanke, bi si moral najbolj nepopustljivo in vztrajno prozadevati za izboljšanje tehničnih standardov in večjo enotnost v stroki.¹⁹

Literatura

1. Basset L. Clinical image evaluation. *Radiol Clin N Am* 1995; **33**:1027-39.
2. Eklund GW, Cardenosa G, Parsons W. Assessing adequacy of mammographic image quality. *Radiology* 1994; **190**: 297-307.
3. Bassett WL, Bunnell DH, Jahanshahi R, Gold R, Arndt RD et al. Breast cancer detection: One versus two views. *Radiology* 1987; **165**: 95-7.
4. Libshitz HI, Fetouh S, Isley J, Lester RG. One-view mammographic screening. *Radiology* 1976; **120**: 719-22.
5. Andersson I, Hildell J, Muhlow A, Petterson H. Number of projections in mammography: influence on detection of breast disease. *AJR* 1978; **130**: 349-51.
6. Sickles EA. Findings at mammographic screening on only one standard projection: outcomes analysis. *Radiology* 1998; **208**: 471-5.
7. Wentz G. In: *Mammography for radiologic technologist*. New York: McGraw Hill; 1992.
8. Heywang-Kobrunner SH, Scheer I, Dershaw DD. In: *Diagnostic breast imaging*. Stuttgart: Thieme Verlag; 1997.
9. Rickard MT, Wilson EA, Ferris A, Blackett KH. In: *Mammography today*. Rickard Wilson Ferris & Blackett; Sidney 1992.
10. Hernja S. In: *Rentgenska tehnika*. Ljubljana: Medicinski razgledi; 1984.
11. Tabar L. In: *Breast imaging and interventional procedures*. Turku: Esdir; 1996.
12. Thilander-Klang AC, Ackerholm PHR, Berlin IC, Bjurstam NG, Mattsson SLJ et al. Influence of anode-filter combinations on image quality and radiation dose in 965 women undergoing mammography. *Radiology* 1997; **203**: 348-54.
13. Friedrich von M. *Mammographie* 1994, Teil I. Ro-Fo 160,2; 101-105, 1994.
14. Haus AG. Technical aspects of screen-film mammography. In: *Radiological diagnosis of breast diseases*. Berlin: Thieme Verlag; 1997.
15. Suleiman OH, Spelic DC, McCrohan JL, Houn F. Mammography in the 1990 s: The United States and Canada. *Radiology* 1999; **210**: 345-51.
16. Eklund GW. Improving mammographic image quality. In: *Breast imaging today and tomorrow*: Santa Fe; 1997.
17. Young KC, Wallis MG, Ramsdale ML. Mammographic film density and detection of small breast cancers. *Clin Radiol* 1994; **49**: 461-5.
18. Kimme-Smith C. New and future developments in screen-film mammography equipment and techniques. *Radiol Clin N Am* 1992; **30**: 55-66.
19. Hendrick RE. Standardization of image quality and radiation dose in mammography. *Radiology* 1990; **174**: 648-54.