

# Borstkankeronderzoek

---

Screeningsmethode voor vrouwen tussen de 50  
en 75 jaar met borsten met hoge dichtheid

C.F.A. van Leijsen

6/7/2013

## Samenvatting

Vrouwen tussen de 50 en 75 jaar krijgen iedere twee jaar een uitnodiging voor het bevolkingsonderzoek borstkanker. Ze worden gescreend met mammografie met als doel borstkanker in een vroeger stadium te ontdekken. Vrouwen onder de 50 kunnen borsten hebben met een hoge dichtheid waardoor op het mammogram laesies minder goed gevisualiseerd kunnen worden vanwege de verminderde sensitiviteit van mammografie. Er zijn echter ook vrouwen boven de 50 jaar met dichte borsten. Zij worden gescreend met mammografie wat een verminderd resultaat oplevert. Het is wenselijk als de sensitiviteit van de screening voor deze vrouwen verhoogd wordt, mogelijk door gebruik te maken van een ander detectieapparaat. In dit onderzoek worden mammografie, magnetic resonance imaging (MRI), digitale borst tomosynthese (DBT) en cone-beam computed tomography (CBCT) met elkaar vergeleken als screeningsmodaliteit voor vrouwen met dichte borsten tussen de 50 en 75 jaar. Dit wordt gedaan door een eisentabel in te vullen. Uit de ingevulde tabel blijkt dat digitale borst tomosynthese (DBT) de beste techniek is vanwege zijn hoge score op de eisen nauwkeurig bij dicht weefsel, visualisatie van microcalcificaties en kosten. Vrouwen boven de 50 met borsten met een hoge dichtheid moeten dus gescreend worden met de digitale borst tomosynthese.

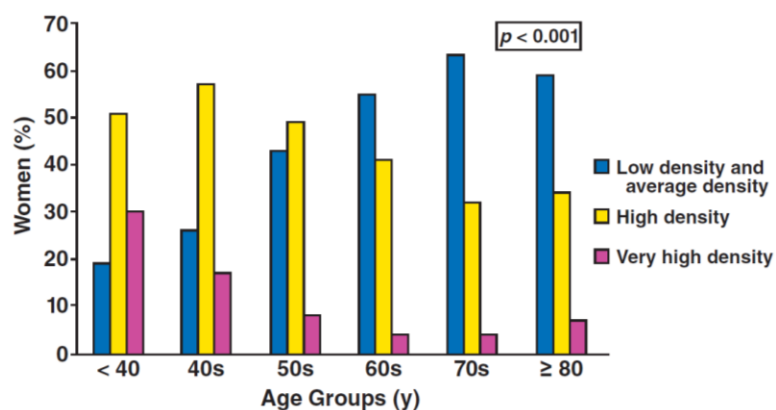
*Inhoudsopgave*

Inleiding	blz. 3
Mammografie	blz. 4
Magnetic Resonance Imaging	blz. 6
Cone-beam Computed Tomography	blz. 7
Digitale Borst Tomosynthese	blz. 12
Discussie	blz. 14
Literatuurlijst	blz. 15

## Inleiding

Borstkanker is bij vrouwen de meest voorkomende soort kanker. In Nederland krijgen per jaar 12.000 vrouwen de diagnose dat ze kanker in de borst hebben. (1) In 1990 is in Nederland het bevolkingsonderzoek naar borstkanker gestart. Iedere vrouw tussen de 50 en 75 jaar krijgt eens in de twee jaar de mogelijkheid om haar borsten te laten screenen met behulp van mammografie. Door deze screeningstest overlijden er per jaar 775 vrouwen minder aan borstkanker. (2) De screeningstest is alleen bedoeld voor de doelgroep vrouwen tussen de 50 en 75 jaar. Vrouwen onder de vijftig jaar hebben vaak meer klierweefsel, waardoor de röntgenfoto's van de mamma moeilijker te beoordelen zijn. (2) Uit onderzoek naar de relatie tussen de leeftijd en de dichtheid van de borst is gebleken dat een grote groep jonge vrouwen vooral vette borsten heeft en dat een kleine groep oudere vrouwen borsten met een hoge dichtheid heeft (figuur 1). (3) Deze kleine groep vrouwen wordt gescreend met het mammogram, welke een lage sensitiviteit heeft bij vrouwen met een hoge dichtheid van de mamma. (4) De röntgenfoto's van deze borsten, zullen dus niet goed te beoordelen zijn door de radiologen. Vrouwen met borsten met een hoge dichtheid hebben een vier tot zes keer verhoogde kans op de ontwikkeling van borstkanker. (3) Het is dus van belang dat vrouwen met dichte borsten met een leeftijd tussen de 50 en 75 jaar op een andere manier gescreend worden om zo vroegtijdig borstkanker te detecteren.

In mijn literatuuronderzoek ga ik vier verschillende detectiemethoden voor borstkanker screening met elkaar vergelijken. Dit ga ik doen door middel van een tabel met eisen voor het afbeelden van de borst, opgesteld door Willi Kalender in te vullen. (4) De vier methoden die ik met elkaar ga vergelijken zijn mammografie, magnetic resonance imaging (MRI), de nog in onderzoek zijnde cone-beam computed tomography (CBCT) en de net ontwikkelde digitale borst tomosynthese (DBT). De doelgroep die in aanmerking komt voor deze screening zijn vrouwen boven de vijftig jaar met borsten met een hoge dichtheid. Uit mijn onderzoek zal dus blijken welke techniek het beste gebruikt kan worden voor het screenen van vrouwen boven de vijftig jaar met dichte borsten.



Figuur 1: Leeftijd van de patiënt en de dichtheid van de borst (3)

## Mammografie

In tabel 1 staan de eisen, opgesteld door Willie Kalender voor het afbeelden van de borst. Voor iedere eis ga ik kijken in hoeverre de vier verschillende technieken hieraan voldoen en geef ik het een beoordeling variërend van ++ tot --.

Bij een mammogram wordt met behulp van röntgenstraling een 2D afbeelding van de borst gemaakt. De mamma wordt samengedrukt zodat het borstweefsel verspreid wordt en er een betere afbeelding gemaakt kan worden (figuur 2). (5) Dit samendrukken heeft een nadeel voor vrouwen met dichtere borsten, omdat door het samendrukken massa's of calcificaties onopgemerkt kunnen blijven voor radiologen vanwege de hogere hoeveelheid klier- en vetweefsel in deze groep vrouwen. (6) Deze en andere weefsels in de borst hebben een klein verschil in doorlaatbaarheid van röntgenstralen, waardoor een hoog contrast nodig is om de verschillende weefsels goed weer te geven. Mammografie kan deze verschillende weefsels goed weergeven en scoort dus hoog op punt 2. (5, 7) De stralingsdosis die wordt gebruikt hangt van verschillende variabelen af zoals stralingsenergie, de dikte van het weefsel waar de straling doorheen moet en de compositie van de borst (percentage vet tegenover klierweefsel). (7) Hierdoor zal de dosis per patiënt verschillen. Uit een onderzoek naar individuele doses blijkt dat de gemiddelde stralingsdosis ligt tussen de 0,62 en 4,53 mGy. (8) Microcalcificaties zijn verkalkingen in de borst die vaak vroege indicatoren zijn van borstkanker. De grootte van deze calcificaties kan verschillen en een dergelijk calcificatie kan kleiner zijn dan 100  $\mu\text{m}$ . Mammografie is tot nu toe de enige techniek die deze calcificaties met een minimale grootte van 100  $\mu\text{m}$  kan detecteren. (9) Wanneer er op het mammogram calcificaties of andere twijfelachtige structuren gezien zijn, wordt er een biopsie uitgevoerd om het weefsel verder te onderzoeken of het maligne of benigne is. Met biopsie wordt met een naald een klein stukje weefsel uit de borst gehaald. Deze biopsie kan echter niet uitgevoerd worden onder begeleiding van mammografie omdat de locatie door de samengedrukte borst en de 2D afbeelding niet nauwkeurig genoeg is om het weefsel aan te prikken. (7) De kosten die worden gemaakt met de digitale mammografie screening methode liggen veel lager dan de kosten die met MRI screening worden gemaakt. In de Verenigde Staten lagen de kosten van mammografie vier keer lager dan voor MRI screening. (10) Door goede behaalde resultaten met het onderzoek naar de invloed van contrast bij gebruik van CT en MRI wordt hier ook voor mammografie onderzoek naar gedaan. De resultaten laten zien dat het toevoegen van contrast ook bij mammografie de visualisatie van laesies verbetert. (11) Er moet echter meer onderzoek plaatsvinden om deze methode ook klinisch toe te kunnen passen. Daarom dat punt 4 een neutrale beoordeling krijgt.



Figuur 2: Constructie van de mammografie (13)

	Mammografie	MRI	CBCT	DBT
1. 3D afbeelding mogelijk	--	++	++	++
2. Goede weefsel differentiatie	++	++	++	++
3. Nauwkeurig bij dicht weefsel	--	++	-	++
4. Beeldvorming met contrast mogelijk	-+	++	++	+-
5. Hoge isotrope spatiale resolutie van 100 $\mu\text{m}$	++	--	--	++
6. Lage dosis met een gemiddelde onder 5 mGy	+	++	+	+
7. Patiënt comfort zonder compressie van de borst	--	+	++	--
8. Mogelijkheid tot biopsie	--	++	+	++
9. Lage kosten	++	--	+	+-

Tabel 1 Eisentabel ingevuld voor de vier verschillende technieken.

### *Magnetic resonance imaging (MRI)*

Met behulp van een sterk magneetveld en radiogolven wordt met de techniek MRI een afbeelding gemaakt. De patiënt wordt in een tunnel geschoven die aan de onder- en bovenkant open is (figuur 3). Uit onderzoek naar het comfort van de MRI is gebleken dat 51,8% van de patiënten de scan als comfortabel beschouwd. Bijna een kwart van de vrouwen had last van claustrofobie, waarvan 8% de scan moest onderbreken. (12) De 3D afbeelding die wordt geproduceerd door het magneetveld en de radiogolven, maakt geen gebruik van straling waardoor er geen verhoogde kans op de ontwikkeling van borstkanker ten gevolge van de stralingsrisico's is. (14) Vanwege de afwezigheid van schadelijke straling en vanwege de hoge sensitiviteit wordt MRI veelal gebruikt voor screening bij jonge vrouwen met een verhoogde kans op de ontwikkeling van borstkanker. (14) Deze vrouwen bezitten het genetische gen BRCA1 en/of BRCA 2 waardoor de kans op ontwikkeling van borstkanker op een jonge leeftijd toeneemt met 65%. (14) Omdat jonge vrouwen dichtere borsten hebben is de sensitiviteit van de mammografie te laag (4), waardoor er een MRI moet worden gemaakt om een betrouwbaarder resultaat te krijgen. Deze screeningstest kan niet gebruikt worden voor de landelijke screening vanwege de beperkte aanwezigheid van de scan, de relatief lange scan tijd en de hoge kosten van het experiment. (15) Een nadeel van de MRI is dat deze microcalcificaties minder goed kan weergeven dan mammografie. Dit komt omdat calcium niet erg gevoelig is voor magnetisatie waardoor er een laag signaal ontstaat die moeilijk te onderscheiden is op de afbeelding. (16) De verschillende weefsels in de borst kunnen met MRI wel duidelijk worden afgebeeld door het toedienen van een contrastmiddel. (17) Wanneer er binnen deze weefsels een twijfelachtige structuur te zien is, kan deze nader onderzocht worden door middel van een MR geleide biopsie. (5) Biopsie met behulp van MRI wordt uitgevoerd wanneer de verdachte structuur alleen op de MRI gevisualiseerd kan worden. Dit vanwege de hierboven genoemde hoge kosten, beperkte beschikbaarheid en de lange scan tijd. (5)



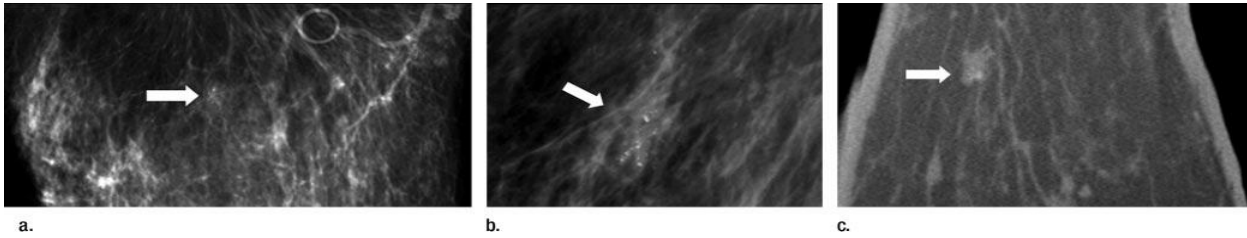
**Figuur 3: Constructie van de MRI (13)**

### *Cone-beam computed tomography (CBCT)*

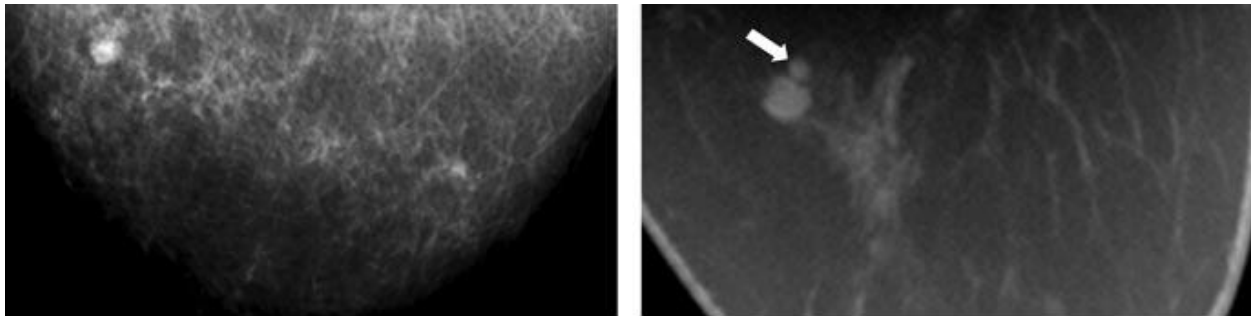
Mammografie en MRI komen op verschillende punten in de eisentabel te kort. Verschillende onderzoekers zijn daarom op zoek gegaan naar een nieuwe detectiemethode om vroegtijdig borstkanker te detecteren en kwamen uit bij (cone-beam) computed tomography. (6) Veel onderzoek heeft geleid tot verschillende prototypen, waarvan de resultaten hieronder beschreven zullen worden. (6,19) Vanwege de goede resultaten van de CT scanner voor het gehele lichaam is men in de jaren 70 begonnen met het onderzoek om een CT speciaal voor de borst te ontwerpen. In 1979 zijn de eerste resultaten gepubliceerd van een klinisch onderzoek van Gisvold waarin mammografie vergeleken wordt met CT. (18) In 726 patiënten werden 60 maligne laesies gevonden waarvan 10% gemist werd met mammografie en 32% met CT. Na het injecteren van 50 ml contrastmedium werd er van de 63 maligne laesies 14% gemist door mammografie en 16% door CT. (18) Door het toevoegen van een contrastmiddel werd er dus een nauwkeuriger resultaat verkregen met betrekking tot het vinden van maligne laesies, maar de verkregen resultaten waren nog niet significant beter dan die van mammografie.

Boone heeft in 2008 tien gezonde vrijwilligers en 69 vrouwen met Breast Imaging Reporting and Data System (BIRADS) categorie 4 en 5 onderzocht met zijn speciale mamma CBCT scanner. Met dit onderzoek onderzocht hij of het mogelijk was om met de CBCT dezelfde laesies te detecteren als met screen film mammografie. De verkregen afbeeldingen werden bekeken door een ervaren radioloog. Deze gaf de afbeeldingen een cijfer tussen de 1 en 10: een score van 5.5 geeft een gelijke visualisatie aan met CBCT en screen-film mammografie. Een score lager dan 5.5 geeft een betere visualisatie met CBCT aan en een score hoger dan 5.5 geeft een betere visualisatie met de mammografie. Mammografie was significant beter in het weergeven van microcalcificaties (figuur 4) en CBCT was significant beter in het weergeven van een massa (figuur 5). CBCT was gelijk aan mammografie voor de visualisatie van laesies in de borst. (tabel 3) Ook werd aan de vrijwilligers gevraagd of ze een cijfer wilden geven aan het comfort van de scan in vergelijking met de mammografie. De CT scoorde significant hoger dan het mammogram (tabel 4). Deze resultaten lieten zien dat CT een veelbelovend scan is voor klinische toepassingen. Er waren echter nog een hoop verbeterpunten, zoals de te lange scan tijd, geringe visualisatie tot aan de pectoralis major en het minder goed kunnen detecteren van microcalcificaties. (20)





**Figuur 4** Microcalcificaties op het mammogram zijn beter te detecteren (A, B) dan met de CBCT (C). (20) De score voor de zichtbaarheid is 7, wat een betere visualisatie betekent voor mammografie.



**Figuur 5** Massa op mammogram (A) niet detecteerbaar. Op de CBCT (B) is de massa aangegeven met de pijl. De score voor de zichtbaarheid is 3, wat een betere visualisatie betekent voor de CT. (20)

	Gemiddelde $\pm$ SD
Alle	5.4 $\pm$ 1.9
Massa's	4.9 $\pm$ 1.5 *
Calcificaties	7.8 $\pm$ 1.9 *

**Tabel 3** Zichtbaarheid van laesies op een CBCT vergeleken met screen-film mammografie. (20)

Een score van 5.5 geeft een gelijke visualisatie aan van CBCT en screen-film mammografie. Een score lager dan 5.5 geeft een betere visualisatie met CT aan en een score hoger dan 5.5 geeft een betere visualisatie van de mammografie.

\* Significantie

	Gemiddelde $\pm$ SD
Positie	6.7 $\pm$ 2.6
Adem inhouden	7.7 $\pm$ 2.3
Comfort	7.9 $\pm$ 2.1

**Tabel 4** Comfort van mamma CBCT. (20)

Een score van 5.5 geeft een gelijk comfort van CBCT en mammografie. Een score hoger dan 5.5 betekent een beter comfort van CBCT en een score lager dan 5.5 betekent een beter comfort van mammografie. Alle cijfers zijn significant.

	Alleen met mammografie gedetecteerd	Gedetecteerd met mammografie en CBCT
Microcalcificatie	13.5 %	86.5 %
< 1mm	15.2 %	84.8 %
> 1mm	0 %	100 %
Massa's	0 %	100 %

**Tabel 5** Detecteerbaarheid van massa's en microcalcificaties in mammografie en CBCT. (21)

In 2010 was het Ning die zijn onderzoek publiceerde over de mogelijkheden van de CBCT. Zijn onderzoeksgroep had een prototype met een geul in de tafel die ervoor zou moeten zorgen dat ook het weefsel dicht bij de borstkas werd afgebeeld. Uit de resultaten blijkt dat alle gebieden in de borst met de CT kunnen worden afgebeeld, hoewel met mammografie het gebied dicht bij de pectoralis major met een hogere beeldkwaliteit wordt afgebeeld. Dit is in het onderzoek bepaald door drie gediplomeerde radiologen. Zij vonden 89,6 % van de bevindingen in mammografie ook in de CT. Alle massa's werden ontdekt, maar een aantal microcalcificaties werden niet gedetecteerd (tabel 5). Deze calcificaties waren vaak kleiner dan 1 mm en gelegen in verschillende delen van de borst. Ook uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dus dat mammografie beter is als het gaat om het afbeelden van microcalcificaties.(21)

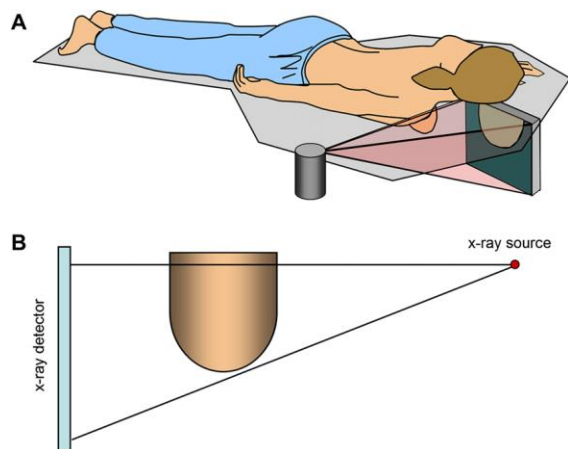
Boone had in 2010 veelbelovende resultaten in zijn onderzoek naar de zichtbaarheid van maligne en benigne massa's en calcificaties door middel van het toedienen van een contrast. Omdat de Hounsfield unit (HU) lineair is met de opname van het contrastmiddel, bestaat er de mogelijkheid om op deze manier het verschil in maligne en benigne weefsels te visualiseren doordat er een verschil in grijswaarden (HU) te detecteren is. Het contrast wat wordt toegediend is iodixanol (Visipaque, GE Healthcare), een niet ionisch op jodium gebaseerd contrast medium. Door het toedienen van dit contrast zijn kwaadaardige laesies significant beter te zien in vergelijking met mammografie of CT zonder contrastmiddel. De HU van maligne laesies wordt namelijk verhoogd met 55.9 HU, terwijl die van benigne maar toeneemt met 17.6 HU. Kwaadaardige microcalcificaties zijn door middel van het contrast even goed te zien als bij mammografie(tabel 6). Hoewel de resultaten veelbelovend zijn, moeten er naar deze ontwikkeling nog veel onderzoek worden gedaan. Zoals naar bijvoorbeeld de wash out tijd van het contrastmiddel, dosis van het contrastmateriaal en onderzoeken met meerdere proefpersonen. (17)

		Contrast CBCT in vergelijking met mammografie	Contrast CBCT in vergelijking met CBCT
Maligne			
	Massa's	-1.84 *	-1.56 *
	Calcificaties	-.029	-2.36 *
Benigne			
	Massa's	-1.07	-0.67
	Calcificaties	2.33	-1.08

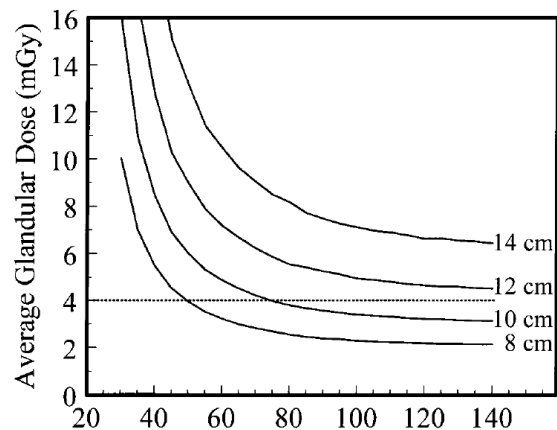
**Tabel 6** Detecteerbaarheid van massa's en microcalcificaties in mammografie en CBCT vergeleken met contrast CBCT. (17) Vier ervaren radiologen hebben de afbeeldingen beoordeeld door ze een cijfer tussen de 1 en 10 te geven, waarbij 5.5 een gelijke visualisatie aangeeft. Een score lager dan 5.5 geeft een betere visualisatie van contrast CBCT aan en een hogere score dan 5.5 geeft een betere visualisatie aan van CBCT of mammografie. Van de scores gegeven door de radiologen is 5.5 afgetrokken, zodat een gelijke visualisatie een score van 0 geeft. Negatieve scores staan voor een betere visualisatie met contrast CBCT en positieve scores voor een betere visualisatie van mammografie of CBCT.  
\* Significantie

De CBCT wordt nog niet in ziekenhuizen toegepast, maar met behulp van de tot nu toe gedane onderzoeken vul ik de eisentabel in om te kijken of de CBCT ook in mijn doelgroep gebruikt zou kunnen worden.

De patiënt ligt op zijn buik op een tafel met de borst, welke wordt afgebeeld hangend in het gezichtsveld van de scanner. De constructie wordt door 43% van de patiënten als meer comfortabel beschouwd in vergelijking met mammografie. (21) Onder de tafel zitten de röntgenbuis en de detector, die om de borst roteren (figuur 6). De stralingsdosis die wordt gebruikt is vergelijkbaar met die van mammografie (figuur 7) en heeft een gemiddelde dosis onder de 5 mGy. (22) Zoals beschreven in de onderzoeken hierboven kan de CBCT niet alle microcalcificaties detecteren en dan voornamelijk de calcificaties kleiner dan 1mm. Ook blijkt uit bovenstaande onderzoeken dat het mogelijk is om een contrast medium toe te voegen om het visualisatievermogen te verhogen. De vrouwen die onderzocht zijn, hadden borsten met verschillende dichtheden. Uit tabel 7 blijkt dat er geen significant verschil is tussen CBCT en mammografie voor het visualiseren van laesies in dichte borsten. Wanneer er contrast wordt toegediend, scoort de CBCT hoger dan mammografie in dichte borsten, maar niet significant. (17) Ook over de kosten van de CBCT ten opzichte van de mammografie en MRI is nog geen duidelijkheid. De verwachting is dat de kosten voor CBCT lager dan MRI zullen liggen, vanwege de snellere scan tijd van CBCT: 10 seconde voor de CBCT tegenover gemiddeld 30 minuten voor een MRI.(20) De prototypen die gemaakt zijn, kunnen geen biopsie uitvoeren. Met een CBCT kan echter een goede 3D afbeelding gemaakt worden, waardoor er de mogelijkheid bestaat om een biopt te nemen. (20)



Figuur 6 (A) De ligging van de patiënt op de tafel met de borst hangend in het gezichtsveld van de scanner. (B) De roterende stralingsbron en detector om de borst. (23)



Figuur 7 De stralingsdoses voor vier verschillende diameters van de borst. De lijn geeft de dosis voor een samengedrukte borst van 4 cm bij mammografie wat overeenkomt met 10 cm bij CBCT. (22)

	Gemiddelde $\pm$ SD
Vettige borsten (Categorie 1 *)	9.0
Verspreid fibroglandulair weefsel (Categorie 2)	5.1 $\pm$ 1.4
Heterogeen dicht klierweefsel (Categorie 3)	5.3 $\pm$ 1.8
Extreem dicht klierweefsel (Categorie 4)	6.4 $\pm$ 2.8

**Tabel 7 De detecteerbaarheid in borsten met verschillende dichtheden. (20)**

Een score van 5.5 geeft een gelijke visualisatie aan van CBCT en screen-film mammografie. Een score lager dan 5.5 geeft een betere visualisatie met CT aan en een score hoger dan 5.5 geeft een betere visualisatie van de mammografie.

\*Indeling volgens BIRADS

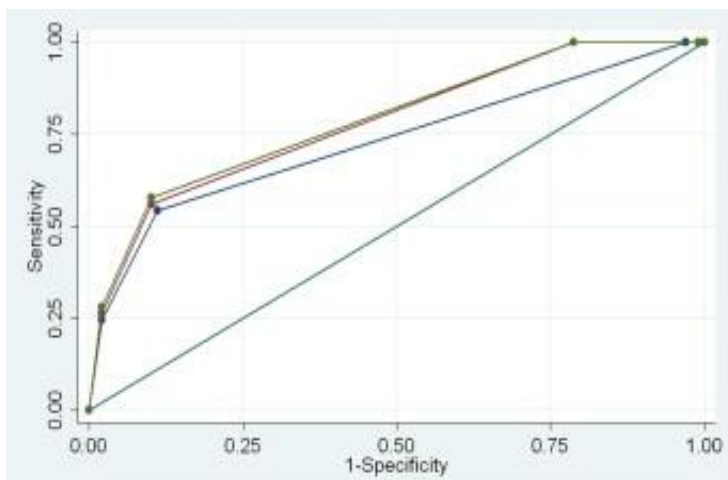
### Digitale borst Tomosynthese(DBT)

De DBT werd in 2011 in de Verenigde Staten goedgekeurd voor klinisch gebruik voor screening en diagnose van borstkanker. De 3D-mammogram van Hologic wordt op dit moment in 48 staten en 51 landen buiten de VS toegepast (figuur 8). (25) De DBT lijkt in veel opzichte op het mammogram, maar legt in tegenstelling dat de 2D röntgenfoto van het mammogram meerdere beelden met een lagere dosis vast vanuit verschillende hoeken. De beelden worden gebruikt om een 3D-reconstructie van de borst te maken. (24) De goede 3D-reconstructie maakt het mogelijk om de DBT ook te gebruiken voor biopsie. (24) De DBT maakt onder verschillende hoeken een opname met een lage dosis. De totale stralingsdosis is vergelijkbaar met mammografie en heeft dus een gemiddelde dosis lager dan 5 mGy. (25)



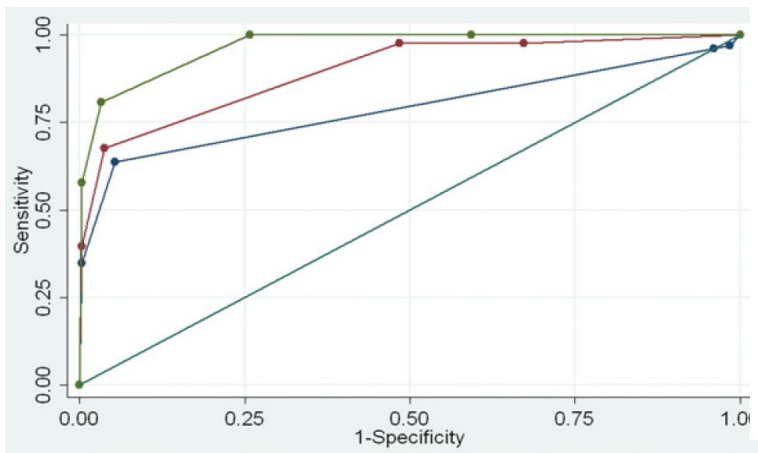
Figuur 8 Constructie van de DBT (24)

Door de techniek van DBT neemt de overlap van borstweefsel af. Door deze techniek samen met 2D mammografie te gebruiken neemt de ontdekking van laesies in een vroeg stadium met 40% toe en nemen de fout-positieven met 15% af (figuur 10). (25) Dr. Tewaag uit Duisland past de DBT sinds 2012 toe op haar patiënten: 'Met de DBT is het mogelijk om kleine tumoren en meer details weer te geven, die normaal in dichte borsten onopgemerkt zouden blijven.' (25) Dit wordt bevestigd door het onderzoek van Mitchell dat een significante verbetering laat zien van de detectie van borstkanker in dichte borsten met DBT in vergelijking met mammografie (tabel 8). Uit zijn onderzoek blijkt ook dat de detecteerbaarheid van microcalcificaties met behulp van deze techniek gelijk is aan mammografie (figuur 9).(26) Doordat er van de borst meerdere afbeeldingen worden gemaakt, kost het de radiologen twee keer zoveel tijd om de afbeelding goed te interpreteren.(27) Dit is tot nu toe de enige reden waarop de toename van de kosten wordt gebaseerd. Een onderzoek naar de kosten en de effectiviteit van deze techniek is nog niet uitgevoerd. (26)



Figuur 9 Detecteerbaarheid van microcalcificaties met DBT en mammografie. (26)

- DBT
- Mammografie



Figuur 10 Detecteerbaarheid van laesies met DBT, digitale mammografie en screen-film mammografie. (26)

- DBT
- Film-screen mammografie
- Digitale mammografie

	Vettige borsten		Dichte borsten **	
	Mammografie	DBT	Mammografie	DBT
AUC *	0.9342	0.9903	0.8863	0.9624

Tabel 8 Detecteerbaarheid van laesies in vettige en dichte borsten. (26)

\* Oppervlakte onder de curve  
 \*\* Significant

## Discussie

Digitale borst tomosynthese is voor vrouwen tussen de 50 en 75 jaar in combinatie met de 2D mammografie de screeningsmethode die het best gebruikt kan worden, zo blijkt uit mijn onderzoek. Punt drie van de eisentabel, nauwkeurig bij dicht weefsel was voor mijn onderzoek de belangrijkste criteria. Zowel MRI als DBT scoorde op dit punt de maximale score. Eisen waar deze twee technieken van elkaar verschillen zijn de mogelijkheid van beeldvorming met behulp van een contrastmiddel, hoge isotrope spatiale resolutie, lage dosis en de kosten. Van deze eisen is het weergeven van microcalcificaties, dus een hoge isotrope spatiale resolutie het belangrijkste aangezien calcificaties een begin van de ontwikkeling van borstkanker kunnen zijn. Ook zijn de kosten voor een screeningsapparaat niet onbelangrijk, aangezien de techniek vaak toegepast wordt. Deze zijn lager bij de DBT dan bij de MRI scan, dus DBT is de techniek die het best gebruikt kan worden bij het screenen van mijn doelgroep.

Digitale borst tomosynthese is een erg nieuwe techniek die nog niet in ieder ziekenhuis beschikbaar is. Vrouwen boven de 50 met dichte borsten zullen in het geval dat er geen DBT aanwezig is, onderzocht moeten worden met een MRI voor een betrouwbaarder resultaat. Het zou in de toekomst het beste zijn als iedere vrouw tussen de 50 en 75 jaar gescreend wordt met de DBT. Dit zal echter niet realiseerbaar zijn binnen enkele jaren. De kosten voor het aanschaffen van een DBT voor in iedere bus van het bevolkingsonderzoek en voor het opleiden van radiologen en laboranten liggen namelijk erg hoog. DBT zal de komende jaren dus niet als screeningsmethoden kunnen dienen, al is het voor de doelgroep uit dit onderzoek wel de beste methoden.

De cone-beam computed tomography is volgens verschillende onderzoekers een veelbelovend screeningsapparaat. Op dit moment wordt er nog erg veel onderzoek gedaan naar deze techniek en uit de resultaten blijkt ook dat er vooruitgang wordt geboekt wanneer het gaat om het visualiseren van calcificaties en laesies. Voor de doelgroep in dit onderzoek is DBT op dit moment echter de techniek die het best gebruikt kan worden, wat niet betekent dat CBCT in de toekomst geen belangrijke rol kan gaan spelen in het screenen voor vrouwen met dichte borsten.

	Mammografie	MRI	CBCT	DBT
1. 3D afbeelding mogelijk	--	++	++	++
2. Goede weefsel differentiatie	++	++	++	++
3. Nauwkeurig bij dicht weefsel	--	++	-	++
4. Beeldvorming met contrast mogelijk	-+	++	++	+-
5. Hoge isotrope spatiale resolutie van 100 $\mu\text{m}$	++	--	+-	++
6. Lage dosis met een gemiddelde onder 5 mGy	+	++	+	+
7. Patiënt comfort zonder compressie van de borst	--	+	++	--
8. Mogelijkheid tot biopsie	--	++	+	++
9. Lage kosten	++	--	+	+-

Tabel 2 Eisentabel ingevuld voor de vier verschillende technieken.

## Literatuurlijst

- (1) [www.kwfkankerbestrijding.nl](http://www.kwfkankerbestrijding.nl) . (2013, 4 juni). Retrieved from kwfkankerbestrijding.nl:  
<http://kanker.kwfkankerbestrijding.nl/soorten-kanker/Pages/soorten-kanker-borstkanker-bij-vrouwen.aspx>
- (2) [www.rivm.nl](http://www.rivm.nl). (2013, 4 juni). Retrieved from  
[http://www.rivm.nl/Onderwerpen/Onderwerpen/B/Bevolkingsonderzoek\\_borstkanker/Waarom\\_m\\_eeen\\_bevolkingsonderzoek\\_borstkanker#waarom1](http://www.rivm.nl/Onderwerpen/Onderwerpen/B/Bevolkingsonderzoek_borstkanker/Waarom_m_eeen_bevolkingsonderzoek_borstkanker#waarom1)
- (3) Checka, C. M., Chun, J. E., Schnabel, F. R., Lee, J., & Toth, H. (2012). The relationship of mammographic density and age: implications of breast cancer screening. *American Roentgen Ray Society*, 292-294.
- (4) Kalender, W. A., Beister, M., Boone, J. M., Kolditz, D., Vollmar, S. V., & Weigel, M. C. (2011). High-resolution spiral CT of the breast at very low dose: concept and feasibility considerations. *European Society of radiology*, 1-8.
- (5) Ikeda, D. M. (2004). *Breast Imaging*. St. Louis: Elsevier, 1-5.
- (6) Chen, B., & Ning, R. (2002). Cone-beam volume CT breast imaging: Feasibility study. *Medical physics*, 755-770.
- (7) Kopmans, D. B. (2007). *Breast imaging*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 243-254.
- (8) Fabiswewska, E., Jankowska, K., Grabska, I., & Skrzynski, W. (2011). Individual doses for women undergoing screening mammography examinations in Poland 2007. *Institute of physics publishing*, 467-475.
- (9) Gong, X., Vedula, A. A., & Glick, S. J. (2004). Microcalcification detection using cone-beam CT mammography with a flat-panel imager. *Institute of physics publishing*, 2183-2195.
- (10) Cott Chubiz, J. E., Lee, J. M., Gilmore, M. E., Kong, C. Y., Lowry, K. P., Halpem, E. F., et al. (2012). Cost-effectiveness of alternating of magnetic resonance imaging and digital mammography screening in BRCA1 and BRCA2 gene mutation carriers . *American cancer society*, 1266-1276.
- (11) Dromain, C., Thibault, F., Diekmann, F., Fallenberg, E. M., Jong, R. A., Koomen, M., et al. (2012). Dual-energy contrast enhanced digital mammography: initial clinical results of a multireader, multicase study. *Breast cancer research*.
- (12) Zakaria, S., Brandt, K. R., Degnim, A. C., & Thomsen, K. M. (2009). Patients' perception of breast MRI: a single-center study. *American Roentgen Ray Society*, 1149-1154.
- (13) [www.meandermedischcentrum.nl](http://www.meandermedischcentrum.nl). (2013, 4 juni) Retrieved from  
<http://www.meandermedischcentrum.nl/patienten/afdelingen-specialismen/oncologie--kanker-/borstkanker/mammapoli/de-mammapoli--borstkanker-?steID=1&catID=2225>



- (14)Kuhl, C. K., Schrading, S., Leutner, C. C., Morakkabati-Spitz, N., Wardelmann, E., Fimmers, R., et al. (2005). Mammography, breast ultrasound, and magnetic resonance imaging for surveillance of women at high familial risk for breast cancer. *Journal of clinical oncology*, 8469-8476.
- (15)Tadeusz, P. J., Wojczech, K., Herman-Sucharska, I., & Urbanik, A. (2013). The use of magnetic resonance in women at increased risk for developing breast cancer. *Videosurgery Miniinv*, 55-62.
- (16)Fatemi-Ardekani, A., Boylan, C., & Noseworthy, M. D. (2009). Identification of breast calcification using magnetic resonance imaging. *Department of Medical Physics and Applied Radiation Sciences*, 5429-5436.
- (17)Prionas, N. D., Lindfors, K. K., Ray, S., Huang, S.-Y., Beckett, L. A., Monsky, W. L., et al. (2010). Contrast-enhanced dedicated breast CT: initial clinical experience. *Radiology*, 714-723.
- (18)Gisvold, J. J., Reese, D. F., & Karsell, P. R. (1979). Computed tomographic Mammography. *American Roentgen Ray Society*, 1143-1149.
- (19)Boone, J. M., Kwam, A. L., Yang, K., Burkett, G. W., Lindfors, K. K., & Nelson, T. R. (2006). Computed tomography for imaging the breast. *Springer Science*, 103-111.
- (20)Lindfors, K. K., Boone, J. M., Nelson, T. R., Yang, K., Kwan, A. L., & Miller, D. F. (2008). Dedicated breast CT: initial clinical experience. *Radiology*, 725-733.
- (21)O'Connell, A., Conover, D. L., Zhang, Y., Seifert, P., Logan-Young, W., Linda Lin, C.-F., et al. (2010). Cone-beam CT for breast imaging: radiation dose, breast coverage, and image quality. *American roentgen ray society*, 496-509.
- (22)Boone, J. M., Nelson, T. R., Lindfors, K. K., & Seibert, J. (2001). Dedicated breast CT: radiation dose and image quality evaluation. *Radiology*, 657-667.
- (23)Lindfors, K. K., Boone, J. M., Newell, M. S., & D'Orsi, C. J. (2010). Dedicated breast computed tomography: the optimal cross-sectional imaging solution? *Elsevier*, 1043-1054.
- (24)Ciatto, S., Houssami, N., Bernardi, D., Caumo, F., Pellegrini, M., Brunelli, S., et al. (2013). Integration of 3D digital mammography with tomosynthesis for population breast-cancer screening (STORM): a prospective comparison study. *Lancelot*, 583-589.
- (25)Celebrating the success of breast tomosynthesis. (2013). *Hologic*.
- (26)Michell, M., Wasan, R. K., Evans, D. R., Peacock, C., Lawinski, C. P., Douiri, A., et al. (2012). A comparison of the accuracy of film-screen mammography, full-field digital mammography, and digital breast tomosynthesis. *Clinical radiology*, 976-981.
- (27)Houssami, N., & Skaane, P. (2013). Overview of the evidence on digital breast tomosynthesis in breast cancer detection. *Elsevier*, 101-108.