

# NOWOCZESNE METODY OBRAZOWANIA ZMIAN ROZROSTOWYCH SUTKA – NADZIEJE I PUŁAPKI

ELŻBIETA ŁUCZYŃSKA

Zakład Radiologii i Diagnostyki Obrazowej, Centrum Onkologii – Instytut im. M. Skłodowskiej-Curie, Oddział w Krakowie

## 1. Wstęp

Rak sutka jest poważnym problemem zdrowotnym w Polsce i Europie. Wczesne wykrywanie raka jest kluczem do zapobiegania rozprzestrzeniania się nowotworu oraz do zmniejszenia umieralności z powodu tej choroby. Mammografia rentgenowska oraz ultrasonografia (USG) są standardowymi technikami obrazowymi do wykrywania i oceny zmian w piersiach. Ekspertki sugerują, że kobiety przed 35. rokiem życia jako pierwsze badanie powinny mieć wykonywane USG, natomiast kobiety po 35. roku życia – mammografię [1]. Mammografia jest metodą obrazową, w której wykorzystuje się ucisk. Prawidłowy ucisk pozwala na odpowiednie uwidocznienie gruczołu piersiowego oraz zmniejsza dawkę promieniowania rentgenowskiego na gruczoł piersiowy. Jednak ucisk powoduje, że obraz mammograficzny powstaje przez nakładanie się tkanek gruczołu piersiowego i część zmian podejrzanych nie jest widoczna w mammo-

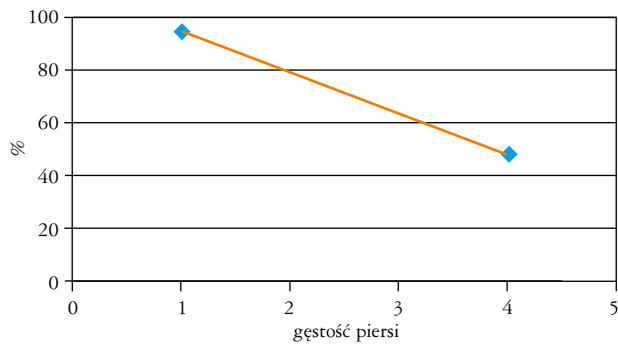
fii. W badaniu tym często widoczne są również zmiany, które naprawdę nie istnieją, a jedynie wynikają z sumacji tkanki gruczołowej.

Pomimo rozwoju mammografii (przejście z mammografii analogowej na obrazowanie cyfrowe) oraz znacznego rozwoju USG (głowice o wysokiej częstotliwości, obrazowanie harmoniczne) metody te nie pozwalają na wykrycie wszystkich podejrzanych zmian w piersiach. Szczególnie niska jest czułość mammografii u kobiet z wysokim ryzykiem zachorowania na raka i waha się od 36% do 59% [2]. Mammografia w wielu przypadkach pokazuje wierzchołek góry lodowej i jej czułość oraz specyficzność zależą od typu budowy piersi. Czułość mammografii w bardzo gęstych piersiach wynosi 62,9%, a w piersiach tłuszczowych – 87%, natomiast specyficzność mammografii w piersiach o budowie gruczołowej wynosi 89,1%, a w piersiach tłuszczowych – 96,9% [3].

Opisaną zależność przedstawiają ryciny 1. i 2.



Rycina 1. Typy budowy piersi w badaniu mammograficznym. A) kategoria 1. – piersi tłuszczowe, B) kategoria 2. – piersi mieszane tłuszczowo-gruczołowe, C) kategoria 3. – piersi gruczołowo-tłuszczowe, D) kategoria 4. – piersi gruczołowe



Rycina 2. Zależność czułości mammografii od gęstości piersi

Czułość mammografii w zależności od gęstości piersi u kobiet z mutacją genów *BRCA1* i *BRCA2* jest o wiele niższa niż u kobiet pozbawionych mutacji. Czułość mammografii u nosicielek genów *BRCA1* i *BRCA2* na podstawie różnych publikacji przedstawiono w tabeli I.

W związku z powyższym poszukiwane są nowe metody pozwalające na wykrycie większej liczby zmian w piersiach. Do metod tych zaliczane są magnetyczny rezonans jądrowy (*magnetic resonance imaging – MRI*), mammografia spektralna (*contrast enhanced spectral mammography – CEM*) oraz tomosynteza (*digital breast tomo-*

Tabela I. Czułość mammografii w zależności od gęstości piersi u kobiet na podstawie różnych publikacji

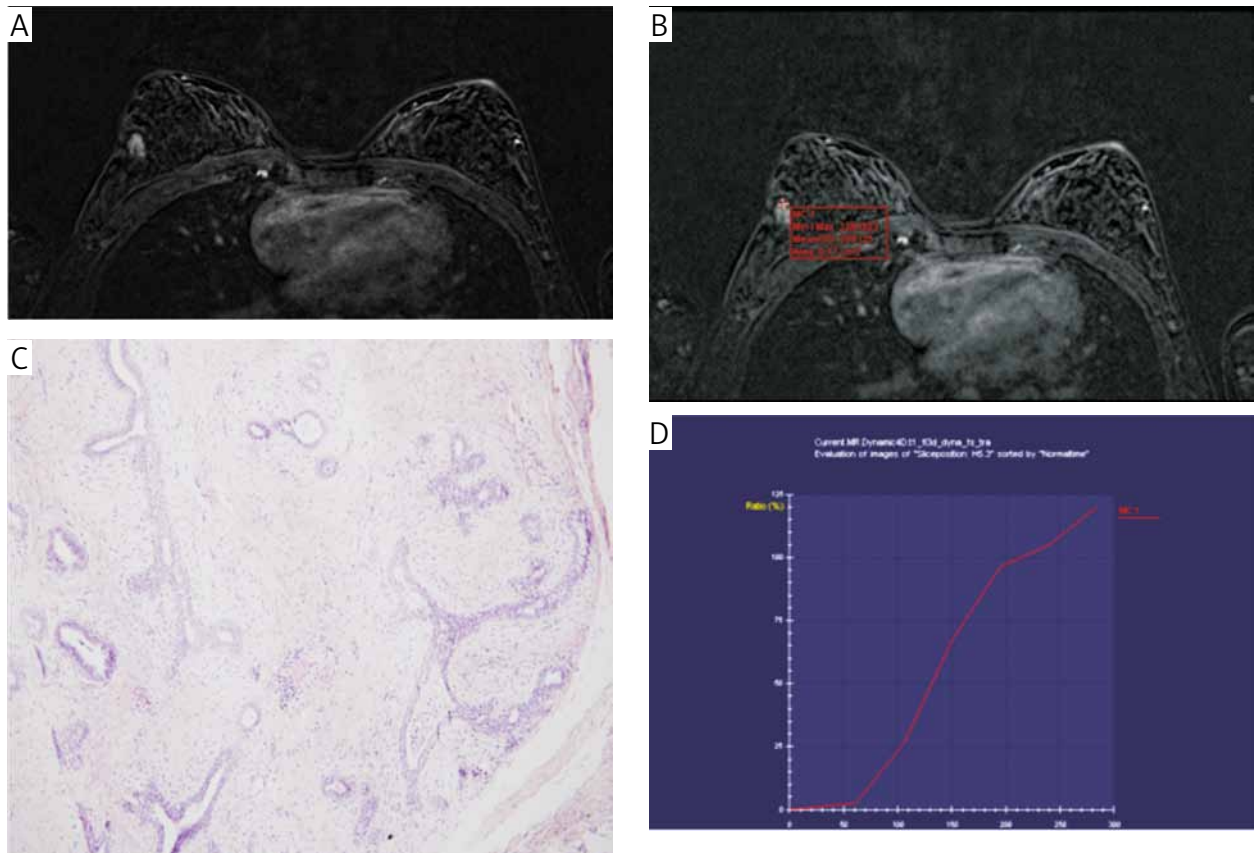
PUBLIKACJA	CZUŁOŚĆ (%)
Kriege i wsp. NEJM 2004	40
Warner i wsp. JAMA 2004	36
Leach i wsp. Lancet 2005	40
Kuhl i wsp. J Clin Oncol 2005	35
Sardanelli i wsp. Radiology 2007	59
Hagen i wsp. Breast	50

*synthesis – DBT*). W MRI i CEM badanie jest wykonywane po podaniu środka kontrastowego. Związane jest to z tym, że rozwojowi ognisk raka w piersi towarzyszy zjawisko neoangiogenezy. Dlatego podanie kontrastu wzmacnia ogniska, w których jest więcej naczyń.

## 2. Nowe metody obrazowe

### 2.1. Magnetyczny rezonans jądrowy

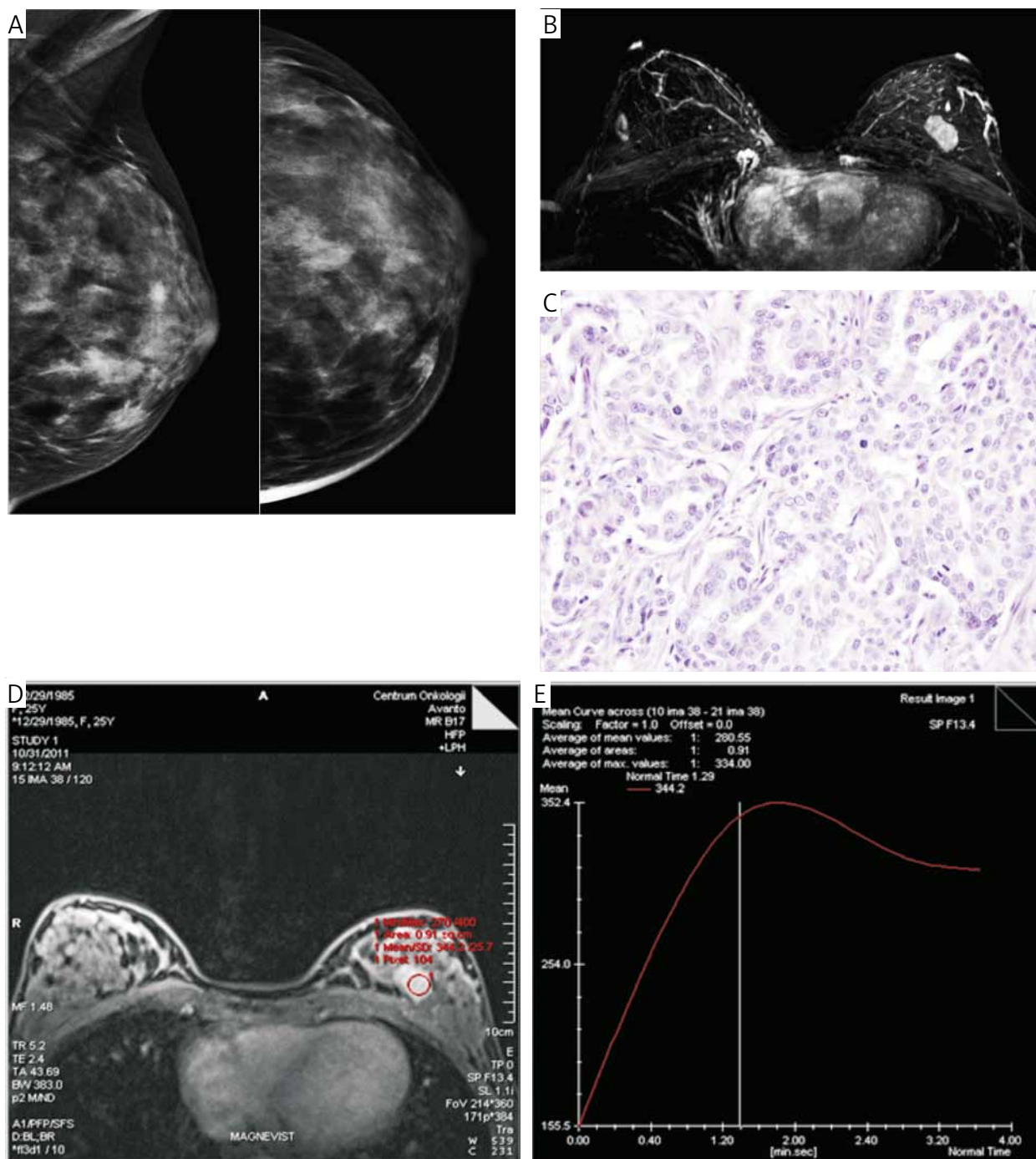
Magnetyczny rezonans jądrowy jest metodą obrazową, w której do obrazowania wykorzystuje się pole



Rycina 3. Chora, lat 26. W piersi prawej w rzucie kwadrantów zewnętrznych ognisko wzmocnienia kontrastowego. Zmiana jest dobrze ograniczona. W jej środkowej części widoczna jest przegroda, która nie wzmacnia się po podaniu kontrastu (A, B). Krzywa wzmocnienia niecharakterystyczna (D). Obraz magnetycznego rezonansu jądrowego sugerował gruczolakowłókniaka. W badaniu histopatologicznym potwierdzono gruczolakowłókniaka (C)

magnetyczne. Badanie jest wykonywane w pozycji leżącej na brzuchu, piersi znajdują się w specjalnej cewce przeznaczonej do ich badania. W trakcie badania piersi są uciśnięte, ale ucisk jest znacznie mniejszy niż w badaniu mammograficznym. Badanie wykonuje się w obrazach T1-, T2-zależnych, T1 po dynamicznym podaniu środka kontrastowego. Stosuje się również obrazowanie subtrakcyjne oraz obrazowanie

zależne od dyfuzji (*diffusion waighted imaging* – DWI) i mapę rzeczywistego współczynnika dyfuzji (*apparent diffusion coefficient* – ADC). W badaniu MRI po dynamicznym podaniu środka kontrastowego poszukuje się ognisk wzmocnienia kontrastowego w obrazach subtrakcyjnych. Ogniska te ocenia się pod względem morfologicznym (wielkość, kształt, zewnętrzny obrys, rodzaj wzmocnienia), istnieje również możliwość



Rycina 4. Chora, lat 26. W piersi lewej w badaniu mammograficznym brak zmian ogniskowych (A). Piersi o budowie gęstszej gruczołowej. W badaniu magnetycznym rezonansem jądrowym w piersi lewej centralnie zabrodawkowo dobrze ograniczone ognisko wzmocnienia kontrastowego (B, D). Krzywa wzmocnienia typu *wash-out* (E). W badaniu histopatologicznym: *invasive ductal carcinoma G3* (C)

oceny krzywej wzmocnienia kontrastowego, która dodatkowo wskazuje na łagodny lub złośliwy charakter zmiany widocznej w MRI.

W MRI rozpoznanie raka nie zależy od gęstości piersi. Związane jest to z tym, że w badaniu poszukuje się ognisk wzmocnienia kontrastowego. Dzięki możliwości uzyskania obrazów subtrakcyjnych ogniska wzmocnienia kontrastowego są lepiej widoczne.

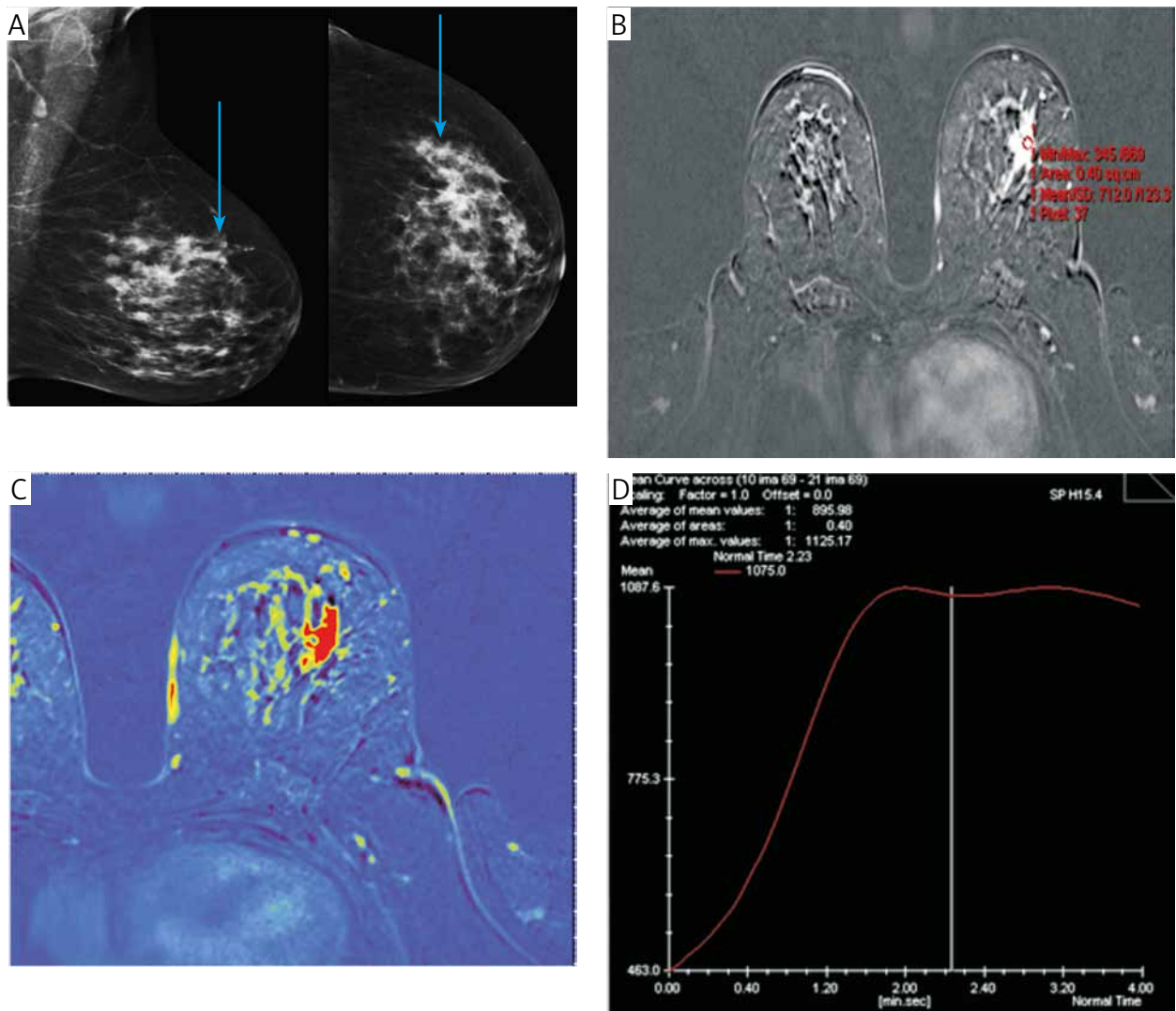
Pewne zmiany mają charakterystyczny wygląd w badaniu MRI. Należą do nich gruczolakowlókniaki, których typową cechą w MRI jest brak wzmocnienia przegród. Gruczolakowlókniaka w badaniu MRI przedstawiono na rycinie 3.

Czułość i specyficzność MRI w diagnostyce raka inwazyjnego jest znacznie wyższa niż mammografii. Czułość waha się w zakresie 94–99%, a specyficzność 65–79% [4]. Rycina 4. przedstawia obraz zmiany podejrzanej w badaniu MRI.

Rezonans magnetyczny jest również wykorzystywany do poszukiwania ogniska pierwotnego u chorych, u których stwierdza się powiększone węzły chłonne w dole pachowym bez widocznych zmian w badaniu mammograficznym. Liczba wykrytych zmian w piersiach w badaniu MRI u chorych z ukrytym rakiem piersi w badaniu mammograficznym wynosi 62–86% [5].

Rezonans magnetyczny ma duże znaczenie w ocenie wielkości guza i rozległości procesu nowotworowego (ryc. 5.). Badanie to jest szczególnie przydatne w ocenie wielkości raka zrazikowego. W raku tym wielkość guza w badaniu MRI koreluje z badaniem histopatologicznym w 85% przypadków, natomiast w badaniu mammograficznym wielkość guza koreluje z badaniem histopatologicznym w 32% [6].

Badanie MRI jest również przydatne do różnicowania pomiędzy obecnością mas rezydualnych po operacji a obecnością blizny pooperacyjnej.



Rycina 5. Chora, lat 60. W piersi lewej w kwadrancie górnym zewnętrznym zaburzenie architektoniki mięszu gruczolowego na obszarze ok. 25 mm (A). W badaniu magnetycznym rezonansem jądrowym ognisko wzmocnienia kontrastowego na obszarze ok. 40 mm (B). Widoczna jest wzmożona perfuzja w obrębie guza (C). Krzywa typu plateau (D)

Czułość MRI w ocenie mas rezydualnych wynosi 61–86% [7].

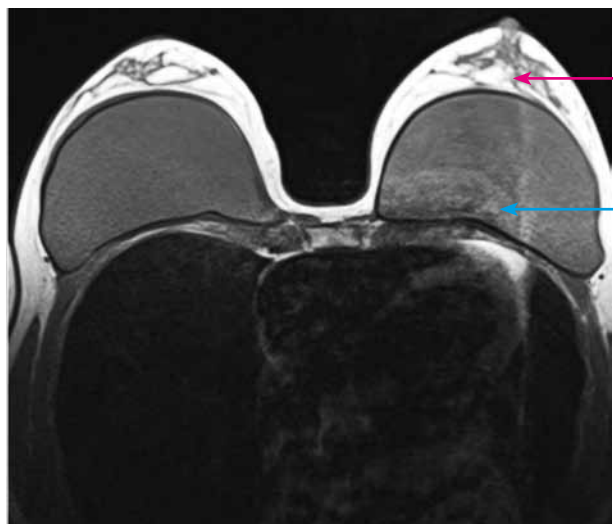
Kolejną zaletą badania MRI piersi jest możliwość monitorowania chorych po chemioterapii neoadjuwantowej. Badanie MRI piersi jest szczególnie przydatne u chorych, u których badanie kliniczne wykazuje częściową lub niewielką regresję guza [8].

Rezonans magnetyczny ma ogromne znaczenie w ocenie implantów. Pozwala na ocenę nie tylko gruczołu piersiowego i zmian zlokalizowanych w jego obrębie, lecz także patologii znajdujących się do tyłu od implantu oraz w obrębie ściany klatki piersiowej. W MRI można zobaczyć obrysy implantu i ocenić jego torebkę. Badanie to jest bardzo dobrą metodą oceny uszkodzeń implantu, takich jak pęknięcie zewnętrzne i wewnętrzne torebki. Pozwala również na ocenę przemieszczenia się zawartości implantu, np. silikonu, poza torebkę implantu (ryc. 6).

Badanie MRI jest uważane za metodę skriningową u kobiet z wysokim ryzykiem zachorowania na raka piersi. Czułość MRI w rozpoznawaniu raka piersi u kobiet z mutacją genów *BRCA1* oraz *BRCA2* wynosi 81%, natomiast mammografii – 40% [2].

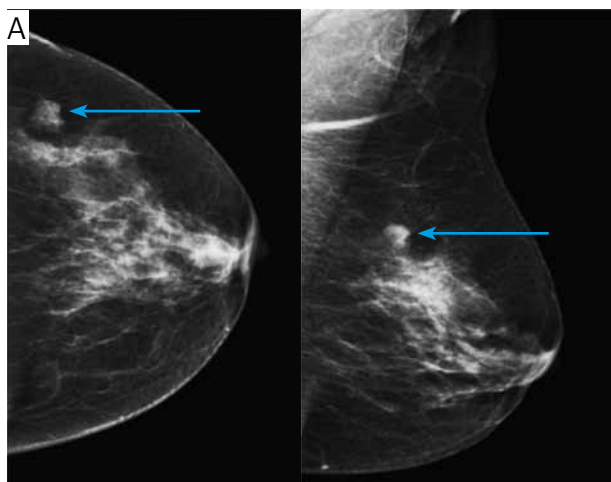
Niestety, badanie MRI ma również ograniczenia. Mimo że w badaniu ocenia się neoangiogenezę, wzmocnieniu ulegają też niektóre zmiany łagodne, takie jak gruczolakowłókniki i inne łagodne dysplazje [9] (ryc. 7.).

Kolejnym ograniczeniem MRI jest to, że badanie musi być wykonane w odpowiedniej fazie cyklu menstruacyjnego, tj. pomiędzy 7. a 14. dniem cyklu, a u kobiet z krótkim cyklem – pomiędzy 5. a 12. dniem

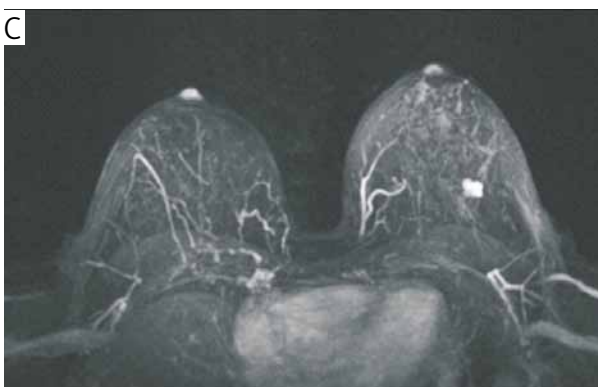


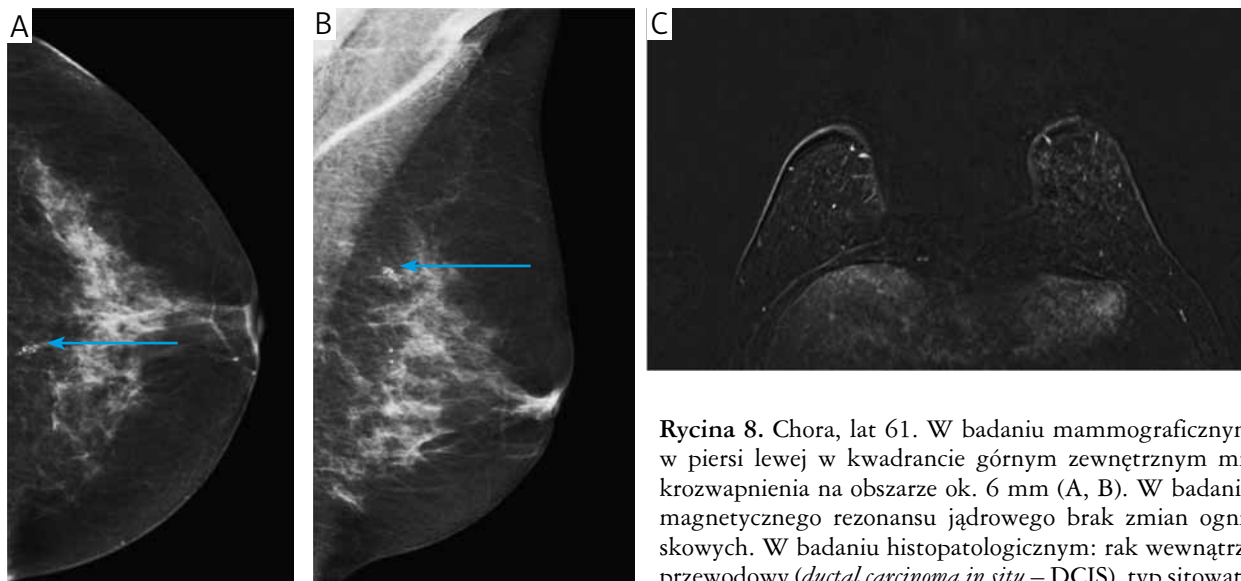
Rycina 6. Ocena implantów w magnetycznym rezonansie jądrowym. Pacjentka, lat 52. Stan po wielokrotnej tumorektomii obu piersi. Ocenie podlega nie tylko gruczoł piersiowy, lecz także doły pachowe i ściana klatki piersiowej oraz torebka implantu. Górna strzałka wskazuje gruczoł piersiowy. Dolna strzałka – implant

cyklu. U kobiet stosujących środki antykoncepcyjne lub hormonoterapię zastępczą badanie MRI może być wykonane dopiero 6 tygodni po odstawieniu hormonów. Jeśli badanie wykonuje się w trakcie przyjmowania hormonów lub w złej fazie cyklu, to w obrazie widoczne są zmiany ogniskowe, które w rzeczywistości nie istnieją. Zmiany te mogą imitować zmiany podejrzane, a to może spowodować przypadki fałszywie pozytywne skutkujące nieprawidłowym leczeniem kobiety [10].



Rycina 7. Wzmocnienie zmiany łagodnej w badaniu magnetycznego rezonansu jądrowego. Chora, lat 57. W badaniu mammograficznym w piersi lewej w kwadrancie górnym zewnętrznym asymetryczne zagęszczenie o średnicy 15 mm (A). Zmiana ma nierówne obrysy, co w badaniu mammograficznym sugeruje zmianę podejznaną. Zmiana wzmocniona w badaniu magnetycznego rezonansu jądrowego, ma nieostre obrysy (B, C). W badaniu histopatologicznym: *fibrosclerosi*





Rycina 8. Chora, lat 61. W badaniu mammograficznym w piersi lewej w kwadrancie górnym zewnętrznym mikrozwapnienia na obszarze ok. 6 mm (A, B). W badaniu magnetycznego rezonansu jądrowego brak zmian ogniskowych. W badaniu histopatologicznym: rak wewnątrzprzewodowy (*ductal carcinoma in situ* – DCIS), typ sitowaty

Następnym ograniczeniem MRI jest brak możliwości uwidocznienia mikrozwapnień w tym badaniu. Należy pamiętać, że ok. 35–45% niepalpacyjnych raków piersi manifestuje się tylko w postaci mikrozwapnień, które są wykrywane jedynie za pomocą mammografii [11, 12] (ryc. 8.).

Znacznym ograniczeniem badania MRI w warunkach polskich jest brak możliwości weryfikacji zmian pod kontrolą MRI. Obecnie biopsja gruboigłowa wspomagana próżnią pod kontrolą MRI nie jest refundowana przez Narodowy Fundusz Zdrowia (NFZ). Każda zmiana znaleziona w badaniu MRI, która nie była widoczna w retrospektywnym badaniu USG, winna być zweryfikowana pod kontrolą MRI. W Polsce obecnie procedurę tę wykonuje jeden lub dwa ośrodki, a więc dostępność jest bardzo mała.

Badania MRI nie można przeprowadzić u kobiet z niewydolnością nerek. Wszystkie chore przed badaniem MRI muszą mieć wykonane badanie krwi z oznaczeniem szacunkowego współczynnika filtracji kłębuszkowej (*estimated glomerular filtration rate* – eGFR). U chorych ze znacznie obniżonym eGFR badanie MRI nie może być wykonane.

## 2.2. Mammografia spektralna

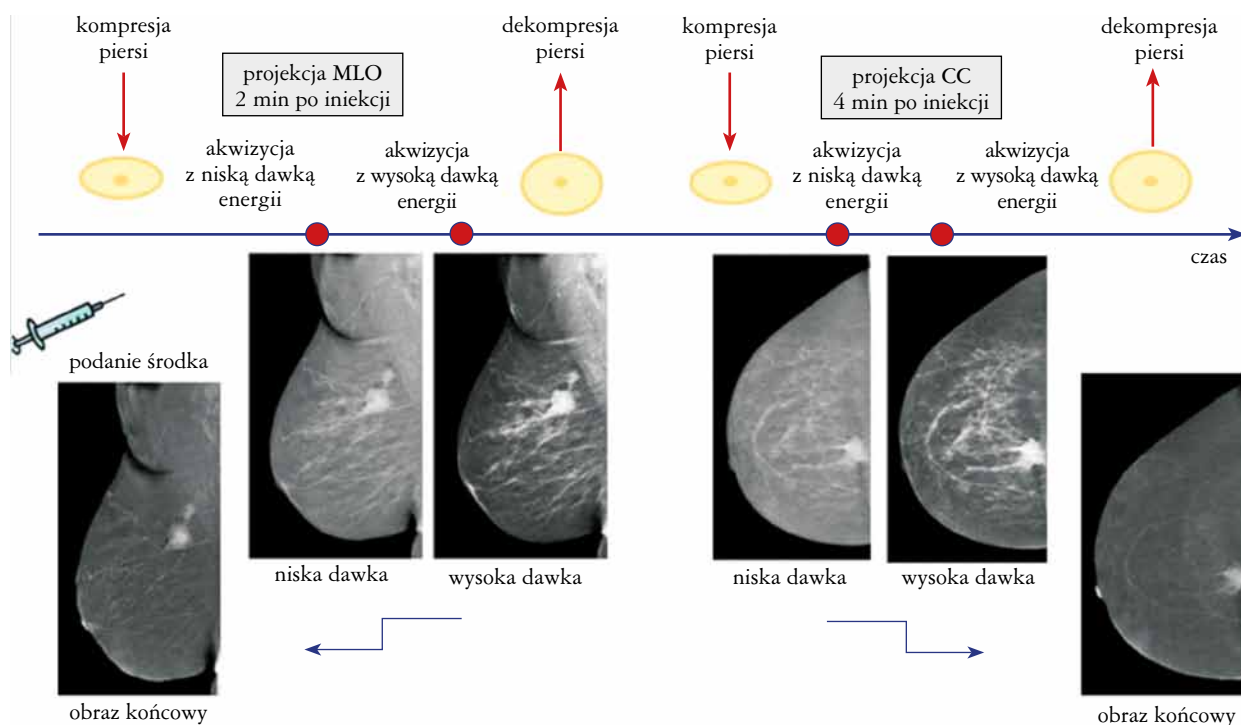
Mammografia spektralna opiera się na badaniu mammograficznym. Badanie jest wykonywane w pozycji stojącej, podobnie jak mammografia. Ucisk jest taki sam jak w badaniu mammograficznym. W badaniu tym podaje się jodowe środki kontrastowe – te same, które są stosowane w tomografii komputerowej.

W CESM wykorzystuje się zależność tłumienia promieniowania rentgenowskiego w zależności od rodzaju substancji zawartych w badanej piersi, szczególnie tkanek miękkich i jodu. W badaniu tym po pojedynczej iniekcji środka kontrastowego wykonuje

się obustronne badanie piersi w dwóch projekcjach. Pierwszy obraz wykonywany jest standardowo z zastosowaniem akwizycji niskoenergetycznej (26–32 keV), a drugi uzyskiwany jest w akwizycji wysokoenergetycznej (45–49 keV). Oba obrazy wykonywane są w bardzo krótkim odstępie czasu. Kombinacja obrazów nisko- i wysokoenergetycznych pozwala na utworzenie pojedynczego obrazu przedstawiającego wrażenia rozmieszczenia środka kontrastowego w całej piersi z podkreśleniem unaczynienia zmiany chorobowej. W badaniu tym wykorzystane jest zjawisko subtrakcji, podobnie jak w MRI. W końcowym efekcie do uzyskania obrazu rozmieszczenia środka kontrastowego niezbędne jest cyfrowe przetwarzanie obrazów. Opisana procedura jest szybka. Istnieje bezpośredni związek z tradycyjnymi badaniami mammograficznymi. Całe badanie trwa 10–15 minut (w tym wykonanie iniekcji) – w zależności od liczby wykonanych projekcji. Całkowita dawka promieniowania rentgenowskiego jest wyższa niż dawka dla standardowego badania mammograficznego (w przybliżeniu o 20%). W badaniu tym, podobnie jak w MRI, wykorzystywane jest zjawisko neoangiogenezy, czyli ocena nieprawidłowego unaczynienia w obrębie zmiany. Schemat wykonania CESM przedstawiono na rycinie 9.

Mammografia spektralna jest nową metodą. Została wprowadzona do użytku w Stanach Zjednoczonych przez Amerykańską Agencję ds. Żywności i Leków (*Food and Drug Administration* – FDA) w 2011 r. Nadziej, jaką niesie CESM, jest możliwość oceny stopnia zaawansowania raka piersi. Metoda jest szczególnie przydatna w przypadku piersi o gęstej gruczołowej budowie [13].

Rycina 10. przedstawia znaczną różnicę pomiędzy stopniem zaawansowania raka sutka w mammografii konwencjonalnej i CESM.



Rycina 9. Schemat wykonania mammografii spektralnej. Wzór rysunku zaczerpnięto z artykułu: Dromain C, Thibault F, Muller S, *et al.* Dual-energy contrast-enhanced digital mammography: Initial clinical results. *Eur Radiol* 2011; 21: 565-574

Mammografia spektralna pozwala również w krótkim czasie potwierdzić lub wykluczyć wieloogniskowość lub wielośrodkowość [14] (ryc. 11.).

Przewagą CESM nad badaniem MRI jest krótki czas badania. Mammografia spektralna zajmuje ok. 10–15 minut, natomiast badanie MRI piersi trwa 30–40 minut. Czulość CESM jest porównywalna z czulością badania MRI (ryc. 12.).

Mammografia spektralna cechuje się różnorodnymi ograniczeniami. Pierwszym z nich jest brak możliwości wykreślenia krzywej wzmocnienia kontrastowego, która pozwoliłaby na wskazanie łagodnego lub złośliwego charakteru zmiany. Wszystkie zmiany wzmacniające w CESM muszą być weryfikowane, nie ma możliwości kontroli tych zmian [15] (ryc. 13.).

Kolejną pułapką CESM jest brak możliwości weryfikacji zmian pod jej kontrolą. Jeśli ognisko wzmocnienia kontrastowego jest widoczne tylko w CESM, a niewidoczne w innych badaniach obrazowych, nie ma możliwości weryfikacji tych zmian. Innym ograniczeniem jest wyższa dawka promieniowania w porównaniu z mammografią. Dawka w CESM jest o 20% wyższa niż dawka w mammografii konwencjonalnej.

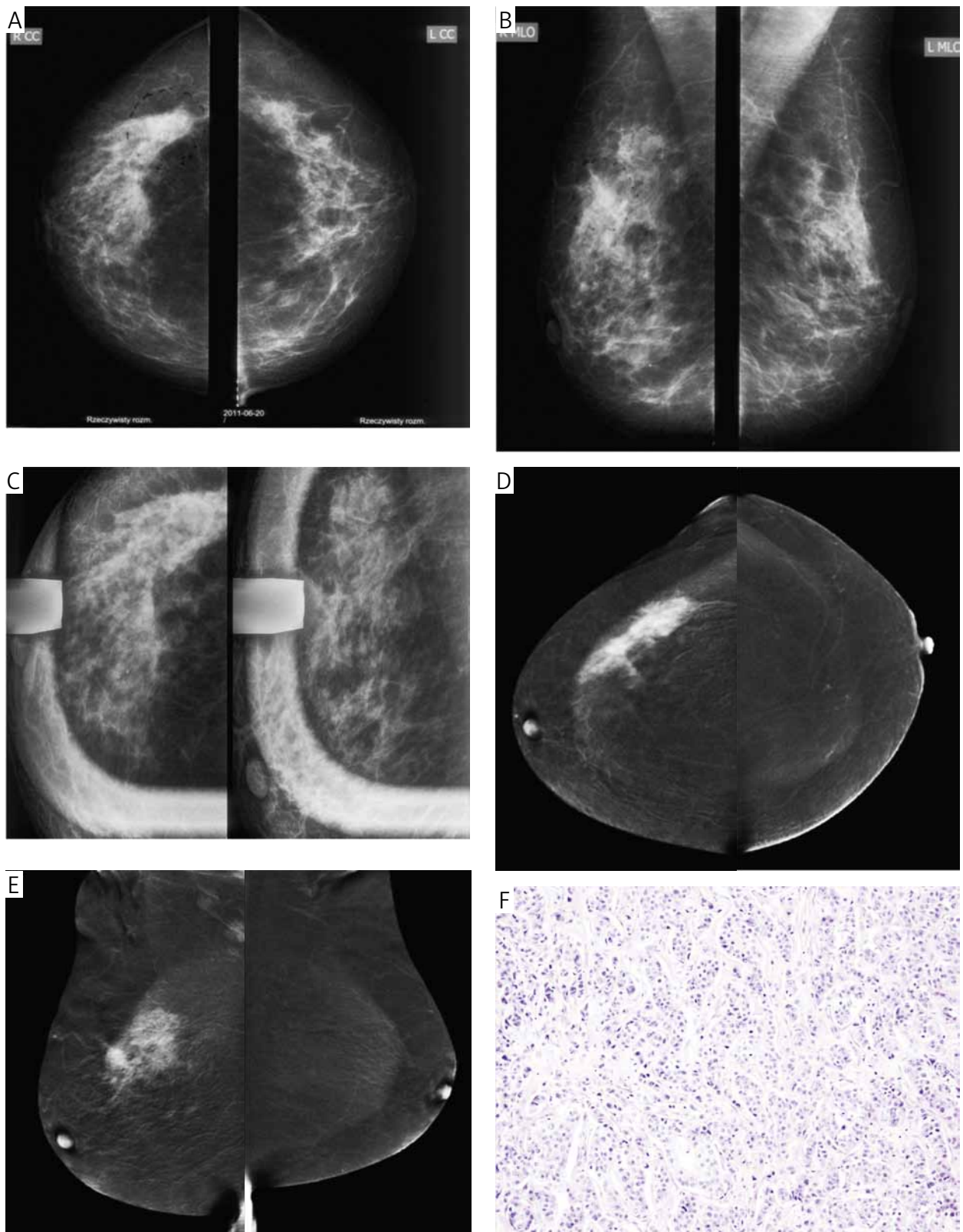
W CESM używa się kontrastów jodowych. U kobiet z chorobami tarczycy, szczególnie u kobiet z nadczynnością tarczycy, badanie nie może być wykonane.

Dużym ograniczeniem CESM jest jej mała dostępność w Polsce. Obecnie w kraju są tylko trzy aparaty mające możliwość wykonania tego badania.

### 2.3. Tomosynteza

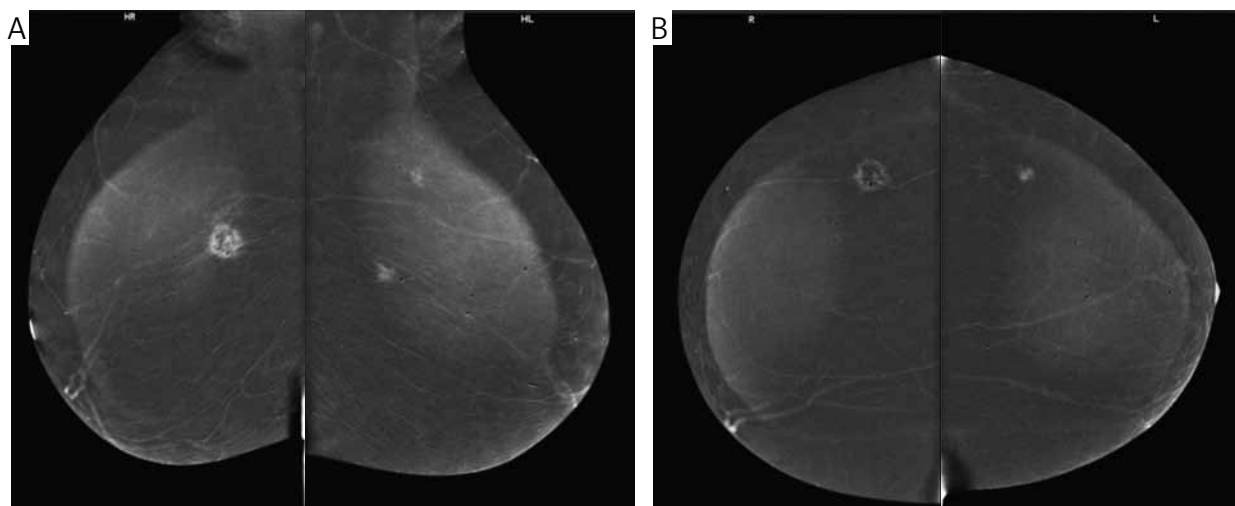
Tomosynteza jest badaniem opartym na badaniu mammograficznym. Wykonuje się ją jak badanie mammograficzne – kobieta znajduje się w pozycji stojącej, stosowany jest ucisk taki sam jak w mammografii. Tomosynteza, czyli trójwymiarowa mammografia, polega na wykonaniu kilkunastu do kilkudziesięciu kolejnych ekspozycji niskiej dawki promieniowania. Obraz uciśniętej (jak w klasycznej mammografii) piersi, uzyskany w zakresie 14–50 stopni po przetworzeniu cyfrowym pozwala na przeanalizowanie tkanek gruczołu piersiowego metodą trójwymiarowej rekonstrukcji. W czasie obrotu lampy wokół nieruchomego stolika, na którym ułożona jest badana pierś, wykonywanych jest kilka do kilkudziesięciu niskodawkowych ekspozycji tego samego obiektu pod różnymi kątami (w zakresie kątowym i ze skokiem charakterystycznym dla każdego producenta). Taki obrót nazywany jest często skanem tomosyntezy. Zebrane dane 2D są za pomocą algorytmów przetwarzane w rekonstrukcję objętościową 3D. Rekonstrukcja umożliwia przeglądanie badanej piersi warstwa po warstwie. Warstwy standardowo grubości 1 mm są ułożone w płaszczyźnie detektora. Skan tomosyntezy można wykonać właściwie w dowolnej projekcji – CC, MLO, ML. Schemat badania tomosyntezy przedstawiono na rycinie 14.

Aplikacja tomosyntezy znacząco zmniejsza nakładanie się tkanek na opisywanym obrazie, po-

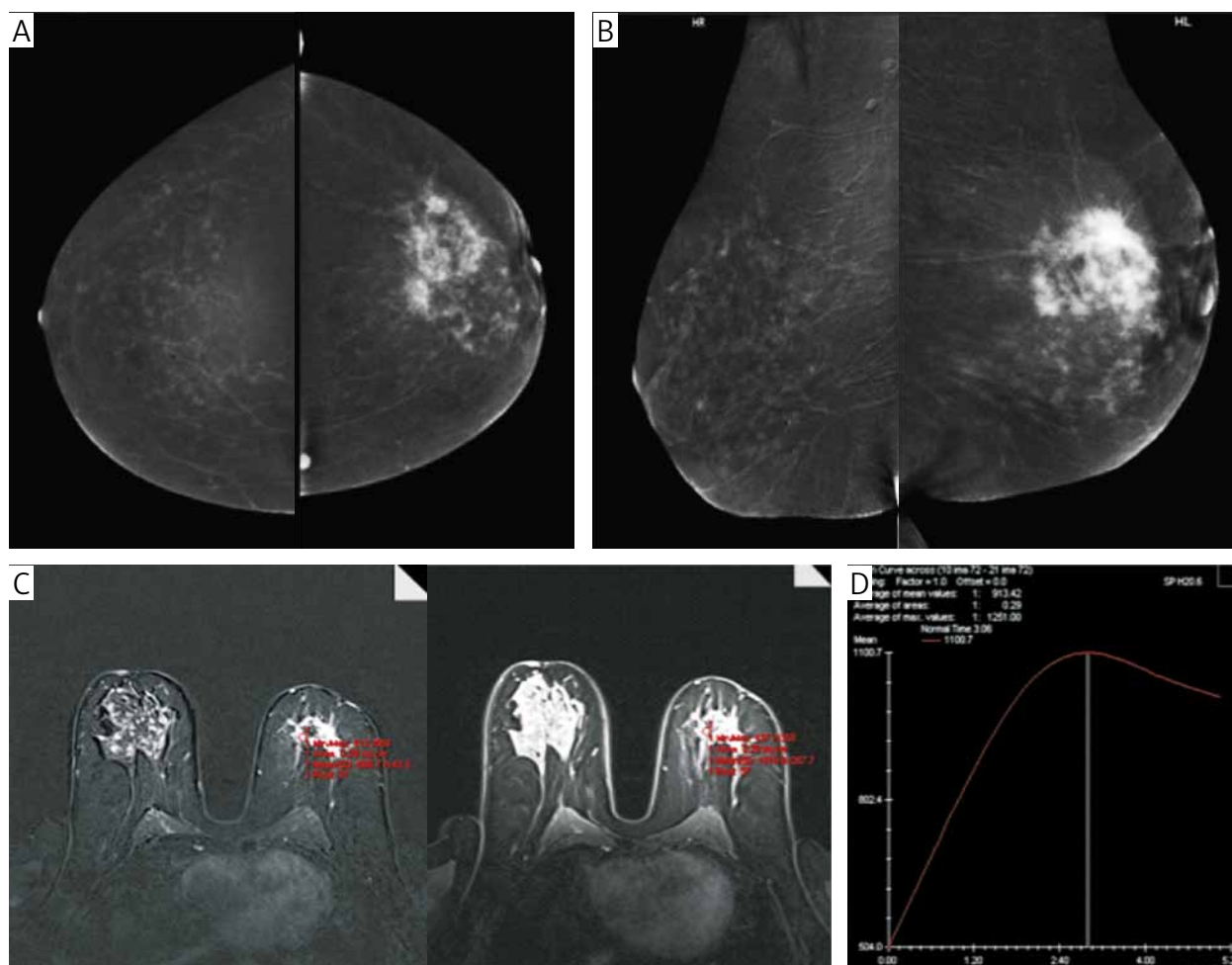


**Rycina 10.** W mammografii klasycznej w badaniu z rejonu w piersi prawej asymetria budowy kwadrantu górnego zewnętrznego, które nie potwierdziło się na zdjęciu celowanym z powiększeniem (A–C). W mammografii spektralnej w piersi prawej w kwadrancie górnym zewnętrznym ognisko wzmocnienia kontrastowego o wymiarach  $70 \times 45$  mm (D, E). W badaniu histopatologicznym: *invasive carcinoma* NST G3, postać wielogniskowa (F; ogniska o średnicy 6,3 cm, 2 cm i 0,9 cm)

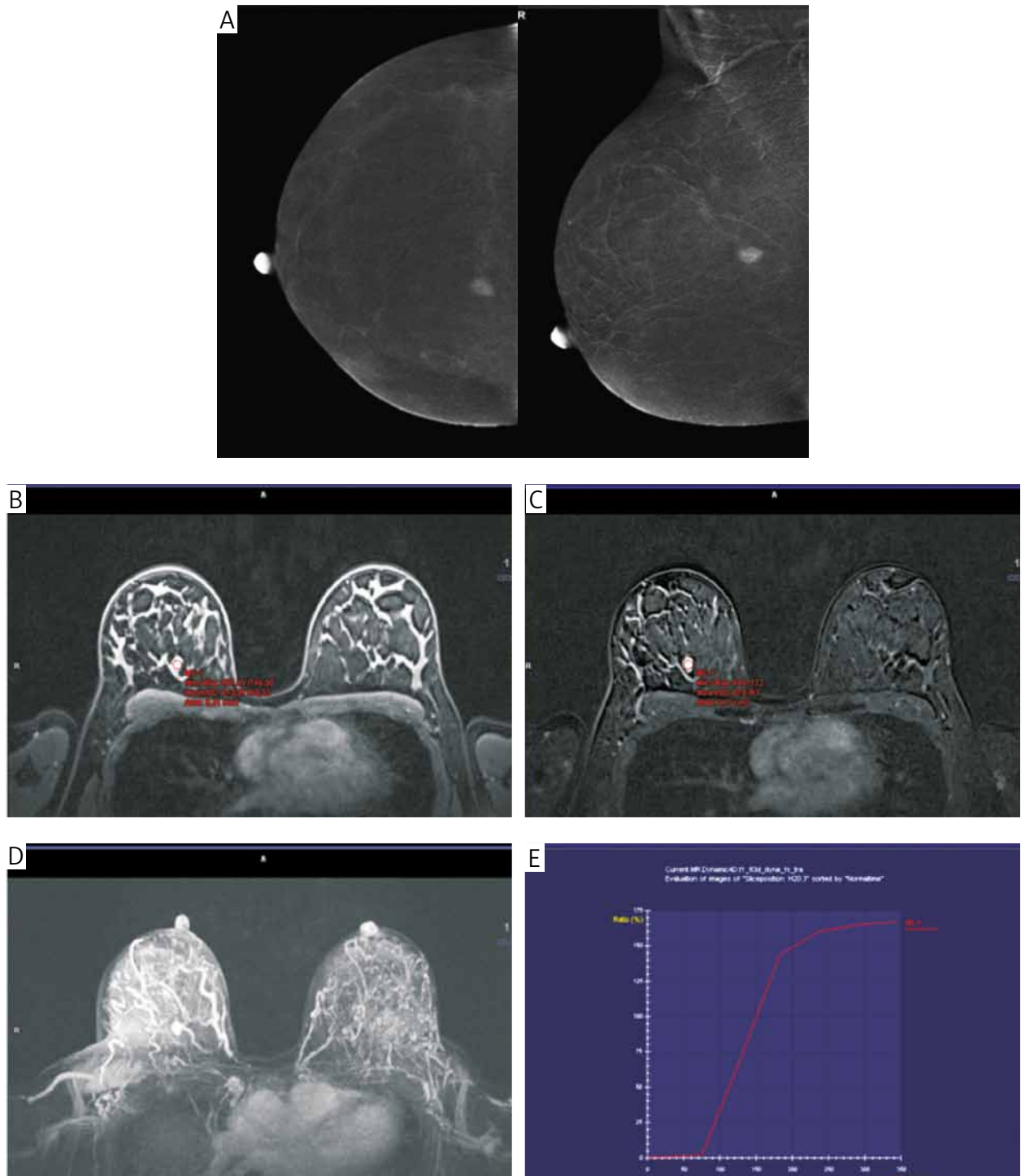




**Rycina 11.** Ocena wielogniskowości w mammografii spektralnej. Chora, lat 72. W piersi prawej w kwadrancie górnym zewnętrznym obrączkowane ognisko wzmocnienia kontrastowego (A). W piersi lewej w rzucie kwadrantów górnych dwa ogniska wzmocnień kontrastowych (B). Zmiany zweryfikowane histopatologicznie. W badaniu histopatologicznym we wszystkich ogniskach stwierdzono *invasive ductal carcinoma G3*



**Rycina 12.** Chora, lat 54. W piersi lewej w CESM w kwadrancie górnym zewnętrznym ognisko wzmocnienia kontrastowego o średnicy 40 mm. Poza tym nie uwidoczniono innych zmian ogniskowych w obu piersiach (A, B). Badanie magnetycznego rezonansu jądrowego – w piersi lewej w kwadrancie górnym zewnętrznym ognisko wzmocnienia kontrastowego o średnicy 40 mm. Poza tym nie uwidoczniono innych zmian ogniskowych w obu piersiach (C, D)



Rycina 13. Chora, lat 48. Badanie mammografii spektralnej (A) – w piersi prawej w kwadrancie górnym wewnętrznym nieco nieostro ograniczone ognisko wzmocnienia kontrastowego o średnicy 15 mm. W badaniu magnetycznego rezonansu jądrowego również widoczne jest dość dobrze ograniczone ognisko wzmocnienia (B–D). W badaniu magnetycznego rezonansu jądrowego jest możliwość wykreślenia krzywej. W tym wypadku krzywa jest *plateau* (E). Biorąc pod uwagę cechy morfologiczne zmiany i krzywą, obraz sugerował zmianę łagodną. W badaniu histopatologicznym: *fibroadenoma*

nieważ nie widać rzutu kilku centymetrów tkanki na detektor obrazu, ale zrekonstruowaną warstwę o grubości 1 mm. W związku z tym badanie wykazuje większą czułość i specyficzność niż zdjęcia 2D, zwłaszcza dla piersi, które zawierają dużą ilość tkanki gruczołowej.

Zaletą tomosyntezy w odróżnieniu od konwencjonalnej mammografii piersi jest to, że umożliwia ona ocenę granic znalezionych zmian i ich dokładną lokalizację przestrzenną, najczęściej bez konieczności weryfikowania uzyskanego obrazu w badaniu USG. Metoda ta ma duże znaczenie w diagnostyce zmian

ogniskowych (guzki, zaburzenia architektyki) w piersiach o gęstej budowie (ryc. 15.–17.) [16].

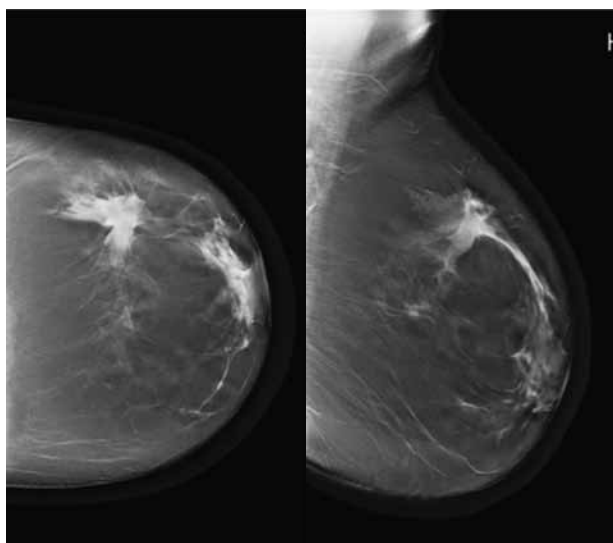
Tomosynteza pokazuje również znacznie lepiej wielkość zmiany. W piersi o budowie gruczołowej zmiana może być przesłonięta przez tkankę gruczołową. W badaniu tomosyntezy nie dochodzi do nakładania się tkanek, w związku z czym zmiana jest lepiej widoczna i można ocenić jej rzeczywisty rozmiar [17].

Tomosynteza jest lepszą metodą w ocenie liczby zmian w piersiach. Dotyczy to również piersi o budowie gruczołowej. W związku z większą rozdzielczością oraz cienkimi warstwami ocenianymi w badaniu tomosyntezy można zobaczyć więcej zmian, które w mammografii konwencjonalnej mogą być przesłonięte przez tkankę gruczołową.

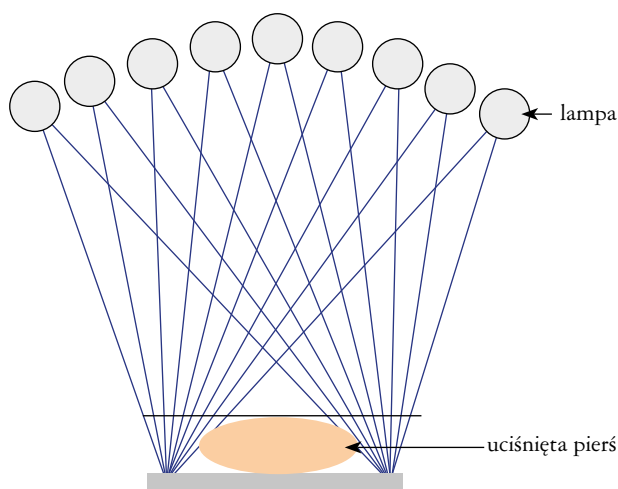
Tomosynteza ma wiele ograniczeń. Niestety, metoda jest mniej skuteczna w ocenie mikrozwapnień. Według danych z literatury tomosynteza ma taką samą czułość w ocenie mikrozwapnień jak mammografia konwencjonalna lub nawet nieco niższą [18].

Kolejnym ograniczeniem tomosyntezy jest dłuższy czas badania w porównaniu z mammografią. Ponieważ wykonywanych jest kilkadziesiąt zdjęć poszczególnych warstw tkanki, pacjentka dłużej ma uciśniętą pierś i musi stać nieruchomo przez dłuższy czas niż w przypadku mammografii.

Innym ograniczeniem badania jest długi czas interpretacji jego wyniku. W związku ze zwiększoną liczbą warstw czas interpretacji badania przez radiologa jest znacznie dłuższy niż w przypadku mammografii. W zależności od grubości piersi radiolog musi obejrzeć 20–70 warstw. Podobnie jak w przypadku CESM, obecnie w Polsce dostęp do tomosyntezy również jest mały. Liczba instalacji jest niewielka i wynosi 3 lub 4. W zamontowanych aparatach w Polsce nie ma możliwości weryfikacji zmian pod kontrolą tomosyntezy.



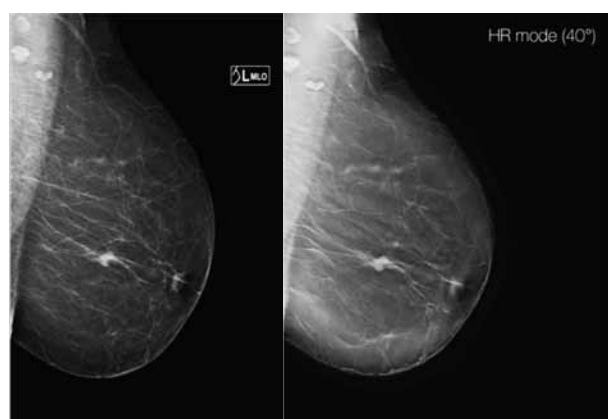
Rycina 15. Tomosynteza. Zaburzenie architektyki w kwadrancie górnym zewnętrznym piersi lewej. Zdjęcie uzyskano dzięki uprzejmości firmy FUJIFILM



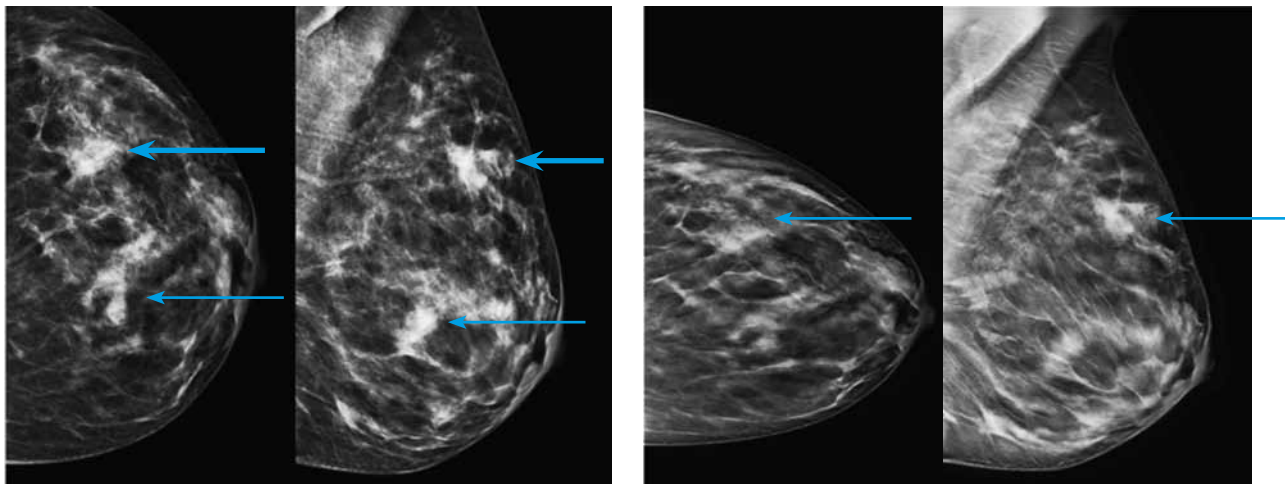
Rycina 14. Lampa wykonuje ruch wokół nieruchomej piersi po łuku i realizowanych jest kilka do kilkudziesięciu niskodawkowych ekspozycji (tzw. projekcji) danej piersi pod różnymi kątami (uzyskuje się kilka do kilkudziesięciu zdjęć 2D). Zebrane dane są poddawane obliczeniom i w ich rezultacie powstaje rekonstrukcja wolumetryczna, tzn. zrekonstruowane warstwy co 1 mm. Jeśli pierś ma 4 cm po uciśnięciu, to radiolog do przejrzania ma 40 warstw, a jeśli pierś po uciśnięciu ma grubość 6,3 cm, to radiolog może obejrzeć 63 warstwy

### 3. Podsumowanie

Podstawową metodą diagnostyki raka piersi jest mammografia. Pozostałe przedstawione metody diagnostyczne są metodami uzupełniającymi w stosunku do mammografii i powinny być wykonywane po badaniu mammograficznym. Każda metoda diagnostyczna ma swoje zalety, ale należy również pamiętać o ich ograniczeniach.



Rycina 16. Mammografia klasyczna i warstwa tomosyntezy. W piersi lewej w projekcji skośnej centralnie zabrodawkowo guzek z wypustkami. Na warstwie tomosyntezy wielkość guza i wypustki są lepiej widoczne niż w mammografii. Zdjęcie po stronie lewej to klasyczna mammografia, a po stronie prawej – warstwa tomosyntezy. Zdjęcia uzyskano dzięki uprzejmości firmy FUJIFILM



Rycina 17. Piersz lewa o budowie mieszanej gruczołowo-tłuszczowej. Zdjęcie CC i skośne piersi lewej – klasyczna mamografia (zdjęcia z lewej). W mamografii klasycznej podejrzenie wielogniskowości. Jedno ognisko w kwadrancie górnym zewnętrznym (szersza strzałka), a drugie ognisko centralnie zabrodawkowo (węższa strzałka). Na zdjęciach tomosyntezy potwierdziło się ognisko tylko w kwadrancie górnym zewnętrznym. Zdjęcia uzyskano dzięki uprzejmości firmy FUJIFILM

## Piśmiennictwo

- Constantini M, Belli P, Lombardi R, et al. Characterization of solid Breast Masses. *J Ultrasound Med* 2006; 25: 649-659.
- Sardanelli F, Podo F. Breast MR imaging in women at high-risk of breast cancer. Is something changing in early breast cancer detection? *Eur Radiol* 2007; 17: 873-887.
- Carney PA, Miglioretti DL, Yank Askas BC, et al. Individual and combined effects of age, breast density, and hormone replacement therapy use on the accuracy of screening mammography. *Ann Intern Med* 2003; 138: 168-175.
- Mahur S, Wurdinger S, Moritz A, et al. Comparison of written reports of mammography, sonography and magnetic resonance mammography for preoperative evaluation of breast lesions, with special emphasis on magnetic resonance mammography. *Breast Cancer Res* 2001; 3: 55-60.
- Buchanan CL, Morris EA, Doru PL, et al. Utility of breast magnetic resonance imaging in patients with occult primary breast cancer. *Ann Surg Oncol* 2005; 12: 1045-1053.
- Argus A, Mahoney MC. Indications for breast MRI: case-based review. *AJR Am J Roentgenol* 2011; 196 (Suppl): WS1-WS14.
- Berg WA, Gutierrez L, NessAiver MS, et al. Diagnostic accuracy of mammography, clinical examination, US, and MR imaging in preoperative assessment of breast cancer. *Radiology* 2004; 233: 830-849.
- Rosen EL, Blackwell KL, Baker JA, et al. Accuracy of MRI in the detection of residual breast cancer after neoadjuvant chemotherapy. *AJR Am J Roentgenol* 2003; 181: 1275-1282.
- Baltzer PA, Benndorf M, Dietzel M, et al. False-positive findings at contrast-enhanced breast MRI: a BI-RADS descriptor study. *AJR Am J Roentgenol* 2010; 194: 1658-1663.
- Müller-Schimpfle M, Ohmenhäuser K, Stoll P, et al. Menstrual cycle and age: influence on parenchymal contrast medium enhancement in MR imaging of the breast. *Radiology* 1997; 203: 145-149.
- Roubidoux M, Bailey J, Wray L, Helvie M. Invasive cancers detected after breast cancer screening yielded a negative result: relationship of mammographic density to tumor prognostic factors. *Radiology* 2004; 230: 42-48.
- Malich A, Fischer DR, Wurdinger S. Potential MRI interpretation model: differentiation of benign from malignant breast masses. *AJR Am J Roentgenol* 2005; 185: 964-970.
- Diekmann F, Marx C, Jong R, et al. Diagnostic accuracy of contrast enhanced digital mammography as an adjunct to mammography. *ECR* 2007.
- Dromain C, Thibault F, Muller S, et al. Dual-energy contrast-enhanced digital mammography: Initial clinical results. *Eur Radiol* 2011; 21: 565-574.
- Badra S, Laurenta N, Régisa C, et al., Dual-energy contrast-enhanced digital mammography in routine clinical practice in 2013. *Diagn Interv Imaging* 2014; 95: 245-258.
- Jochelson MS, Dershaw DD, Sung JS, et al. Bilateral contrast-enhanced dual-energy digital mammography: feasibility and comparison with conventional digital mammography and MR imaging in women with known breast carcinoma. *Radiology* 2013; 10: 743-751.
- Svahn TM, Chakraborty DP, Ikeda D, et al. Breast tomosynthesis and digital mammography: a comparison of diagnostic accuracy. *Br J Radiol* 2012; 85: 1074-1082.
- Teertstra HJ, Loo CE, van den Bosch MA, et al. Breast tomosynthesis in clinical practice: initial results. *Eur Radiol* 2010; 20: 16-24.
- Spangler ML, Zuley ML, Sumkin JH, et al. Detection and classification of calcifications on digital breast tomosynthesis and 2D digital mammography: a comparison. *AJR Am J Roentgenol* 2011; 196: 320-324.
- Kopans D, Gavenonis S, Halpern E, Moore R. Calcifications in the breast and digital breast tomosynthesis. *Breast J* 2011; 17: 638-644.