

# A Study on the Image Change Using Twinkle Artifact Images and Phantom according to Calcification-Inducing Environment in Breast Ultrasonography

Cheol-Min Jeon<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Comprehensive Medical Examination Center, Cmmam Samsung Hospital

<sup>2</sup>Department of Radiological Technology, Gwangju Health University

Received: September 21 2023. Revised: October 20, 2023. Accepted: October 31, 2023.

## ABSTRACT

Breast ultrasonography is difficult to image in fatty breasts and to find micro-calcification, but the discovery of micro-calcification is very important for breast cancer screening. Among the color Doppler artifact of ultrasound, twinkle artifact mainly occur on strong reflectors such as stones or calcification in images, and evaluation methods using them are clinically being used. In this study, we are conducting experiments on the color Doppler settings of ultrasound equipment, such as repetition frequency, ensemble, persist, wall filtering, smoothing, linear density, and dissociation value, by producing a breast simulation phantom using the largest amount of calcium phosphate among breast implants. The purpose of this study was to improve the contrast of twinkle artifact in breast ultrasound examinations and to maximize their use in clinical practice. As a result, the pulse repetition frequency occurred in the range of 3.6 kHz to 7.2 kHz, and did not occur above 10.5 kHz. For ensembles, twinkle artifact occurred in all sizes of calcification under low conditions, and in threshold settings, the twinkle artifact increased slightly only under 80 to 100 conditions, and did not occur in 1 mm size calcification. Persist, wall filter, smoothing, and line density settings did not have much meaning in the setting variable because conditions did not increase by condition, and pulse repetition frequency, ensemble, and thresholds had the greatest impact on the twinkling artifact image. This study is expected to help examiners select optimal conditions to effectively increase twinkle artifact by adjusting color Doppler settings.

Keywords: Breast ultrasound, Calcification, Twinkle artifact

## I. INTRODUCTION

여성에게서 유방암은 세계적으로 가장 높은 발생 빈도를 가지고 있는 암 중 하나이다. 이러한 상황은 여러 요인에 기인하며 일부 원인으로는 생활양식 변화, 여성의 폐경, 연령 증가, 유전적 요인 등이 있다. 특히 40대부터 50대까지의 비교적 젊은 나이에서 발생할 수 있으며 최근에는 발생 연령이 낮아지는 추세를 보여 더욱더 주의가 필요하며 조기 발견과 조기 치료의 중요성이 높아지고 있다<sup>[1]</sup>.

유방암 선별 검사 방법으로는 유방촬영술과 유방초음파 검사가 있다. 젊은 여성에게 있어서 유방

촬영술은 X선 피폭으로 인해 대부분 초음파 검사만을 시행하며 젊을수록 치밀 유방을 가지는 경향이 있어 유방촬영술만으로 유방암 진단이 어렵고 민감도가 떨어지는 제한점으로 인해 유방초음파 검사의 중요성이 커지고 있다<sup>[2]</sup>. 유방초음파 검사는 지방형 유방에 있어서 영상화가 힘들고 미세석회화(Microcalcification)를 발견하는데 어려우나 최근 고해상도 초음파 장비의 기술 발전으로 인해 미세석회화 병변의 관찰이 보다 용이하게 되었고 발견되는 빈도가 높아졌다<sup>[3]</sup>.

선행 연구에 의하면 유방초음파에서 석회화 병변을 발견하는 비율은 약 23%에서 93% 사이로 보

\* Corresponding Author: Cheol-Min Jeon

E-mail: cm10002@naver.com

Tel: +82-62-226-0600

고되고 있다<sup>4,6)</sup>. 유방에서 관찰되는 석회화는 양성 과 악성 형태로 나눌 수 있다. 양성 석회화의 특징으로는 팝콘 형태, 큰 막대 모양, 원형, 테두리, 이형성, 우유형 칼슘, 봉합사 형태 등의 석회화가 있고 악성 형태의 석회화는 무정형, 비균질, 미세 형태의 석회화가 있다<sup>7)</sup>.

이러한 석회화 중 13.6%는 옥살산 칼슘 결정으로 이루어져 있으며 72.7%는 인산칼슘이고, 나머지 13.6%는 두 종류의 칼슘이 혼합되어 있으며 유방의 실질, 피부, 피하지방, 혈관 등의 주변 조직에 침착되어 나타난다<sup>8)</sup>.

미세석회화 조직 검사가 비촉지성 조직생검의 약 50% 정도 이에 해당하며, 이런 경우 약 35%에서 70% 정도의 확률로 암이 발견된다. 미세석회화 100 예를 분석한 연구 결과, 관상피내암 환자 중 약 72%에서 미세석회화가 발견되었으며 12%의 환자에서는 석회화와 종양이 동시에 관찰되었다<sup>9)</sup>. 이처럼 석회화 검출은 유방암 선별 검사로서 큰 의미를 나타낸다.

초음파의 컬러 도플러 허상 중 반짝 허상(Twinkling Artifact)은 영상에서 조직 내에 와류나 움직임이 없어도 파란색(Negative)과 빨간색(Positive)의 컬러가 무작위로 변하는 현상을 말한다. 주로 신장 결석이나 담낭 결석 등과 같이 석회화 같은 강한 반사체에 발생하며 이런 초음파의 컬러 도플러 모드의 반짝 허상을 이용한 평가 방법이 임상적으로 사용 중이다<sup>10)</sup>.

반짝 허상은 실제 영상을 가려 영상 해석을 어렵게 할 수 있으나 석회화 및 결석 진단에 보조적인 정보로 사용되어 석회화를 예상하기 어려운 부위에서 유용하게 활용될 수 있다. 특히 유방 초음파에서 석회화의 크기가 작고 명확하지 않았을 때 반짝 허상의 존재 여부는 의학적인 판단의 중요한 근거로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구는 유방 석회화 중 가장 많이 차지하는 인산칼슘을 이용한 유방 석회화 모의 팬텀을 제작하여 초음파 장비의 컬러 도플러 모드 중 검사자가 설정할 수 있는 다양한 변수에 대해 평가하고자 한다. 이 변수들은 펄스 반복 주파수(PRF; Pulse Repetition Frequency), 앙상블, 퍼시스트, 월 펄터,

평활화, 선밀도, 임계값이다. 이런 변수들을 통해 유방 초음파 검사에서 석회화 발견을 위한 반짝 허상의 대조도가 개선되는 조건을 찾고 이를 최대한 활용하는 방안을 연구하고자 실험을 수행했다.

## II. MATERIAL AND METHODS

### 1. 사용 장비 및 대상

초음파 장비는 알피니언 ECUBE 8(Alpinion Medical System, Korea)의 유방 초음파 검사 장비 선형(Linear Probe, 10 ~ 12 MHz) 탐촉자를 사용하였다.

대상으로는 유방 석회화 모의 팬텀을 제작하기 위해 카파 카라기난과 인산칼슘을 사용하였으며 각 매질의 정확한 무게를 측정하고 용해하기 위해 전자저울 KS-618 (Drectec, China)과 중탕 용기, 정사각형 용기(70 × 70 × 50 mm<sup>3</sup>)를 사용하여 고품화 형태의 팬텀을 제작하였다.

### 2. 유방 석회화 모의 팬텀 제작

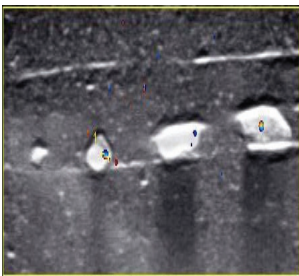
본 연구에서는 인체와 유사한 음향 특성을 갖는 유방 석회화 모의 팬텀 제작을 위해 카파 카라기난 분말을 사용하였다. 카라기난은 홍조류인 진두발(Chondrus), 돌 가사리(Gigartina), 유케마(Eucheuma)와 같은 해조류에서 추출되며, 이를 정제한 후 물에 용해시켜 겔 형태로 형성할 수 있는 화합물이다<sup>11)</sup>. 카라기난은 카파, 아이오타, 람다 세 가지 유형으로 나뉘며 이중 카파-카라기난과 아이오타-카라기난이 두 유형은 칼륨과 만나면 겔 형태로 변하게 되고 람다-카라기난은 칼륨과 반응해 겔을 형성하지 않고 점도만 증가하여 카라 카라기난을 실험재료로 선택하였다<sup>12)</sup>. 이런 카라기난은 겔 상태로 변환할 때 높은 탄력성을 유지하며 투명하게 고품화되는 특성을 갖고 있어 반복적 연구 및 실험에 적합했다. 초음파에 의한 온도 상승 가시화용 생체 모의 매질 연구 논문<sup>13)</sup>에 따르면 카라기난 농도가 5 ~ 10% 범위에서 인체와 유사한 음향 특성을 보였으며<sup>13)</sup> 석회화의 정확한 위치를 반복적으로 측정하기 위해 인체의 유사한 음향 특성을 가진 범위에서 농도가 높아질수록 불투명해지는 카라기난을 사용하지 않고 투명도가 가장 높은 5% 농도의 카라기

난을 선택하여 제작하였다. 팬텀의 높이는 미국 방사선의학회(American College of Radiology) 유방촬영술 인증 체계에서 인정된 표준 모델과 동일하게 높이 4.2 cm으로 제작하였다<sup>[14]</sup>.

카라기난(6 g)과 염화칼슘(0.8 g)을 전자저울에서 측정 후, 미지근한(40°C) 물 196 ml에 카과 카라기난 가루를 뭉치지 않게 천천히 섞어 용해한 후 증탕기를 사용해 80°C까지 약불로 가열하였다. 겔화를 위해 염화칼슘 0.8g을 잘 섞어준 다음 정사각형 용기(70 × 70 × 50 mm<sup>3</sup>)에 2.1 cm 높이로 부어주고, 인산칼슘을 크기별로 배치한 후 그 위로 2.1 cm 추가로 부어주었으며 상온에서 3 ~ 4시간 서서히 냉각시켜 팬텀(70 × 70 × 42 mm<sup>3</sup>)을 제작하였고 Fig. 1과 같다.



(a) Calcium Phosphate by Size



(b) Twinkle Artifact Ultrasound Images



(c) Calcification phantom

Fig. 1. Breast Calcification Phantom.

### 3. 반짝 허상 측정을 위한 조건 설정

실험 장비의 펄스 반복 주파수 범위는 0.3 kHz ~ 13.1 kHz이며 실험 설정값은 0.3 kHz, 3.6 kHz, 7.2 kHz, 10.5 kHz, 13.1 kHz로 설정하였다. 앙상블 범위는 6 ~ 16이며 실험 설정값은 6, 8, 10, 12, 14, 16으로 설정하였고 단위는 없다. 퍼시스트 범위는 0 ~ 10이며 실험 설정값은 0, 2, 4, 6, 8, 10으로 설정하였고 단위는 없다. 월 필터 범위는 0 ~ 7이며 실험

설정값은 0, 1, 3, 5, 7로 설정하였고 단위는 없다. 평활화 범위는 0 ~ 10이며 실험 설정값은 0, 2, 4, 6, 8, 10으로 설정하였고 단위는 없다. 선밀도 범위는 0 ~ 2이며 실험 설정값은 0, 1, 2로 설정하였고 단위는 없다. 임계값 범위는 0 ~ 100이며 실험 설정값은 0, 20, 40, 60, 80, 100으로 설정하였고 단위는 없다. 변수 간의 실험은 각 10회씩 측정하여 평균값을 구하였다.

### 4. 평가 방법

본 실험에서는 유방 모의 팬텀의 석회화 크기에 따라 사용자 장비의 설정 변수 펄스 반복 주파수, 앙상블, 퍼시스트, 월 필터, 평활화, 선밀도, 임계값이 반짝 허상 발생에 미치는 영향을 관찰하였다. 실험 초기 설정은 실험 장비 제조업체의 기본값인 PRF 2.5 kHz, 앙상블 12, 퍼시스트 7, 월필터 3, 평활화 4, 선밀도 1, 임계값 70을 고정 설정값으로 사용하였으며, 각 실험 변수를 최소에서 최대 범위까지 변화하여 그에 따른 반짝 허상의 발생 길이를 측정하였다.

### 5. 통계 분석 방법

통계 자료 분석은 SPSS Ver. 27 (SPSS INC, Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 수집된 결과의 연속 변수들은 평균, 표준편차 등의 기술 통계 분석을 통해 비교하였으며 설정 변수간의 통계 비교는 정규성 검정 완료 후 모수적과 비 모수적 방법을 이용하였으며 실측값이 의미 없는 구간은 결과 제시에서 제외하였다. p-value 0.05 미만인 경우를 통계적 유의 수준으로 정하였다.

## III. RESULT

### 1. PRF 설정에 따른 석회화 크기별 반짝 허상의 길이 변화

1 mm 크기에서는 모든 설정에서 반짝 허상이 발생하지 않았으며 3.6 kHz와 7.2 kHz 외 조건에서도 반짝 허상이 발생하지 않아 통계적으로 구간 배제하였다. 석회화 3 mm, 5 mm, 7 mm, 9 mm 크기 별 조건 간 비교 결과 3.6 kHz와 7.2 kHz에서 유사하

게 반짝 허상이 발생하여 통계적으로 유의하지 않지만 3.6 kHz와 7.2 kHz 구간에서만 1 mm 크기를 제외한 모든 크기에서 반짝 허상이 나타나 이는 결과적으로 유의미하다고 할 수 있고 측정된 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Change in length of twinkle artifact by calcification size according to PRF settings

Calcification Size (mm)	3.6 kHz (n=10, cm)	7.2 kHz (n=10, cm)	P
3	0.11 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.078
5	0.12 ± 0.06	0.14 ± 0.02	0.008
7	0.11 ± 0.01	0.12 ± 0.02	0.035
9	0.16 ± 0.03	0.16 ± 0.02	0.008

## 2. 앙상블 설정에 따른 석회화 크기별 반짝 허상의 길이 변화

1 mm 크기에서는 조건 6과 8에서만 발생했으며 그 외 조건에서는 반짝 허상이 발생하지 않았다. 3 mm 크기에서는 조건간 비교 결과 6, 8, 10은 유사하였으며 12, 14, 16은 감소하는 모습을 보였고 이는 통계적으로 유의하였다.(p<0.001)

5 mm, 7 mm, 9 mm 크기에서는 조건 간 비교 결과 6과 8은 유사하였으며 10, 12, 14, 16은 감소하는 모습을 보였고 이는 통계적으로 유의하였다.(p<0.001)

앙상블 조건 6과 8은 조건 중 가장 반짝 허상이 크게 발생했으며 1 mm 크기에서도 나타나 결과적으로 유의미하다고 할 수 있고 측정된 결과는 Table 2와 같다.

## 3. 퍼시스트 설정에 따른 석회화 크기별 반짝 허상의 길이 변화

1 mm 크기에서는 모든 설정에서 반짝 허상이 발생하지 않아 통계적으로 구간 배제하였다. 3 mm 크기에서는 조건 간 비교 결과 0에서 가장 크게 발생했으며 2, 4, 6, 8, 10은 유사하였고 이는 통계적으로 유의하였다.(p<0.001)

5 mm, 9 mm 크기에서는 조건 간 비교 결과 유사하였고 이는 통계적으로 유의하지 않았다. 7 mm

크기에서는 조건 간 비교 결과 8과 10은 가장 크고 0, 2, 4, 6은 서로 유사하였으며 이는 통계적으로 유의하였다.(p<0.001)

퍼시스트 조건은 3 mm 이상 크기에서 반짝 허상이 발생하긴 했으나 설정 변수별 차이가 불규칙해 결과적으로 유의미하다고 할 수 없고 측정된 결과는 Table 3과 같다.

## 4. 월 필터 설정에 따른 석회화 크기별 반짝 허상의 길이 변화

1 mm 크기에서는 모든 설정에서 반짝 허상이 발생하지 않아 통계적으로 구간 배제하였다. 3 mm, 7 mm 크기에서는 조건 간 비교 결과 7에서 가장 크게 발생했으며 1, 3, 5, 7은 유사하였고 이는 통계적으로 유의하였다.(p<0.001)

5 mm 크기에서는 조건 간 비교 결과 변화가 불규칙하여 이는 통계적으로 유의하지 않았다. 9 mm 크기에서는 조건 간 비교 결과 7이 가장 크게 나타났으며 3이 7보다 작고 5보다 컸으며 5는 0, 1보다 크게 나타나 차이를 보였고 통계적으로 유의하였다.(p<0.001)

월 필터 조건은 3 mm 이상 크기에서 반짝 허상이 발생하긴 했으나 설정 변수별 차이가 불규칙해 결과적으로 유의미하다고 할 수 없고 측정된 결과는 Table 4와 같다.

## 5. 평활화 설정에 따른 석회화 크기별 반짝 허상의 길이 변화

1 mm 크기에서는 모든 설정에서 반짝 허상이 발생하지 않아 통계적으로 구간 배제하였다. 3 mm, 5 mm, 7 mm 크기에서는 조건별로 변화가 유사하거나 미미하여 통계적으로 유의하지 않았다.

9 mm 크기에서는 조건 간 비교 결과 0, 2, 4는 유사하고 가장 작게 발생했으며 6은 8보다 작았고 10이 가장 크게 발생하여 이는 통계적으로 유의하였다.(p<0.001)

평활화 조건은 3 mm 이상 크기에서 반짝 허상이 발생하긴 했으나 설정 변수별 차이가 불규칙하여 결과적으로 유의미하다고 할 수 없고 측정된 결과는 Table 5와 같다.

Table 2. Change in length of twinkle artifact by calcification size according to Ensemble settings

Calcification Size (mm)	6 (n=10, cm)	8 (n=10, cm)	10 (n=10, cm)	12 (n=10, cm)	14 (n=10, cm)	16 (n=10, cm)	P
1	0.04 ± 0.01	0.06 ± 0.01	-	-	-	-	-
3	0.07 ± 0.01*	0.09 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.05 ± 0.01*	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01	<0.001
5	0.13 ± 0.02#	0.12 ± 0.02	0.08 ± 0.01#	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.08 ± 0.01	<0.001
7	0.16 ± 0.02†	0.16 ± 0.04	0.08 ± 0.01†	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.06 ± 0.01	<0.001
9	0.25 ± 0.05§	0.19 ± 0.03	0.11 ± 0.01§	0.10 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.07 ± 0.01	<0.001

Table 3. Change in length of twinkle artifact by calcification size according to Persisit settings

Calcification Size (mm)	0 (n=10, cm)	2 (n=10, cm)	4 (n=10, cm)	6 (n=10, cm)	8 (n=10, cm)	10 (n=10, cm)	P
3	0.09 ± 0.01*	0.07 ± 0.01*	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.01	<0.001
5	0.12 ± 0.01	0.11 ± 0.04	0.12 ± 0.01	0.12 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.12 ± 0.02	0.531
7	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01#	0.11 ± 0.01#	0.10 ± 0.01	<0.001
9	0.11 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.12 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.11 ± 0.01	0.12 ± 0.01	0.133

Table 4. Change in length of twinkle artifact by calcification size according to Wall Filter settings

Calcification Size (mm)	0 (n=10, cm)	1 (n=10, cm)	3 (n=10, cm)	5 (n=10, cm)	7 (n=10, cm)	P
3	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01*	0.67 ± 0.30*	<0.001
5	0.26 ± 0.34	0.34 ± 0.39	0.42 ± 0.41	0.14 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.124
7	0.07 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.07 ± 0.01#	0.09 ± 0.01#	<0.001
9	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01†	0.17 ± 0.01†	0.15 ± 0.01	0.19 ± 0.01	<0.001

Table 5. Change in length of twinkle artifact by calcification size according to Smooth settings

Calcification Size (mm)	0 (n=10, cm)	2 (n=10, cm)	4 (n=10, cm)	6 (n=10, cm)	8 (n=10, cm)	10 (n=10, cm)	P
3	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.710
5	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.04	0.09 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.08 ± 0.02	0.931
7	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.748
9	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.08 ± 0.02*	0.12 ± 0.02	0.14 ± 0.01	0.20 ± 0.01*	<0.001

## 6. 선밀도 설정에 따른 석회화 크기별 반짝 허상의 길이 변화

1 mm 크기에서는 모든 설정에서 반짝 허상이 발생하지 않아 통계적으로 구간 배제하였고 3 mm, 5 mm, 7 mm 크기에서는 조건 간 비교 결과 변화가 유사하거나 미미하여 통계적으로 유의하지 않았다.

9 mm 크기에서는 0, 1은 유사하고 2에서 가장 크게 나타나 차이를 보였고 이는 통계적으로 유의하였다.(p<0.001)

월 필터 조건은 3 mm 이상 크기에서 반짝 허상이 발생하긴 했으나 설정 변수별 차이가 유사하여 결과적으로 유의미하다고 할 수 없고 측정된 결과는 Table 6과 같다.

Table 6. Change in length of twinkle artifact by calcification size according to Line Density settings

Calcification Size (mm)	0 (n=10, cm)	1 (n=10, cm)	2 (n=10, cm)	P
3	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.686
5	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.546
7	0.07 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.379
9	0.11 ± 0.01	0.11 ± 0.01*	0.12 ± 0.01*	<0.001

### 7. 임계값 설정에 따른 석회화 크기별 반짝 허상의 길이 변화

1 mm 크기에서는 모든 설정에서 반짝 허상이 발생하지 않았고 3 mm, 5 mm, 7 mm, 9 mm 크기에서는 80, 100 조건 외 발생하지 않아 통계적으로 구간 배제하였다. 조건 간 비교 결과 80보다 100이 크게 발생하여 이는 통계적으로 유의했다.(p<0.001)

임계값 조건은 3 mm 이상 크기에 조건 80과 100에서만 반짝 허상이 발생하였고 임계값은 낮은 값보다 높은 값에서 반짝 허상이 증가를 보여 결과적으로 유의미하다고 볼 수 있고 측정된 결과는 Table 7과 같다.

Table 7. Change in length of twinkle artifact by calcification size according to Threshold settings

Calcification Size (mm)	80 (n=10, cm)	100 (n=10, cm)	p
3	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.853
5	0.08 ± 0.01	0.11 ± 0.01	<0.001
7	0.04 ± 0.01	0.08 ± 0.01	<0.001
9	0.05 ± 0.01	0.15 ± 0.01	<0.001

## IV. DISCUSSION

유방촬영술이 미세석회화를 발견하고 그 성상을 평가하는데 있어서 현재까지는 가장 정확도가 높은 검사 방법이지만 유방초음파 검사는 초음파 유도 하의 중재적 시술, 즉 코어 생검(Corebiopsy)이나 맘모톰 조직 생검을 위한 수술 전 위치결정 등 많은 부분에서 유방촬영술 유도 하의 시술이 대체되고 있다<sup>[15]</sup>. 유방초음파에서 석회화를 검출하는데

있어서 여러 선행 연구가 있었다.

김정구 외<sup>[16]</sup> 연구에 따르면 유방촬영술에 비해 유방 초음파 검사에서는 미세석회화 관찰이 어려운 상황이 있다. 이를 극복하기 위해 파워 도플러와 음향 공명 현상을 활용하여 미세석회화를 관찰하기 위한 유방 조직 팬텀을 제작하고 실험하였다. 파워 도플러와 외부 진동을 결합하여 사용할 경우 미세석회화 관측이 가능하다는 것을 확인할 수 있었다. 이진수 외<sup>[17]</sup> 연구에서는 유방 초음파 영상을 컴퓨터 보조 진단을 통해 유방 내의 미세석회화를 정확하게 감지하고 이를 통해 유방암을 조기에 발견할 가능성을 연구하였다. 이를 통해 유방 초음파 검사가 유방촬영술을 보완하는 수단이 아닌, 오히려 유방암의 일차적 선별검사법으로 사용될 수 있는지를 알아보았고 컴퓨터 보조 검출 검사는 일차적인 선별 검사 방법으로 적용할 수 있으며 초음파를 이용한 중재적 시술 범위를 확대하고 수술 전 유방 조직의 범위를 파악하며 수술 후 추적 검사를 효과적으로 수행할 수 있는 가능성을 밝혔다. 앞선 연구에서는 외부의 진동과 컴퓨터 보조적 검출로 미세석회화를 발견하였다면 본 연구에서는 도플러 검사 시 장비에서 나타나는 반짝 허상을 이용하여 석회화를 관찰하여 방법적으로 다르게 결과를 도출했다고 볼 수 있다.

양정아의<sup>[18]</sup> 연구 논문에 따르면 초음파 팬텀 중 대조도 타겟을 대상으로 컬러 도플러 설정 변수와 반짝 허상 발생 효과 간의 상호작용을 관찰하였다. 대조도 타겟에 대해서는 반짝 허상 발생이 PRF, 앙상블, 월 필터가 낮을 때, 선밀도와 평활화, 회색조가 높을 때 반짝 허상이 많이 나타났다. 본 연구에서는 유방 석회화 초음파 팬텀을 제작하여 반짝 허상의 길이를 관찰하여 그 목적이 다르다고 볼 수 있다.

본 연구의 실험 결과 PRF의 경우 조건이 3.6 kHz와 7.2 kHz 구간에서 1 mm 크기를 제외한 모든 크기에서 반짝 허상이 발생하였다. 앙상블의 경우 조건이 상승할수록 작게 발생하였으며 가장 낮은 조건인 6과 8에서 모든 크기의 석회화에 반짝 허상이 발생하였다. 퍼시스트의 경우 1 mm의 석회화 크기에서는 발생하지 않았고 3 mm 이상 크기에서는 반

짜 허상이 발생하였으나 조건이 증가하여도 변화는 유사하였다. 월 필터의 경우 1 mm의 석회화 크기에서는 모든 조건에서 발생하지 않았고 조건이 증가할수록 반짝 허상은 증가하였으나 큰 상승은 보이지 않았다. 평활화의 경우 1 mm의 석회화 크기에서는 발생하지 않았고 조건이 증가하여도 반짝 허상은 유사하였다. 선밀도의 경우 1 mm의 석회화 크기에서는 발생하지 않았고 조건이 증가하여도 반짝 허상은 유사하였다. 임계값의 경우 1 mm의 석회화 크기에서는 발생하지 않았고 80에서 100 조건에서만 증가하는 모습을 보였다.

결과적으로 반짝 허상의 영향을 준 변수는 PRF 조건 3.6 kHz ~ 7.2 kHz, 앙상블 조건 6 ~ 8, 임계값 80 ~ 100 구간이 반짝 허상이 잘 발생함을 찾았고 임상에서 이 구간의 설정을 적용시킬 수 있을 것으로 생각된다. 퍼시스트, 월필터, 평활화, 선밀도 조건은 반짝 허상이 발생하긴 했으나 조건별 증가하지는 않아 설정 변수별 큰 의미가 없었다.

본 연구의 제한점으로는 1 mm 이하의 작은 석회화 경우 앙상블 조건 외에는 반짝 허상이 나타나지 않았다. 음향학적 특성이 다른 다양한 대상과 사용자가 제어할 수 있는 컬러 도플러 설정 변수를 동시에 고려하고 도플러 모드 외 B 모드 조건이 반짝 허상에 영향을 주는지 상관성을 고찰하는 연구가 추가로 필요할 것으로 생각된다. 또한 제조사에 따라 컬러 도플러 모드의 설정 변수는 다를 수 있고 동일한 설정 및 팬텀 타겟에 대해 장비 별로 반짝 허상에 미치는 영향과 작은 미세석회화 발견에 관한 추가 연구가 요망된다.

## V. CONCLUSION

유방촬영술에 비하여 유방초음파 검사는 석회화 관찰이 어려울 수가 있다. 이를 극복하기 위해 컬러 도플러에서 발생하는 반짝 허상을 이용하여 석회화를 관측하기 위해 실험을 진행하였으며 그 결과 도플러 설정 변수별 반짝 허상의 차이를 보였고 실시간으로 확인할 수 있었다. 컬러 도플러 영상을 포함하는 초음파 영상은 장비의 특성, 설정 변수, 그리고 검사자의 경험과 숙련도 등에 영향을 받는다. 따라서 이러한 연구는 반짝 허상의 변화를 줄

수 있는 변수들을 검사자가 찾아 사용 장비의 적절한 컬러 도플러 설정 변수 조절로 타겟 내에 발생하는 반짝 허상을 효과적으로 증대시킬 수 있는 최적의 조건을 선택하는 기준 설정에 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

## Reference

- [1] S. H. An, K. C. Park, Y. E. Yoon, M. S. Lee, Y. S. Kim, M. K. Kim, Y. J. Lee, "A Case-Control Study on the Risk Factors of Breast Cancer in Korea", *Journal of Korean Surgical Society*, Vol. 50, No. 1, pp. 26-35, 1996.
- [2] K. G. OH, *Breast Imaging*, Korean Medicine, pp. 469-475, 1996.
- [3] N. H. Park, S. M. Kim, S. Y. Song, "Ultrasound detection rate and characteristic findings of Microcalcifications suspected of being Malignant in Mammography", *Journal of Kwandong Medical University*, Vol. 7, No. 2, pp. 47-52, 2003.
- [4] W. K. Moon, J. G. Im, Y. H. Koh, D. Y. Noh, I. A. Park, "US of Mammographically Detected Clustered Microcalcifications", *Radiology*, Vol. 217, No. 3, pp. 849-854, 2000. <https://doi.org/10.1148/radiology.217.3.r00nv27849>
- [5] M. S. Soo, J. A. Baker, E. L. Rosen, "Sonographic detection and sonographically guided biopsy of breast microcalcifications", *American Journal of Roentgenology*, Vol. 180, No. 4, pp. 941-948, 2003. <https://doi.org/10.2214/ajr.180.4.1800941>
- [6] W. L. Teh, A. R. Wilson, A. J. Evans, H. Burrell, S. E. Pinder, I. O. Ellis, "Ultrasound guided core biopsy of suspicious mammographic calcifications using high frequency and power Doppler ultrasound", *Clinical Radiology*, Vol. 55, No. 5, pp. 390-394, 2000. <https://doi.org/10.1053/crad.2000.0442>
- [7] W. K. Moon, *Breast ultrasound diagnosis*, Ilchokak, pp. 231-236. 2006.
- [8] M. J. Radi, "Calcium oxalate crystals in breast biopsies. An overlooked form of microcalcification associated with benign breast disease", *Archive Pathology Laboratory Medicine*, Vol. 113, No. 12, pp. 1367-1369, 1989.
- [9] P. C. Stomper, J. L. Connolly, J. E. Meyer, J. R.

- Harris, "Clinically occult ductal carcinoma in situ detected with mamography analysis of 100 cases with radiologic-pathology correlation", *Radiology*, Vol. 172, No. 1, pp. 235-241, 1999.  
<https://doi:10.1148/radiology.172.1.2544922>.
- [10] J. R. Dillman, M. Kappil, W. J. Weadock, J. M. Rubin, J. F. Platt, M. A. Dipietro, R. O. Bude, "Sonographic Twinkling Artifact for Renal Calculus Detection: Correlation with CT", *Radiology*, Vol. 259, No. 3, pp. 911-916, 2011.  
<https://doi.org/10.1148/radiol.11102128>
- [11] FAO Agar and Carrageenan Manual,  
<https://www.fao.org/3/AB730E/AB730E03.htm>
- [12] T. Joanne, "Carrageenan", Report by the Cornucopia Institute, 2016.
- [13] J. H. Jung, J. S. Kim, K. L. Ha, M. J. Kim, Y. Cao, "Tissue Mimicking Phantom for Visualization of Temperature Elevation Caused by Ultrasound", *The Journal of the Acoustical Society of Korea*, Vol. 33, No. 5, pp. 291-299, 2014.  
<http://doi.org/10.7776/ASK.2014.33.5.291>
- [14] Mammo 156 Phantom,  
<https://www.cirsinc.com/products/mammography/mammo-156-phantom/>
- [15] W. K. Moon, J. S. Myung, Y. J. Lee, I. A. Park, D. Y. Noh, J. G. Im, "US of ductal carcinoma in situ", *Radiographics*, Vol. 22, No. 2, pp. 269-280, 2000.  
<https://doi.org/10.1148/radiographics.22.2.g02mr16269>
- [16] J. K. Kim, M. J. Ha, "Diagnosis of Micro-Calcified Lesions of Breast Tissue Phantoms Using Acoustic Resonance Coupled with Power Doppler", *The Journal of the Acoustical Society of Korea*, Vol. 27, No. 2, pp. 80-86, 2008.
- [17] J. S. Lee, S. J. Ko, S. S. Kang, H. H. Kim, H. H. Park, S. Y. Choi, C. S. Kim, "Detection Efficiency of Microcalcification using Computer Aided Diagnosis in the Breast Ultrasonography Images", *Journal of the Korean Society of Radiological Technology*, Vol. 35, No. 3, pp. 227-236, 2012.
- [18] J. H. Yang, "Twinkling Artifact in Color Doppler Ultrasonic Imaging", Jeju National University, Doctor of Philosophy, 2014.



# 유방 초음파 검사에서 석회화 유발 환경에 따른 반짝 허상과 팬텀을 활용한 영상 변화에 관한 연구

전철민<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>씨엠맘 삼성병원 검진센터

<sup>2</sup>광주보건대학교 방사선학과

## 요 약

유방 초음파 검사는 지방형 유방에서 영상화가 어렵고 미세 석회화를 찾는 데 어려움이 있지만, 미세 석회화의 발견은 유방암 선별 검사에 매우 중요하다. 초음파의 컬러 도플러 허상 중 반짝 허상은 영상에서 주로 결석이나 석회화 같은 강한 반사체에 발생되며 이를 이용한 평가 방법이 임상적으로 사용 중이다. 본 연구는 유방 석회화 중 가장 많이 차지하는 인산칼슘을 이용한 유방 모의 팬텀을 제작하여 초음파 장비의 컬러 도플러 설정 변수인 펄스 반복 주파수, 앙상블, 퍼시스트, 월 필터, 평활화, 선밀도, 임계값에 대해 실험을 진행했고 이를 통해 유방 초음파 검사에서 반짝 허상의 대조도를 개선하는 조건과 임상에서 이를 최대한 활용하기 위한 방안을 연구하고자 하였다. 그 결과 펄스 반복 주파수가 3.6 kHz ~ 7.2 kHz 범위에서 반짝 허상이 발생하며 10.5 kHz 이상에서는 발생하지 않았다. 앙상블의 경우 낮은 조건에서는 모든 크기의 석회화에 반짝 허상이 발생하였고 임계값 설정에서는 80에서 100 조건에서만 반짝 허상이 조금 증가했으며 1 mm 크기의 석회화에서는 발생하지 않았다. 퍼시스트, 월 필터, 평활화, 선밀도 설정은 반짝 허상이 발생하긴 했으나 조건별로 증가하지는 않아 설정 변수에 큰 의미가 없었으며 반짝 허상에 가장 큰 영향을 미친 것은 펄스 반복 주파수, 앙상블, 임계값으로 나타났다. 본 연구는 검사자가 컬러 도플러 설정을 조절하여 반짝 허상을 효과적으로 증가시키는 최적의 조건을 선택하는 데 도움이 될 것으로 사료된다.

중심단어: 유방 초음파, 석회화, 반짝 허상

## 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	전철민	씨엠맘 삼성병원 검진센터 광주보건대학교 방사선학과	방사선사 겸임 교수