

기관고유연구사업 최종보고서

(과제번호 : NCC1110590-1)

유방촬영기 유도 하 침 위치 결정 시 성능향상을 위한 연구

Study on the performance upgrade of  
mammography-guided wire localization

과제책임자 : 고경란

국립암센터

1. 이 보고서는 국립암센터 기관고유연구사업 최종보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 인용할 때에는 반드시 국립암센터 연구사업 결과임을 밝혀야 합니다.

유방촬영기 유도 하 침 위치 결정 시 성능향상을 위한 연구

국립암센터

# 제 출 문

# 목 차

국립암센터 원장 귀하

이 보고서를 기관고유연구사업 “유방촬영기 유도 하 칩 위치 결정 시 성능 향상을 위한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1. 연구의 최종목표	-----	4
2. 연구의 내용 및 결과	-----	4
3. 연구결과 고찰 및 결론	-----	11
4. 연구성과 및 목표달성도	-----	13
5. 연구결과의 활용계획	-----	14
6. 참고문헌	-----	15
7. 첨부서류	-----	16

2012. 1.

국립암센터

과제책임자 : 고경란

선임연구원 : 김광기

연구원 : 전한용

          "      : 정현철

## < 요약 문 >

연구분야(코드)	B-4		과제번호	NCC1110590-1	
과제명	유방촬영기 유도 하 침 위치 결정시 성능향상을 위한 연구				
연구기간/연구비 (천원)	합계	2011년 1월 1일 ~ 2011년 12월 31일			40,000
	1차년도	2011년 1월 1일 ~ 2011년 12월 31일			40,000
	2차년도	년 월 일 ~ 년 월 일			
	3차년도	년 월 일 ~ 년 월 일			
과제책임자	성명	고경란	소속	영상의학과	
	전화번호	1186	전자우편	kokr@ncc.re.kr	
색인단어	국문	유방촬영술, 침 위치 결정법, 설계 및 제작			
	영문	mammography, wire localization, design and manufacture			
<p><b>◆ 연구목표</b></p> <p>&lt;최종목표&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수술 전 유방촬영 유도 하 침 위치 결정 시 병변의 위치를 정확히 표시하기 위한 장치 개발</li> </ul> <p>&lt;당해년도 목표&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상하 조정이 가능한 유방촬영기의 좌표기 설계 및 제작</li> <li>- 침 위치 결정 시 병변의 깊이에 따라 침의 위치를 결정할 수 있는 spring-loaded wire를 포함하는 gun의 설계 및 제작</li> </ul>					
<p><b>◆ 연구내용 및 방법</b></p> <p>(1) 임상경험연구를 통한 제품 분석을 통한 설계 사양 확정</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 좌표기 및 위치표시를 위한 건(wire localization gun)에 적합한 도구 설계</li> </ul> <p>(2) 위치결정시 사용하는 침(wire)을 장전한 건 설계</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3차원 조직 깊이를 조정하여 위치 지점까지 도달 가능한 도구 개발</li> <li>- 유방 조직에서의 깊이조절이 가능한 스프링의 최적화 개발</li> <li>- 바늘의 스트레스 측정 탄성도 측정 연구</li> </ul> <p>(3) 위치결정시 사용하는 침(wire)의 모양 개선</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- localization wire가 와이어로 되어있어 불편한 점을 개선</li> <li>- 수술에 이용되는 선을 연결하여 공간성 확보 연구</li> </ul> <p>(4) In vitro 성능 평가</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제작된 prototype 제품들의 성능 평가</li> <li>- 문제점 및 개선점 파악</li> <li>- 전임상 실험을 통한 사용 최적화</li> <li>- IRB에 대한 임상시험 조사</li> </ul>					

### ◆ 연구성과

- 정량적 성과

구분	달성치/목표치 <sup>1)</sup>	달성도(%)
SCI 논문 편수	1	-
IF 합	1.0	-
기타 성과	국내 특허 1건	100%

1) 총연구기간내 목표 연구성과로 기 제출한 값

- 정성적 성과

- 관련 지적재산권 확보
- 연구 종료 후 기술이전을 통한 상업화 추진

### ◆ 참여연구원 (최종연도 참여인원)

성명	고경란, 김광기, 전한용, 정현철
----	--------------------

## Project Summary

<b>Title of Project</b>	Study on the performance upgrade of mammography-guided wire localization
<b>Key Words</b>	mammography, wire localization, design and manufacture
<b>Project Leader</b>	Ko Kyoung Lan
<b>Associated Company</b>	Center for Breast Cancer, National Cancer Center
<p>◆ <b>Purpose of Research</b></p> <p>&lt;Final purpose&gt;                  - Development a device which is for marking location of lesion correctly in mammography localization before operation.</p> <p>&lt;Year to date purpose&gt;                  - To design and fabricate a crosshair-guide which could move up and down                  - To design and fabricate a spring-loaded wire including gun which could determine position of needle depending on depth of lesion when localization.</p> <p>◆ <b>Methods and materials</b></p> <p>(1) Confirming design specification with product analysis through clinical experience research.                  - To design a device which is suitable to grosshair guide and wire localization gun.</p> <p>(2) To design a localization wire loaded gun.                  - Development a reachable device to target position with controlling depth of 3D lesion.                  - Optimization a spring which could control depth in breast tissue.                  - A study of measure stress and elasticity of the needle.</p> <p>(3) Improvement needle shape which is used in localization.                  - Improvement incommodity from localization is being with wire.                  - A study of extensity secure by connecting lines which are using in surgery.</p> <p>(4) In vitro evaluation                  - Evaluation of fabricated devices.                  - To figure out drawback and improvement.                  - Optimization through pre-clinical test.                  - To survey clinical test against IRB.</p>	

### 1. 연구의 최종목표

(1) 최종목표 : 유방촬영기의 침 위치 결정시 표시 향상을 위한 연구

- 높낮이 조정 가능한 유방촬영기 조준기의 개선
- 위치결정을 보다 효율적으로 하기 위한 손잡이 개발
- 위치결정을 보다 효율적으로 하기 위한 gun의 개발
- 위치결정에 사용되는 wire의 고정을 위한 needle wire의 hook모양의 개선

(2) 연차별 목표 및 내용

(단위 : 천원)

구분	목표	내용 및 범위	연구비
1차년도 (2011)	- wire의 고정목표 조준 향상을 위한 연구  - 위치결정을 효율적으로 하기 위한 조작부 개선  - 위치결정시 사용되는 wire hook의 고정장치 향상	- 조준기의 상하이동 가능한 설계  - 손잡이 모양의 설계 및 gun 모양의 개발  - 삽입될 needle의 고정을 위한 hook의 모양개선	40,000

### 2. 연구의 내용 및 결과

(1) 조준기 (crosshair guide) 개선

- 새로운 crosshair guide를 조준 정확도의 향상이라는 목표에 맞도록 설계하여 제작 : 상하조절이 가능한 crosshair guide의 설계 및 제작
- 그림자 선명도와 조준 정확도의 2가지 관점에서 기존 기기의 성능과 비교
- 가로와 세로 1개씩의 와이어로 생기는 2개의 그림자의 교차점을 조준하는 기존의 방식과, 2개씩의 와이어로 생기는 그림자 사이에 생성되는 빛줄기의 교차점을 조준하는 방식에 대해서도 검증

○ 조준기 설계 및 제작

- 위치결정 과정에서 조준기에 의해 유방 위에 나타나는 그림자가 두꺼운 이유
  - 1) 유방촬영기의 광원은 점 광원(point light source)
  - 2) 광원으로부터 조준기까지의 거리보다 조준기와 그림자의 상이 맺히는 지점과의 거리가 짧
- 따라서 유방촬영기기에 조준기를 체결하는 부분을 차량용 안테나라든가 접히는 지시봉과 같은 다중 구조로 구성함 (그림 1)
- 그 결과 체결 부분의 길이 변화를 통해 조절기의 높낮이가 조절 가능하게 되어 개선됨
- 압축판(compression paddle)에 의해 눌러진 유방의 두께는 개인차는 있으나, 동양인의 경우 서양인에 비해 더 얇아서 약 20 - 50 mm임
- 일반적인 유방촬영기기의 경우, 조준기 체결부에서 압축판까지의 거리는 450 mm 이므로, 검출기(detector) 위에 놓이는 유방까지의 거리는 400 - 430 mm 정도임
- 기존 조준기의 크기 약 85 mm와 바늘을 찌르기 위한 공간 등을 고려하여, 높낮이 조절장치의 길이는 최소 70 mm에서 최대 220 mm까지 자유롭게 조절이 가능하도록 설계함
- 또한, 와이어를 움직이는 부분은 기존의 볼 스크류(ball screw) 방식에서 조작의 편리성을 위해 슬라이드 방식으로 변경함
- 그 외 조준기 선의 와이어 등의 규격은 기존 것을 따랐으며, 와이어와 체결 부분을 제외하고 플라스틱으로 제작함 (그림 2)

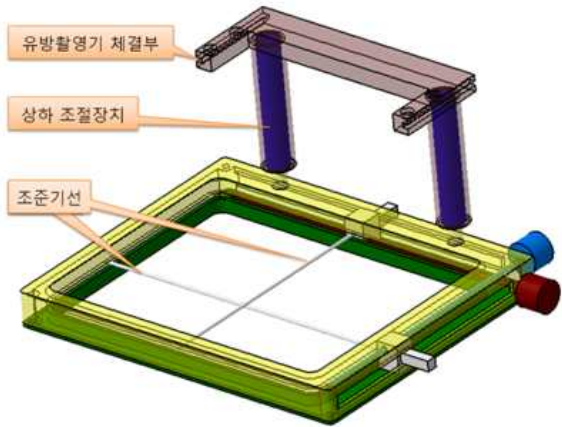
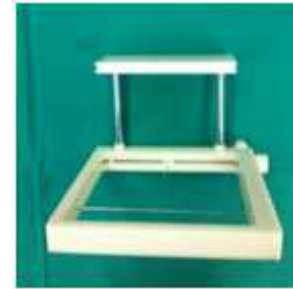


그림 1. 새로운 조준기의 각 부 명칭



(a)



(b)

그림 2. 개선된 조준기 (a) 접힌 상태, (b) 완전히 펼쳐진 상태

○ 그림자 선명도의 개선

- 개선된 조준기로 그림자를 만들어 촬영한 후, modulation transfer function(MTF)을 이용하여 그림자 선명도를 평가함
- 유방촬영기(Senographe DS, GE Healthcare)에 A4 백상지를 설치하고, 삼각대로 고정된 카메라(HDR-CX500, Sony, Japan)를 이용하여 기존 조준기에 의해 생기는 그림자를 촬영함
- 개선한 조준기를 설치하고 높이를 4단계로 조절하여 각 높이에 따라 A4 백상지상에 생긴 그림자를 같은 위치에서 촬영함
- 촬영한 데이터 중에서 기존 조준기에 의해서 생긴 그림자를 대조군으로 하며, 그림자 경계의 또렷한 정도를 영상분석용 소프트웨어(Quick MTF 1.14, Oleg V. Kurtsev // Image J 1.44p, National Institutes of Health, USA)를 이용하여 MTF50 값으로 선명도를 분석함

○ 조준 정확도의 향상

- 개선된 조준기에 의해 향상되는 조준 정확도를 확인하기 위하여 침 위치 결정법을 모사할 수 있는 실험대를 준비함 (그림 3)
- X-ray로 종양을 확인하듯, 가상의 종양이 인쇄된 곳에 가이드를 조준함
- 가상의 종양이 보이지 않도록 그 위를 덮은 후, 그림자만으로 조준함
- 조준기 높이를 4단계로 설정하여 각 단계마다 10회 반복하여 표적에 위치결정용 바늘(TSK Breast Localization Access Needle 20G 75 mm)을 삽입함
- 또한, 각 높이에 따라 생성되는 그림자 띠가 교차하는 부분의 면적을 구하기 위하여, 그림자와 자를 함께 놓고 촬영한 사진을 근거로 소프트웨어(ImageJ)를 이용하여 측정함
- 실험자의 숙련도 향상의 영향과 반복실험으로 인한 피로의 영향을 최소화하기 위하여 성인남성 5명이 교대해가며 랜덤화된 순서로 실험함
- 바늘로 찌른 지점으로부터 목표지점의 중심까지의 직선거리를 오차 값으로 정의하고, 이를 측정하여 기존의 기기를 사용했을 때의 값과 새로운 기기를 사용한 경우의 값을 비교함

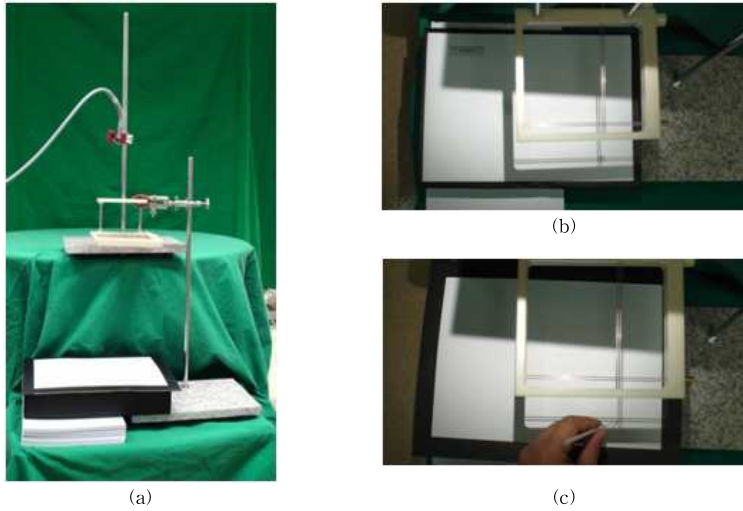


그림 3. (a) 실험대의 구성, (b) 가상의 중앙에 조준, (c) 조준된 위치에 localization

(2) 바늘 삽입력 측정 실험

- 다양한 유방 조직을 대상으로 바늘 삽입력 측정 실험을 실시함 (그림 4)
  - 실험 대상의 유방 조직은 유방 펜텀, 소의 유방 조직, 인체 유방 조직을 선정함
  - 바늘 삽입 속도를 4, 6, 8 mm/s 로 설정하여, 속도 및 조직에 따른 바늘 삽입력을 측정함
  - 국립암센터에서 설계하고 제작한 생검 로봇을 활용함
  - 압축 및 인장력을 측정할 수 있는 로드셀(CDFS-10, Bongshin, Korea)을 이용하여 측정함
  - 측정결과를 바늘 삽입 장치 개발에 활용하고자 함

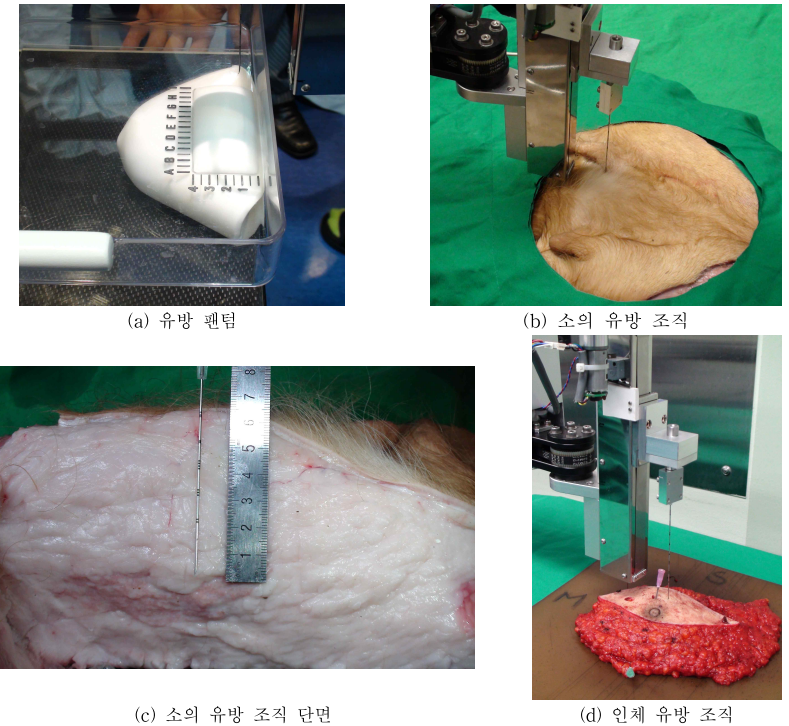


그림 4. 바늘 삽입력 측정 실험

- 바늘 삽입력 비교
  - 속도 및 조직에 따른 최대 바늘 삽입력 비교

표 1. 최대 바늘 삽입력

구분		4 mm/s	6 mm/s	8 mm/s
유방 펜텀	1 N 압축	1.216 N	1.174 N	1.052 N
	압축 안함	1.130 N	1.070 N	1.034 N
소 유방 조직		17.344 N	10.686 N	8.390 N
인체	종양 조직	1.936 N	1.732 N	1.498 N
	정상 조직	2.340 N	2.038 N	1.988 N

- 바늘 삽입 및 제거 시 힘 변화

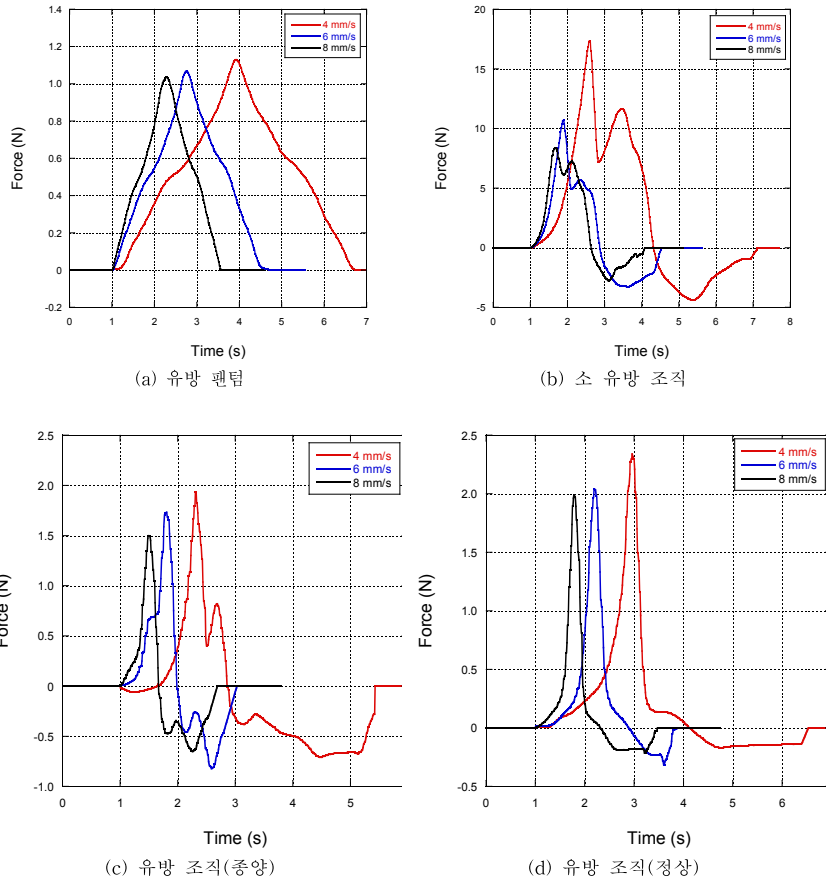


그림 5. 바늘 삽입력 변화 그래프

(3) 바늘 삽입 장치 개발

- 바늘 삽입 장치 설계 (그림 6)
  - 기존의 혹 와이어를 손으로 잡고 위치결정을 하던 방식에서는 바늘이 휘어지거나 조준이 빗나가서 뽑았다가 다시 꽂아야 하는 경우가 발생함
  - 따라서 적절하고 균일한 힘으로 바늘을 삽입함으로써 바늘이 휘어지지 않고 목표지점까지 도달하게 하기 위하여 1축 매니퓰레이터를 응용하여 바늘 삽입장치를 개발함

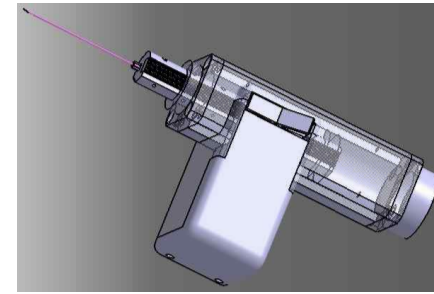


그림 6. 설계 된 바늘 삽입 장치

- 위치 결정을 위한 바늘의 길이는 5, 7.5, 10 cm 의 3종류가 있음
- 시제품의 작동거리가 7.5 cm 에 맞추어 설계하였음
- 몸체에 그림자가 가려 조준하기 어려우므로, 상단에 바늘이 장착된 위치와 맞추어 십자조준선을 장치하여 직접 조준이 가능하도록 설계함
- 위치 결정용 바늘을 하단부에 장착한 후, 측면에 위치한 스위치를 조작하여 삽입깊이만큼 바늘을 위쪽으로 올리면 본체 안으로 들어가서 빠지지 않게 되는 구조임
- 이 상태로 가이드를 이용하여 조준한 후, 다시 스위치를 조작하여 장착된 바늘을 아래로 내려서 바늘을 삽입함
- 바늘이 삽입되는 데에 필요한 최적의 힘을 알아내기 위해 바늘 삽입력 측정 실험을 실시하여, 모터를 선정하였음

○ 바늘 삽입 장치 제작 (그림 7)

- 양 끝의 무부하 부시는 스테인리스 스틸로 제작되었음
- 가이드라인이 있는 캡은 고무, 그 외의 몸체는 무게를 고려하여 플라스틱으로 제작하였음
- 바늘이 장착되는 축에는 바늘이 들어간 깊이를 외부에서 알 수 있도록 눈금을 새겼음








그림 7. 바늘 삽입 장치 시제품

### 3. 연구결과 고찰 및 결론

#### (1) 조준기 개선

- 봉 길이를 늘려 가이드로부터 광원까지의 거리가 길어질수록 생성되는 그림자는 육안으로 관찰하기에 또렷해짐 (표 5)
- MTF 분석결과 pixel 당 cycles(cpp)로 대표되는 선명도는 광원거리가 272 mm에서 430 mm 까지 변화할 때 0.017 cpp 에서 0.032 cpp로 정비례하여 높아지는 결과를 보임 (R2=0.784)

표 2. 봉 길이에 따라 촬영된 그림자

봉 길이	기준 가이드	70 mm	120 mm	170 mm	220 mm
그림자					

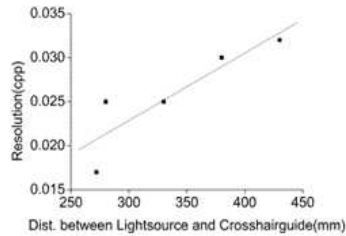
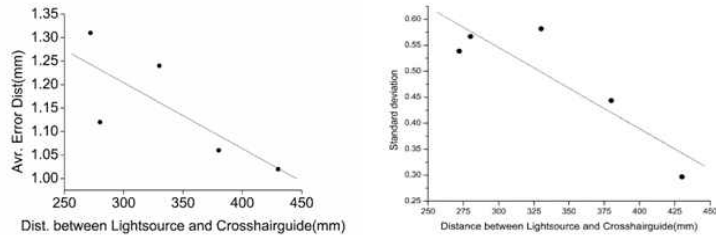


그림 8. Crosshair guide로부터 광원까지의 거리와 그림자의 선명도의 상관관계



(a)

(b)

그림 9. (a) 광원거리에 따른 평균오차, (b) 광원거리에 따른 평균오차의 표준편차

#### (2) 바늘 삽입장치 개발

##### 가. 진료적인 측면

- 유방촬영기 유도 하 침 위치 결정 시 시술자의 경험에 따른 시술 작업 효율성 차이를 줄이면서 향상된 시술을 만족시킬 수 있으며, 시술 작업 시간 및 시술 비용을 크게 절감할 수 있음
- 시술 작업의 자동화 및 정확도 향상에 의한 시술 안정성 향상으로 환자의 편의성과 시술 만족도를 향상할 수 있음

##### 나. 지식 및 기술적 측면

- 침 위치 결정은 유방촬영기를 이용하여 종양의 위치를 확인하여 절제술을 하기 위해 종양의 위치를 표시해 주는 과정임
- 조준기는 X-선 촬영 결과를 육안으로 확인하여 침 위치를 결정 할 수 있도록 그림자로 표시해주는 기구임
- 본 개발된 조준기에 부착된 상하조절장치는 시술자에게 향상된 시술 환경을 제공하여 줌
- 기계에 의한 바늘의 삽입은 시술 과정에의 정확성 및 시술 안정성 향상

##### 다. 당해 기술의 향상

- 방사선 영상장비를 통해 분석한 결과에 의한 종양의 부위를 파악한 후, 종양의 위치를 표시하기 위한 침 정위용 혹 와이어를 기구 메커니즘에 의해 자동으로 삽입하는 장치의 독창적 개발.
- 침 정위에 이용되는 혹 와이어 투입장치를 전기식 동력과 기구 메커니즘을 이용하여 자동화.
- 기구 메커니즘에 의해 종양의 위치를 표시하는 그림자가 또렷해짐.
- 침 위치 결정 시 실험을 통해 얻어낸 적정하고 일정한 힘으로 움직임에 따라 바늘의 휘어짐을 예방하며 무리 없이 삽입이 가능해짐.



#### 4. 연구성과 및 목표달성도

##### (1) 연구성과

###### 가. 국내 및 국제 전문학술지 논문 게재 및 신청

논문명	저자 (저자구분 <sup>1)</sup> )	지널명(IF.)	Year; Vol(No):Page	구분 <sup>2)</sup>	지원과제번호 <sup>3)</sup>
A Design of a new crosshair guide which could move up and down to improve the accuracy on mammography-guided needle localization	정현철 (제1) 김광기 (교신)	대한의학영상 정보학회	게재 신청	국내	1110590

###### 나. 국내 및 국제 학술대회 논문 발표

논문명	저자	학술대회명	지역 <sup>1)</sup>	지원과제번호
Evaluation of improvement of the localization ability of a variable crosshair guide on mammography guided wire localization	정현철 외 6	대한의용생체공학회 추계학술대회	국내	1110590
Experimental Study on Needle Insertion Force for Breast	전한용 외 4	ACCAS2012	국외	1110590

###### 다. 산업재산권

구분 <sup>1)</sup>	특허명	출원인	출원국	출원번호
발명특허	표지 유닛 및 이를 포함하는 유방 엑스선 촬영 장치	국립암센터	대한민국	10-2012-0008325

###### 라. 저 서

저서명	저자	발행기관(발행국, 도시)	쪽수	Chapter 제목, 쪽수 (공저일 경우)

###### 마. 연구성과의 정부정책 기여

보고서명	정부정책	기여내용

##### 바. 기타연구성과

없음

##### (2) 목표달성도

###### 가. 연구목표의 달성도

최종목표	연차별목표	달성내용	달성도(%)		
			연차	최종	
유방촬영 유도 하 침 위치 결정 시 병변의 위치를 정확히 표시하기 위한 장치 개발	1차년도	상하 조정이 가능한 유방촬영기의 좌표기 설계 및 제작 침 위치 결정 시 병변의 깊이에 따라 침의 위치를 결정할 수 있는 spring-loaded wire 를 포함하는 gun의 설계 및 제작	1차 및 2차 시제품까지 설계 및 제작함	100	100
	2차년도		Gun 설계 및 제작 완료		
	3차년도				

###### 나. 평가의 착안점에 따른 목표달성도에 대한 자체평가

평가의 착안점	자 체 평 가
좌표기 성능향상 평가	기존 좌표기보다 약 2배 정도의 성능향상 확인
Gun 제작 및 동작 평가	바늘 삽입 및 제거 동작이 잘 이루어짐

#### 5. 연구결과의 활용계획

##### (1) 연구종료 2년 후 예상 연구성과

구 분	건 수	비 고
학술지 논문 게재	1	Journal of the Korean Physical Society (IF : 0.478)
산업재산권 등록	1	특허명 : 유방촬영기용 바늘삽입장치 특허국 : 대한민국
기 타		

(2) 연구성과의 활용계획

- IRB 및 임상 실험을 통해 개발된 조준기 및 gun을 실제 침 위치 결정 시술 시 사용 예정
- Mammography 장비 업체 등에 기술이전 추진

6. 참고문헌

[1] Ahmedin J, Rebecca S, Elizabeth W, Taylor M, Jiaquan X, Michael J.T, Cancer statistics, 2007, CA Cancer J Clin 2007;57:43-66

[2] de Haes JCJM, de Koning HJ, van Oortmarssen GJ, van Agt HME, de Bruyn AE, van der Maas PJ. The impact of a breast cancer screening programme on quality-adjusted life-years. Int J Cancer 1991; 49:538 - 44.

[3] Moreno M, Wiltgen JE, Bodanese B, Schmitt RL, Gutfilen B and da Fonseca LM, Radioguided breast surgery for occult lesion localization - correlation between two methods, J Exp Clin Cancer Res. 2008 Aug 15;27:29.

[4] 조나리아, 차주희, 문우경, 디지털 유방촬영술, 대한영상의학회지 2005;52:225-31

[5] 박혜린, 남석진, 한부경, 최연현, 양정현, 비촉지성 조기 유방암의 진단에 있어서 침정위 생검법의 역할, 한국유방암학회지 2000;1:42-50

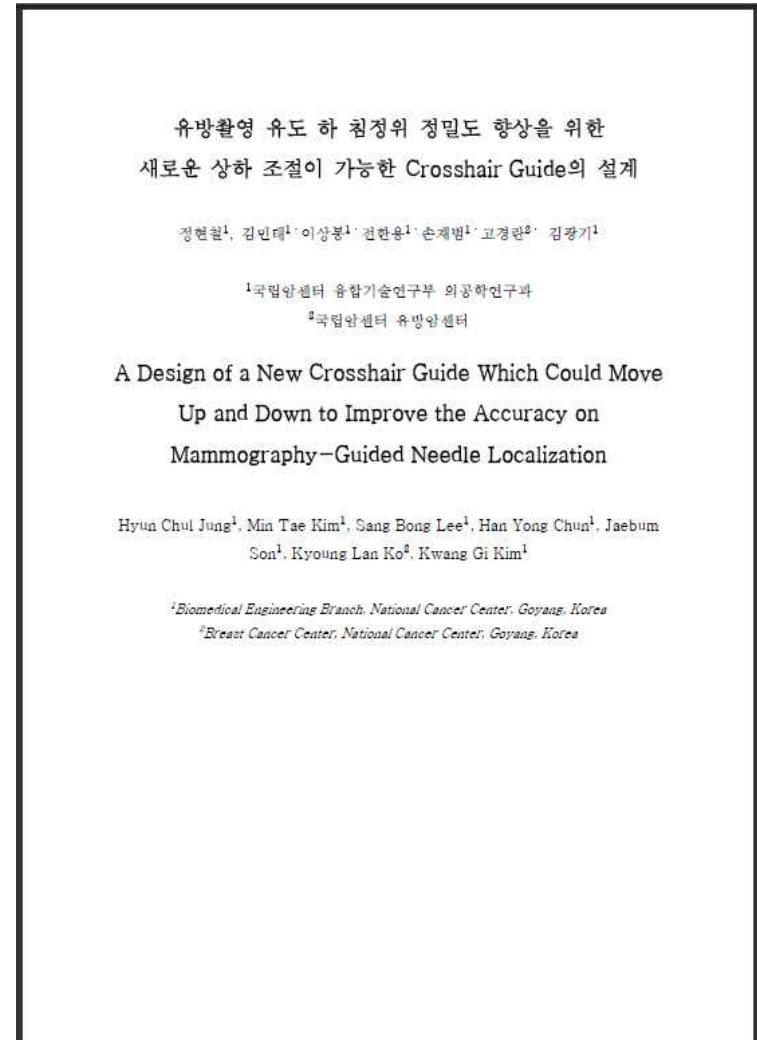
[6] Alicioğ lu B. and Yücesoy C., A simple method to decrease surgical trauma in wire localization procedures, Diagn Interv Radiol 2008; 14(3):131-2

[7] Mark A. H, Heang-Ping C, Drit D.A, Pamela G.B, Breast Thickness in Routine Mammograms: Effect on Image Quality and Radiation Dose, AJR 1994;163:1371-4

[8] 권대철, 이은미, 홍성만, 박범, 유방촬영술에서 압력과 두께에 대한 연구, 대한산업공학회 추계학술대회 2002;606-12

[9] 김승형, 김미혜, 오기근. 유방촬영술상 연령에 따른 한국여성의 유방밀도 분석과 서양 여성과의 비교, 대한방사선의학회지 2000;42:1009-14

7. 첨부서류





## Evaluation of Improvement of the Localization Ability of a Variable Crosshair Guide on Mammography-Guided Wire Localization

H.C. Jung<sup>1</sup>, M.T. Kim<sup>1</sup>, S.B. Lee<sup>1</sup>, H.Y. Jeon<sup>1</sup>, J. Son<sup>1</sup>, K.R. Ko<sup>1</sup>, K.G. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Biomedical Engineering Branch, Division of Convergence Technology, National Cancer Center  
<sup>2</sup> Breast Cancer Center, National Cancer Center

### Introduction

#### 1. Problem Statement

- Although it is increasing detection for breast cancer thanks to great advancement of image transfer in short real time from detector to monitor, but the needed or improvements of mammography guided wire localization is stand still.
- For breast conserving surgery, it is basic requirement to minimize region by marking accurate location of lesion and this leads not only minimal damage to beauty but also high accuracy.
- There are some cases that look wire misses target lesion. We regard that error increasing is because of thick shade which is affected by the distance between crosshair guide and shade.

#### 2. Research Objective

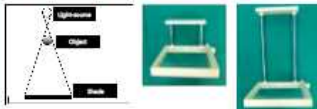
In this study, we try to mark more accurate location of lesion through re-design crosshair guide which is using needle localization on mammography, and quantitatively verified whether enhanced or declined on both shade resolution and aim accuracy through experiments.

### Material & Method

- After re-design crosshair guide in order to fit to purpose, we compared these 2-way, resolution and accuracy with original guide, and examined whether there is merit or not with cross point of ray-line by added wire by two.

#### 1. Design Variable Crosshair Guide

- The reason what comes from that the distance is long between crosshair guide and shade than between light source and crosshair guide is because shade by crosshair guide is thick in localization procedure.
- Therefore we re-designed it to be able to control height of the crosshair guide in order to solve the problem.



- Although there are some differences in respectively, in case of animal, the thickness of breast which is passed by compression paddle is about 20mm to 50mm.
- In ordinary mammography, the distance from the location which is equipped crosshair guide to paddle is about 450mm, this maximum distance between crosshair guide and breast on detector seems to be about 390mm to 420mm.
- With considering size of original guide, room for inserting localization needle and etc, we designed height control shaft is controllable in 70-220mm distance range.

#### 2. Experiment for Shade Resolution

- After make shade and have picture with re-designed crosshair guide on mammography(Senographe DS, GE Healthcare), we measured shade resolution with software for image analysis(Quick MTF 1.14, Clog V, Kurvare).
- We compared their rate of improvement which are measured data from taken shade photograph with original guide, and with re-designed guide with 4 steps of height on same location.

#### 3. Experiment for Aiming Accuracy

- In order to identify accuracy of needle aiming which is enhanced by re-designed crosshair guide, we prepared experimental apparatus which can reconstruct needle localization.

- The reconstruct follows next steps.

- 1) Set height of the height control shaft of crosshair guide.
  - 2) In order to be similar to detection procedure with X-ray, aim the crosshair guide to the location on paper whose imaginary tumor printed.
  - 3) After cover up to be not seen with acetate paper, aim with shade of crosshair guide only and piece through with localization needle(TSK Breast Localization Access Needle 20G 75mm).
  - 4) Scan the tumor printed paper, and measure the distance between center of printed tumor and center of hole which is penetrated by needle with ImageJ(1.44p, National Institutes of Health, USA).
  - 5) Repeat step 1 to 4 10 times per height.
- We compared their rate of improvement of the results with original guide, and with re-designed guide with 4 steps of height.
  - In order to minimize effect which is from experimenter is being skilled and fatigued, the experiment proceeded by 5 experimenters who rotated randomly.

#### 4. Experiment for Guiding with Ray-line

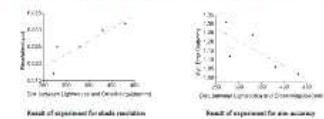
- We examined effectiveness of aiming with ray-lines, come from gap of two wires as experiment 2 and 3, too.
- Gap of wire was set by 2mm.

### Result

- Pictures of shade by crosshair guide

Original	70mm	120mm	170mm	220mm

- Depend on the height of crosshair guide is lower, the distance to light-source being long and shade was sharper to observe with bare-eye.
- The result of MTF(Module transfer function) analyze shows PPC value proportional to the distance between light-source and crosshair guide.
- Error of aiming accuracy shows a falling tendency as aim wire reduces.



### Discussion & Conclusion

- In this study, we analyzed the functional limit of original crosshair guide, suggested a re-design in order to get over it, and verified improved performance.
- As experiment result, the shade, cast by re-designed crosshair guide is more easy to notify by operator, and rises aiming accuracy to target. So we can say that it is being possible precise guiding in needle localization on mammography.
- We could reduce error chance in localization by provide better environment to operator through this enhancement. We will try to figure out elements which are affect to accuracy by following study, and optimize it.

### Acknowledgements

- Supported by Korean National Cancer Center under Grant NCC1110590-1

For Further Questions Please Contact to K.Wang-Gil Kim, kwanggil@ncc.or.kr

## Experimental Study on Needle Insertion Force for Breast

H.Y. Chum<sup>1</sup>, M.T. Kim<sup>1</sup>, H.C. Jung<sup>1</sup>, K. Ko<sup>2</sup> and K.G. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Biomedical Engineering Branch, National Cancer Center, Republic of Korea  
<sup>2</sup> Center of Breast Cancer, National Cancer Center, Republic of Korea

**Abstract**— This paper experimentally deals with the measurement of the needle insertion force for breast. The experimental subjects were breast phantom, cow's breast tissue, and human breast tissue. The needle insertion and force measurement device was used prototype biopsy robot that it was developed by National Cancer Center in Korea. The needle insertion force was measured and compared with various subjects and needle insertion speeds. As a result, the relationship between the needle insertion force and the needle insertion speed for various subjects was identified.

**Keywords**— Needle Insertion Force, Human Breast Tissue, Mammography, Biopsy Robot

### 1. INTRODUCTION

Cancer statistics in the United States in 2010 reported that the estimated breast cancer cases were 207,090 of all sites cancer 739,940 for female [1]. And the annual cancer incidence rates 1975 to 2006 the prevalence of breast cancer was increasing year by year [1]. Therefore the diagnosis and cure of breast cancer becomes more important.

Breast cancer is diagnosed by computed tomography, ultrasonography or mammography. After diagnosis, the needle is inserted on breast to indicate the exact location of the tumor. But because Korean women's breast tissue is dense tissue, when inserting the needle by hand, the exact location of the tumor was failed by the needle bending. Therefore, the development of the needle insertion devices that the needle can be inserted without bending is needed. In previous studies, the needle insertion modeling and simulation studied for other organs [2], [3].

In this paper, the needle insertion force was measured for breast phantom, cow's breast tissue, and human breast tissue to develop the needle insertion devices. The needle insertion force was measured various the needle insertion speeds, and the results were analyzed.

### II. MATERIALS AND METHODS

The slave arm prototype of the biopsy robotic system, and needle insertion device attached to the distal end of the slave arm for controlling the vertical movement of the needle. The rotational direction and angle of each joint as

well as the vertical travel distance of the needle were regulated by a separate master control device. The bidirectional real-time transfer of commands and data between the master and slave ends was established using RS-232 serial communication. A force sensor (CDF8-10; Bongshin Co. Ltd., Gyeonggi-do, Korea) was attached to the top end of the needle in the insertion device to measure the axial reaction force while the needle penetrated various subjects, as shown in Fig. 1(a). The measured values by force sensor were saved computer as text files by digital indicator (BS-205; Bongshin Co. Ltd.). This entire workflow is depicted in Fig. 1(b).

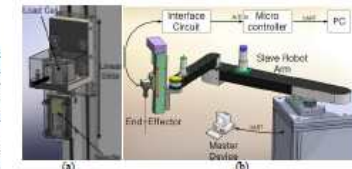


Fig. 1 Experimental apparatus for the needle insertion force measurement: (a) detail view, (b) schematic view

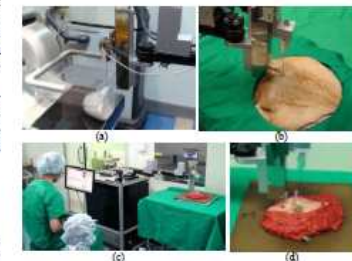


Fig. 2 Experimental subjects: (a) breast phantom, (b) cow's breast tissue, (c) experimental photograph, (d) human breast tissue

## 출원 번호 통지서

출원 일자 2012.01.27  
특 기 사 항 심사청구(무) 공개신청(무) 참조번호(1008)  
출원 번호 10-2012-0008925 (접수번호 1-1-2012-0069424-02)  
출원인 명칭 크립알센터(1-2000-036786-6)  
대리인 성명 양문옥(9-2002-000146-3)  
발명자 성명 고정란 김광기 정한웅 정현철  
발명의 명칭 표지 수단 및 이를 포함하는 유망 의스건 활용 장치

## 특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.  
\* 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.  
\* 특허포(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 국내출원 건을 외국에도 출원하고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정 받을 수 있습니다.  
\* 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12월, 상표·디자인은 6월 이내  
\* 미국특허상표청의 선출원용 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선권부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/98/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관명법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.  
\* 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.