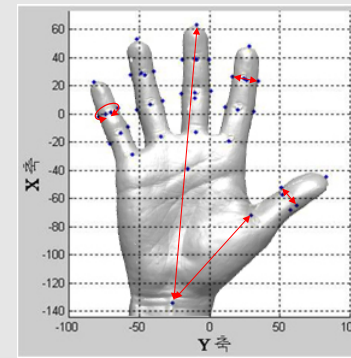
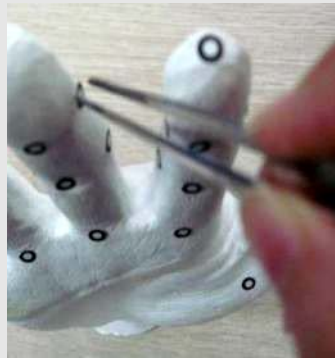


# 손 치수 측정을 위한 3차원 반자동 측정 방법(3D-SAMP) 개발



윤성혜 <sup>a</sup>, 유희천 <sup>b</sup>

LG전자 MC사업부<sup>a</sup>,  
포항공과대학교 산업경영공학과 인간공학 설계연구실 <sup>b</sup>

2010 대한산업공학회 추계학술대회

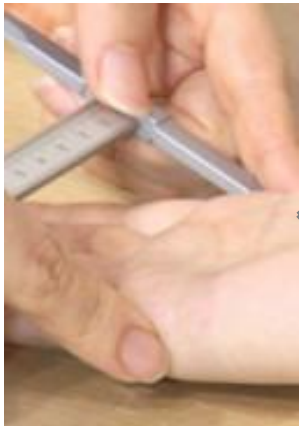
# 목차

- 연구 배경 및 목적
- 3차원 반자동 측정법(3D-SAMP)
- 평가 실험: 직접 측정법 vs. 3D-SAMP
- 평가 결과
- 토의 및 추후연구

# 손 치수 측정의 필요성

## 적용 사례

## 적용 이점



손 치수 측정자료

Hand-operated devices

Wearable products

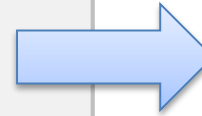
인체 공학적 mouse 형태 설계



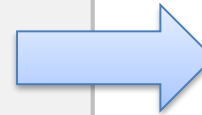
- 조종간 손잡이 형태 설계
- 버튼 위치 및 방향 설계



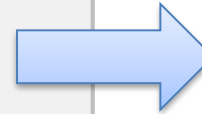
장갑 pattern 설계



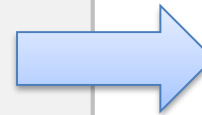
Comfortable grasp



Ease of control

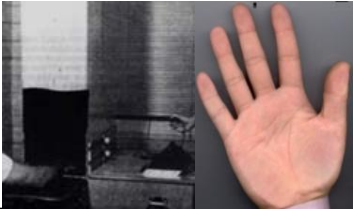


Motion economy



Better grip fit

# 손 치수 측정법의 장단점

측정법	측정 오차		반복성	측정 가능 항목	경제성	측정 시간	측정 용이성	사후 측정 용이성
	피부 눌림 오차	장비 사용 오차						
직접측정법 	☹️	☹️	😊	😊 (Length, Width, Thickness, Circumference)	😊	☹️	😊	☹️
Photogrammetry 	☹️	😊	😊	☹️ (L, W, <del>X</del> , <del>X</del> )	😊	😊	😊	😊
3D scanning 기반 측정법 	☹️	😊	😊	😊 (L, W, T, C, Area, Volume, Shape)	☹️	😊	😊	😊

# 3D-SAMP 개발 필요성

## 기존 연구의 한계점

3D scan hand data의  
오차 및 낮은 품질

손 지지대에 의한 피부 눌림/  
손 떨림 현상 발생



## 연구 필요성

손 떨림 현상, 피부 변형을 방지하여  
3D scan data의 품질 개선

측정 시간효율성/  
측정자 만족도 측면의  
평가 미흡

반복성/측정치 차이 측면만 평가

반복성, 측정치 차이뿐 아니라  
효율성, 만족도 측면도 평가 필요

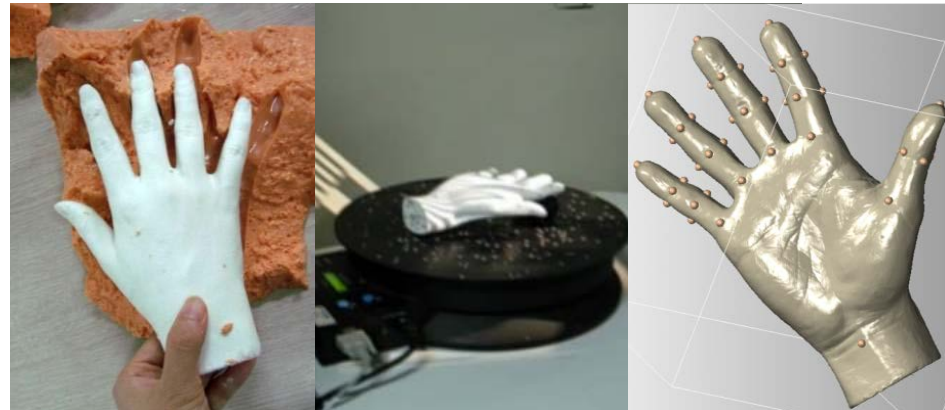
# 연구 목적

## □ 향상된 3D scanning 기반 측정법 개발

- 3차원 반자동 측정법(3D-SAMP)
- 3D scanning을 통해 손 석고본을 digital image로 변환 후 손 치수 측정  
⇒ 측정 반복성(reliability), 측정 효율성, 사용성 향상

## □ 3D-SAMP를 직접 측정법과 비교

- 측정치 차이
- 측정자 내, 측정자 간 반복성
- 측정 소요 시간
- 주관적 만족도(측정 용이성)



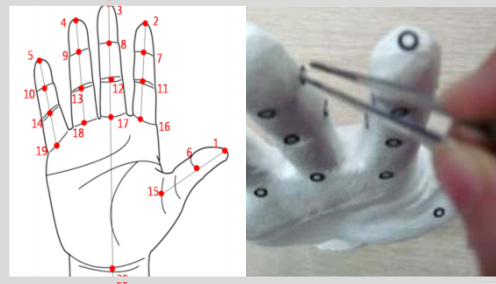


# 3D-SAMP Process

S1. 손 석고본 제작



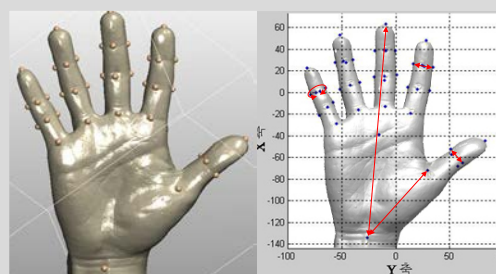
S2. 참조점 표시



S3. 참조점 좌표 추출



S4. 손 치수 추출



# 3D-SAMP

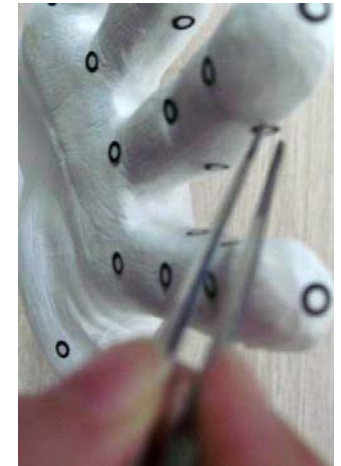
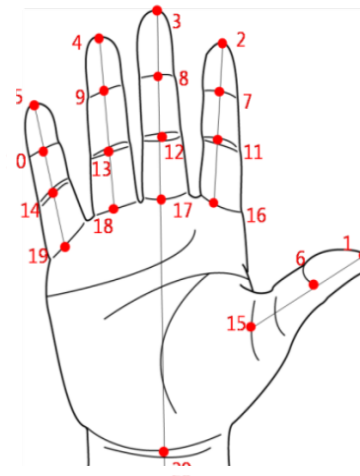
## S1. 손 석고본 제작

- 손 측정 대상자의 손 형상을 석고로 제작(약 10분 소요) : '손 떨림/지지대에 의한 피부 눌림' 현상 제거



## S2. 참조점 표시

- 측정자가 손 석고본의 측정 참조점 위치에 sticker 형 marker 부착





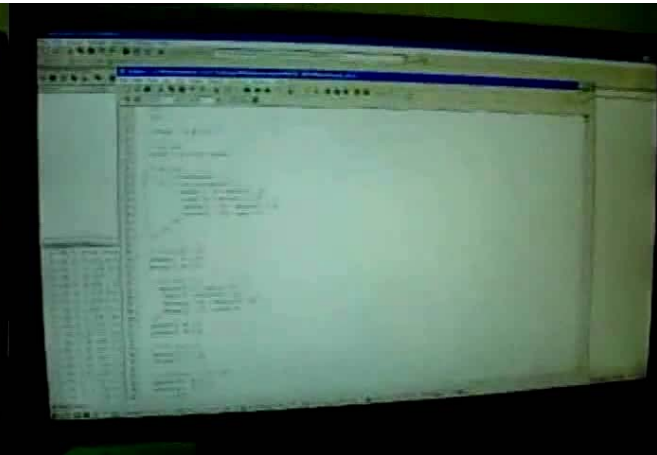
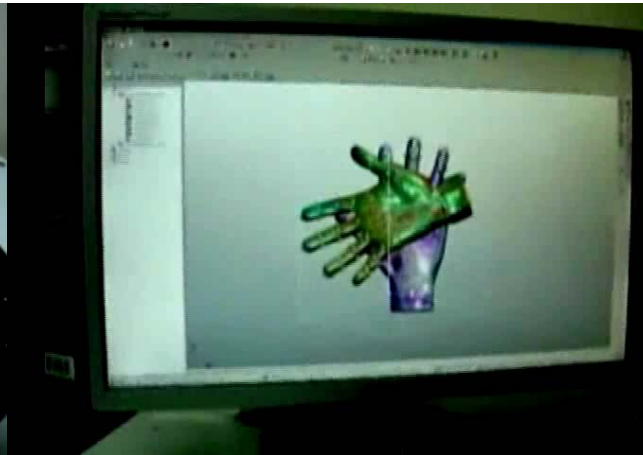
# 3D-SAMP (계속)

## S3. 참조점 좌표 추출

- ❑ 3D scanning system (Rexcan 560 & ezScan)를 이용하여 참조점 좌표 자동 추출

## S4. 손 치수 추출

- ❑ MATLAB을 이용하여 좌표 자동 인식(identification) 후, 좌표 간의 거리 자동 추출



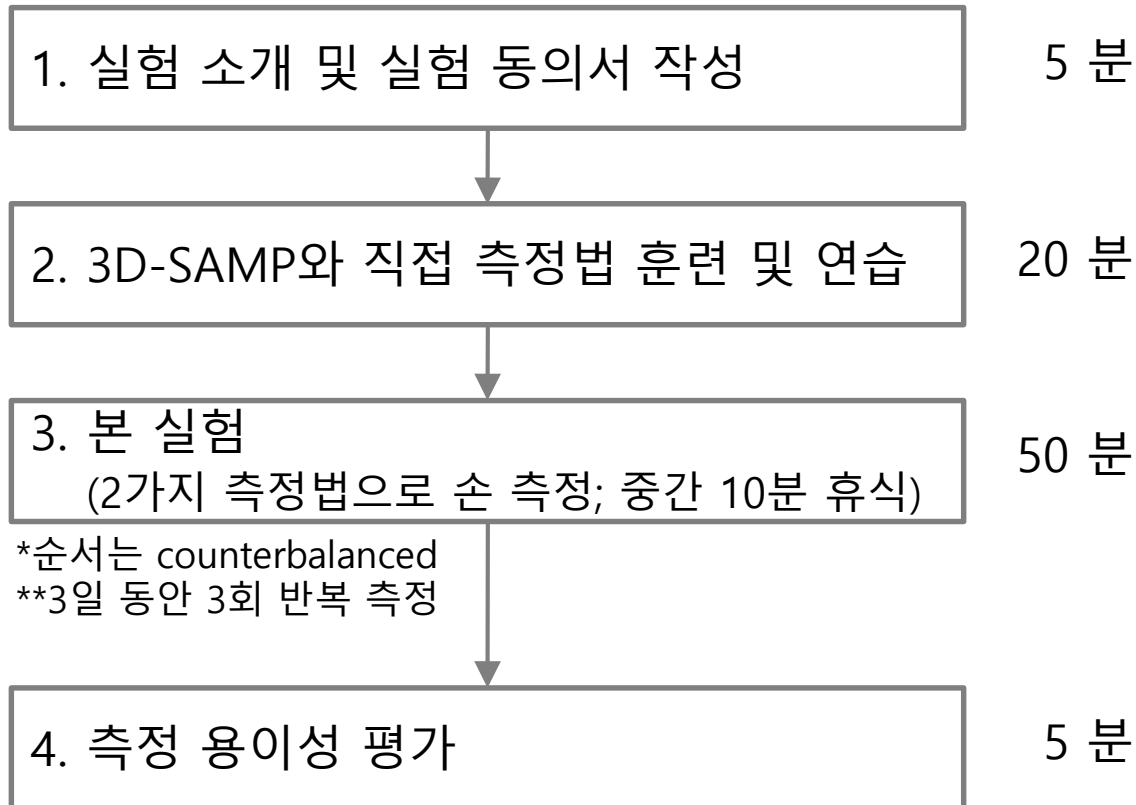
Marker가 부착된 손 scan

손 형상과 참조점 추출

자동 좌표인식 및  
치수 도출

# 3D-SAMP 비교 평가 실험

- 손 측정자: 20명(남: 12명, 여: 8명), 평균  $26 \pm 2.2$  세, 손 측정 경험 전무
- 측정 대상 손: 1명 (20대 남성)
- 실험 순서

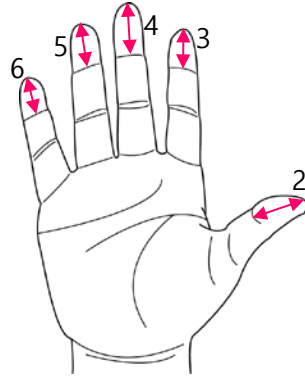


# 3D-SAMP 비교 평가 실험(계속)

□ 수행 작업: 측정 대상자의 오른손 52개 부위를 두 측정법으로 측정

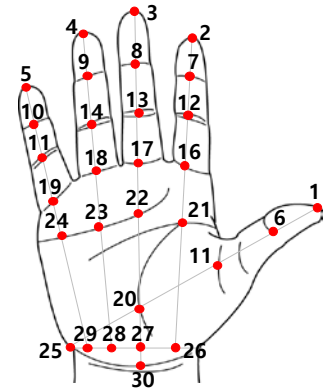
## 직접 측정법

손에 참조점 표시 후 digital caliper와 줄자(손목 측정용, 손가락 측정용)를 사용하여 측정 대상자의 손을 직접 측정



## 3D-SAMP

손 석고본에 sticker marker를 부착하여 참조점 표기



항목	측정 항목 수	부착 marker 수
길이	27	24
너비	11	22
두께	7	14 (6개 중복)
둘레	7	28 (28개 중복)
합계	52	54 (중복 제외)

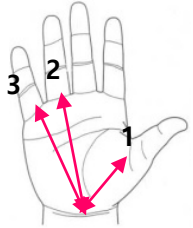
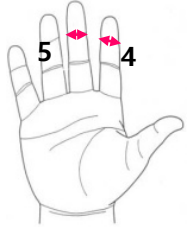
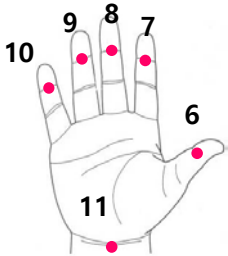
# 평가 기준 및 분석 방법

## □ 평가 기준을 바탕으로 3D-SAMP의 성능 평가

평가 기준	설명	분석 방법 / 기준
측정치 차이 (Mean difference; MD)	3D-SAMP 측정치 - 직접 측정치	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paired <i>t</i>-test</li> <li><math> MD  &gt; 2 \text{ mm}</math>인 측정 항목 수</li> </ul>
반복성 (Reliability)	측정자 내 변동성, 측정자 간 변동성 분석	변동 허용 기준을 초과하는 측정 항목 수 <ul style="list-style-type: none"> <li><math>SD &gt; 2 \text{ mm}</math> (Weinberg et al., 2005)</li> <li><math>CV &gt; 5 \%</math> (Li et al., 2008)</li> </ul>
측정 소요시간 (Measurement time)	-	Paired <i>t</i> -test
측정 용이성 (Ease of measurement)	7점 척도 (1점: 매우 불만족, 4점: 보통, 7점: 매우 만족)	Paired <i>t</i> -test

# 측정치 차이

□ 52개 중 11개 항목에서 차이가 유의함 ( $p < 0.05$ ,  $|MD| > 2$  mm)

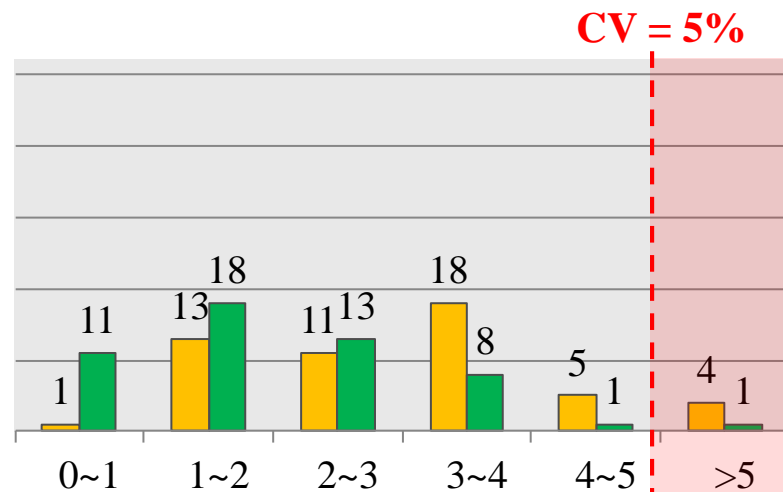
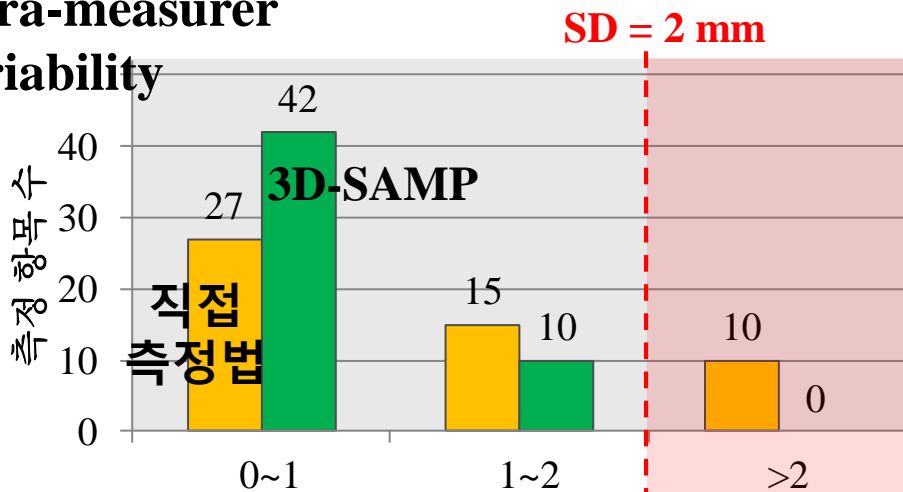
항목	측정 항목 수	유의한 항목 수	번호	측정치 차이 (mm) (3D-SAMP - 직접 측정치)	관련 그림
길이	27	3 (11%)	1	-2.10	
			2	-2.42	
			3	-3.45	
너비	11	2 (18%)	4	2.50	
			5	2.53	
두께	7	6 (86%)	6	3.17	
			7	2.06	
			8	2.58	
			9	3.12	
			10	2.77	
			11	4.42	
둘레	7	0	-	-	-
합계	52	11 (21%)	-	-	-



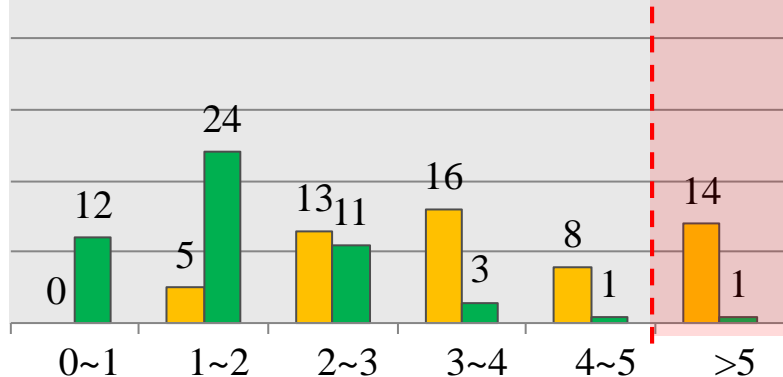
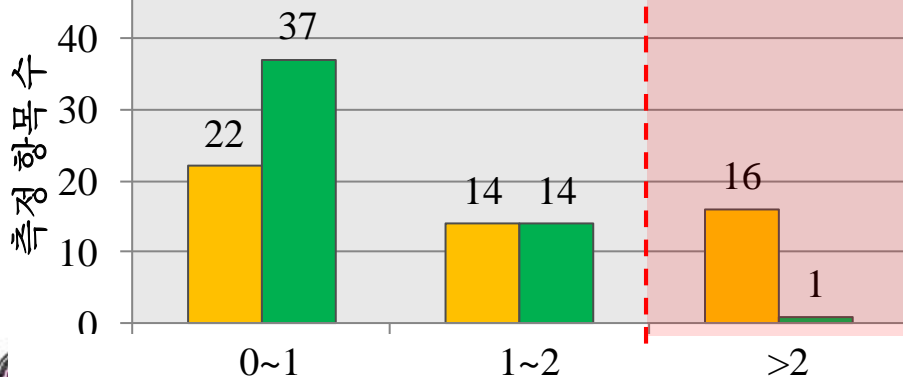
# 반복성

□ 측정자 내 및 측정자 간 SD>2mm, CV>5%: **직접측정법(24개)** > **3D-SAMP(2개)**

## Intra-measurer variability

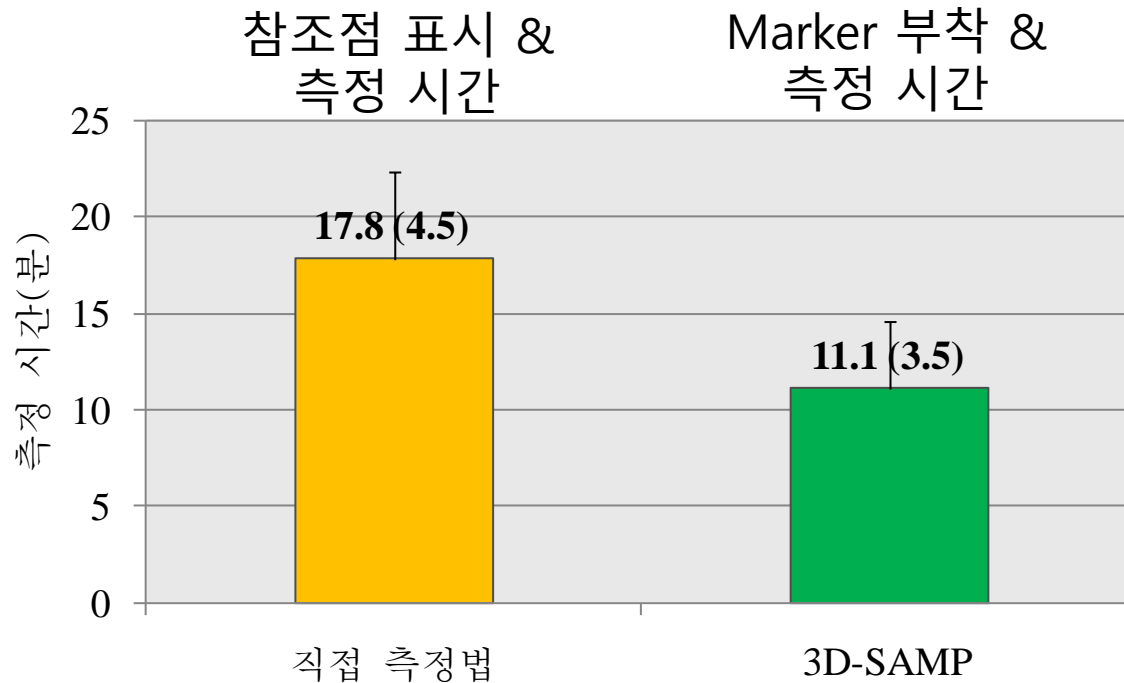


## Inter-measurer variability



# 결과: 측정 소요시간

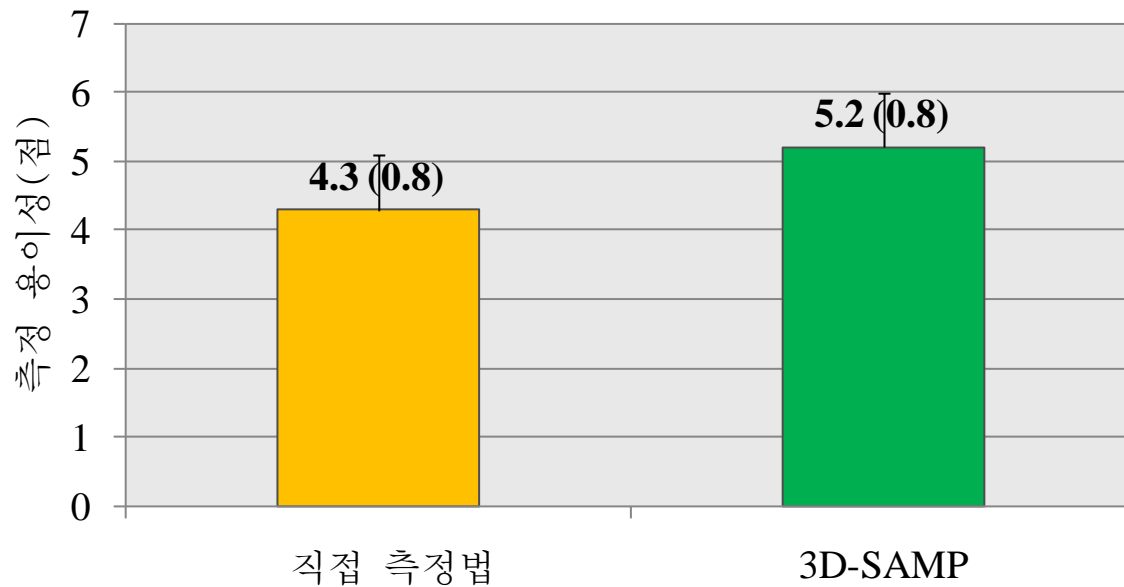
□ 직접 측정법 > 3D-SAMP ( $t(59) = 13.23, p < 0.001$ ): 1.6배 (약 7분) 차이



\*3D-SAMP: 손 석고본 제작, scanning, post processing 소요 시간 제외

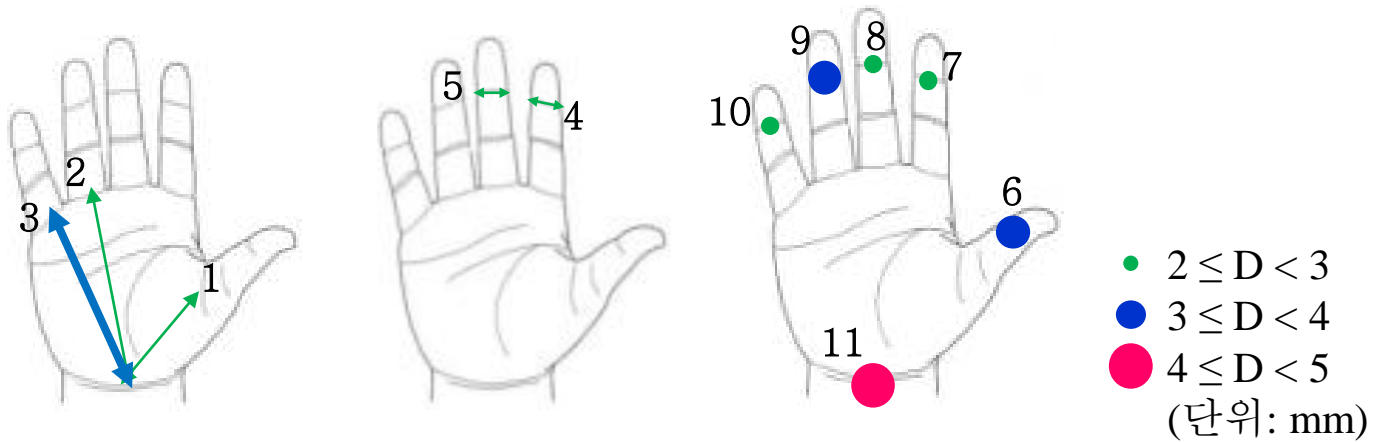
# 결과: 측정 용이성

□ 직접 측정법 < 3D-SAMP ( $t(19) = 2.85, p = 0.01$ ): 1.2배 (약 1점) 차이



# 토의

- 측정치 차이 분석 결과 52개 중 11개 항목에서 유의한 차이가 파악됨
  - **원인:** 직접 측정 시 측정 도구에 의한 피부 눌림 현상 발생
  - **한계:** 정확한 측정 값을 알 수 없으므로 정확성 평가가 어려움



	길이	너비	두께
유의한 항목 수	3	2	6
측정 항목 수	27	11	7

# 토의 (계속)

- 개선된 3D-SAMP가 직접 측정법과 기존의 3D scanning 기반 측정법보다 반복성과 효율성, 주관적 만족도 측면에서 높게 평가됨
  - **반복성:** 52개 측정항목 중 3D-SAMP는 2개, 직접 측정법은 24개 항목이 변동 허용 기준( $SD \leq 2 \text{ mm}$ ,  $CV \leq 5 \%$ )을 초과함

번호	측정 항목	그림	원인
1	셋째 손가락 셋째마디 뼈길이		셋째 손가락의 <b>knuckle</b> 형상 특성이 모호하여 marker 부착 시 참조점 위치를 혼동
2	첫째 손가락 둘째마디 길이		첫째 손가락 첫째 마디 손금(crease)이 넓어 marker 부착 시 참조점 위치를 혼동

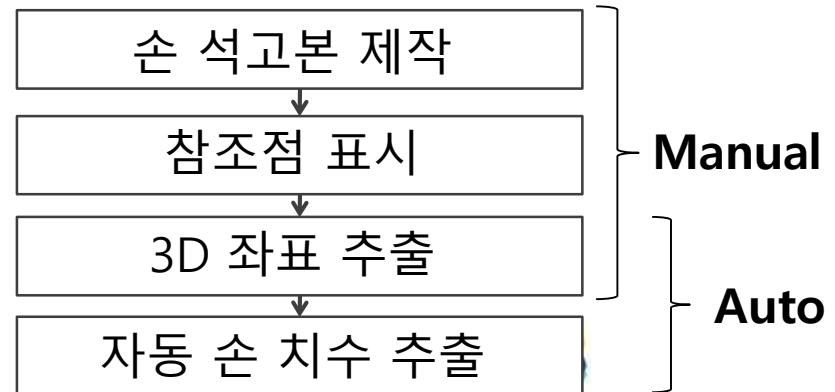
- **측정 소요 시간:** 3D-SAMP (11.1 분) < 직접 측정법 (17.8 분)
- **측정 용이성:** 3D-SAMP (5.2 점) > 직접 측정법 (4.3 점)



# 토의 (계속)

□ 손 형상 획득이 가능하고 scan data의 품질과 효율성이 향상된 3D-SAMP 개발

- **손 치수와 형상 동시 도출(3D scanning 기반)**
  - ⇒ 손 형상을 제품 설계에 적용 가능
  - ⇒ 추후 측정 오류 발견 시, 재 측정이 가능
  - ⇒ 다양한 손 부위 변수 및 부피, 표면 면적 측정 가능
- **손 흔들림 및 피부 눌림 방지(손 석고본 제작 후 scanning)**
  - ⇒ 손 형상의 변형 최소화
  - ⇒ 3D scan data의 품질 향상
- **참조점을 이용한 손 치수의 반자동(semi-automatic) 추출**
  - ⇒ 측정 효율성 향상(측정 시간 단축)



# Thank You!

