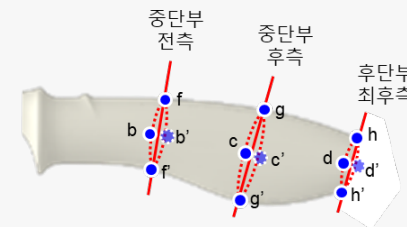
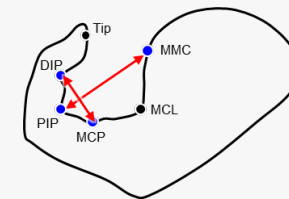
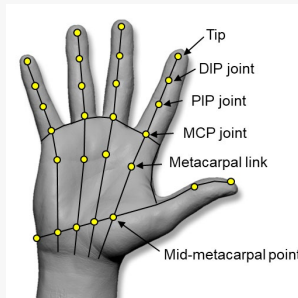
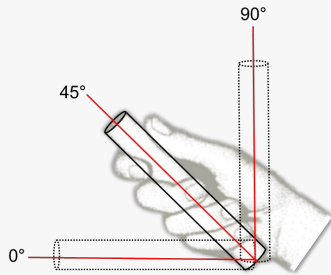
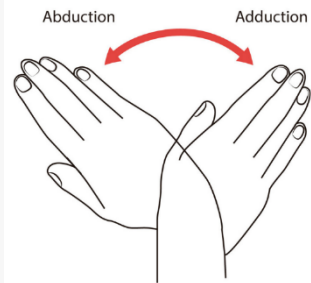


손목 동작에 의한 그립 형상 변화를 고려한 Power Grip Handle 설계 가이드 개발



2017. 11. 30

문수진¹, 정하영¹, 유희천¹

¹포항공과대학교 산업경영공학과 인간공학설계기술 연구실

Contents

- **Introduction**
 - ✓ 연구 배경 및 필요성
 - ✓ 연구 목표
- **Method & Results**
 - S1. Hand & Handle Dimensions
 - S2. Hand-Handle Interface 분석
 - S3. 실험 및 분석 Protocol 개발
 - ~~S4. 실험 결과 및 분석~~
 - S5. Handle Design Guideline 수립
- **Discussion**

진행 중

연구 배경

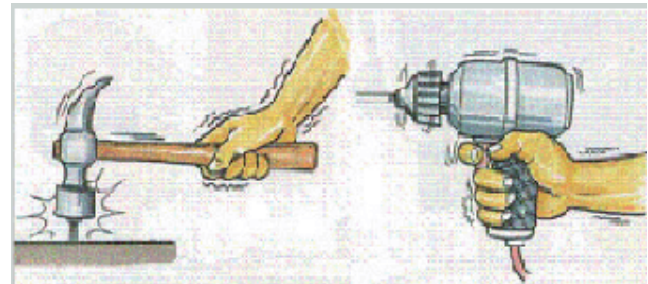
- Handle은 물체의 이동 및 조작이 쉽도록 설계된 제품으로 제조, 의료, 동체 조작에 적합한 형상으로 설계됨 (by Cambridge Dictionary)
- Handle의 형상은 **지속적, 반복적 사용 시 사용자의 근골격계 질환, 터널 증후군 등에 영향을 줄 수 있음**
- 사용자의 작업 부하 경감을 위해 **인간공학적 handle 설계 연구가 수행됨**



Drill



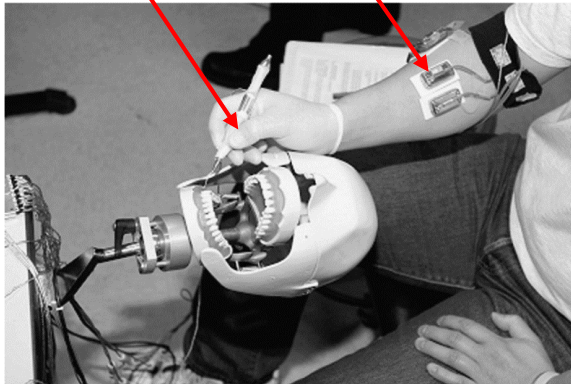
초음파 probe



기존 연구: Handle Dimension

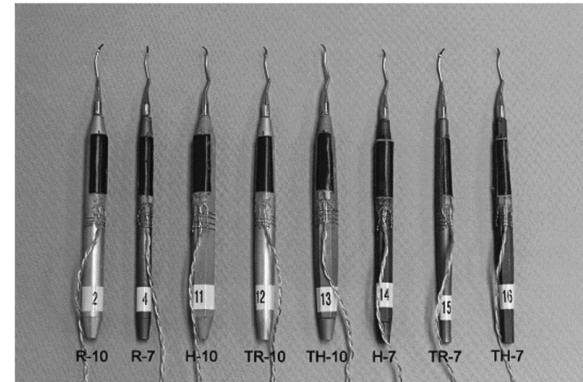
- 기존 연구는 최적 handle 형상 도출을 위해 **diameter, 단면 형상에 대하여 EMG, grip force, 주관적 만족도 평가를 수행함** (Dong et al.(2007), McGorry et al.(2009))

Pressure sensor EMG sensor



실험 환경

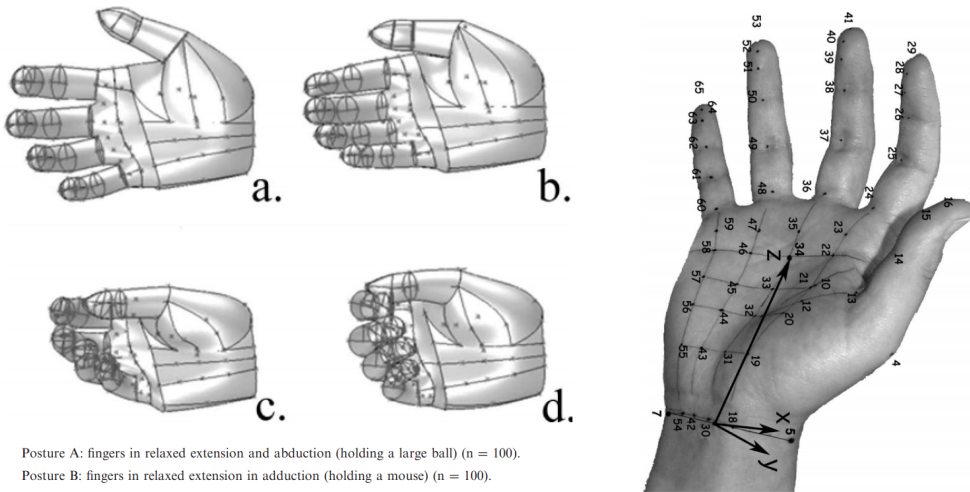
- 1) R: round, H: hexagonal, TR: tapered round, TH: tapered hexagonal
- 2) Diameters: 10mm, 7mm (Tapered: 9.3mm, 6.5mm)



Custom-designed handles

기존 연구: Dynamic Hand Dimension

- ❑ Rogers et al. (2008)는 **grip을 고려한 hand dimension 측정**을 위해 4가지 posture 및 66개의 hand landmark를 정의함
- ❑ 3D software를 이용하여 **representative & scalable hand model**을 개발함



Posture A: fingers in relaxed extension and abduction (holding a large ball) (n = 100).
 Posture B: fingers in relaxed extension in adduction (holding a mouse) (n = 100).
 Posture C: chuck pinch posture with 2.2 cm ring between tips of digits 1, 2 and 3 (n = 100).
 Posture D: hand in a power grip posture, similar to holding a tube of approximately 4 cm diameter (n = 20).

Table 5a. Distances (mm) between raw digitised landmarks on the fingertips: thumb pad (point 15), index finger pad (27), middle finger pad (39), ring finger pad (51) and small finger pad (63) plus hand length, breadth and wrist breadth.

Posture	Landmarks	Mean (SD)	10%	25%	50%	75%	90%
	Hand length	175.1(12.7)	158.1	164.5	175.0	183.6	189.7
	Hand breadth	82.8 (7.2)	72.2	77.3	82.8	88.5	92.6
	Wrist breadth	61.1 (5.4)	54.4	56.5	60.5	65.4	68.1
A	15-27	67.5 (14.7)	48.1	57.4	66.3	75.4	88.3
	27-39	31.0 (7.8)	21.4	25.3	30.3	34.4	40.5
	39-51	27.2 (7.1)	19.9	21.2	26.4	31.5	36.6
	51-63	31.4 (7.2)	22.4	26.3	30.7	35.1	41.2
B	15-27	60.1 (10.6)	47.7	54.6	59.8	66.1	71.0
	27-39	20.7 (3.4)	17.0	18.0	20.4	22.5	25.0
	39-51	18.0 (3.0)	14.4	15.9	17.7	19.3	21.0
	51-63	22.8 (4.6)	17.3	19.4	22.7	25.4	28.3
C	15-27	22.3 (4.8)	16.1	19.0	22.3	25.3	29.4
	27-39	18.7 (4.1)	13.9	16.5	18.0	21.1	23.5
	39-51	20.0 (6.3)	11.8	15.7	18.9	23.3	28.5
	51-63	17.2 (4.7)	12.0	13.7	16.3	19.4	23.3
D	15-27	9.1 (4.8)	4.6	6.0	7.2	11.2	14.8
	27-39	17.4 (2.5)	14.3	15.5	17.1	18.8	21.1
	39-51	17.0 (2.8)	13.1	14.9	15.9	19.4	21.0
	51-63	15.9 (4.3)	11.8	13.8	14.9	17.1	19.3

기존 연구 한계점

- ❑ 기존 연구는 cylindrical handle를 대상으로 길이, 둘레 측면의 설계 변수에 대하여 수행되어, 각도, 곡률 등 **구체적 형상의 handle 설계 변수에 대한 규명은 부족함**
- ❑ **Handle 사용 동작(자세)에 의한 손 내측 grip 형상 변화를 분석하고 이를 공식화 하여 핸들 설계에 적용한 연구는 부재함**

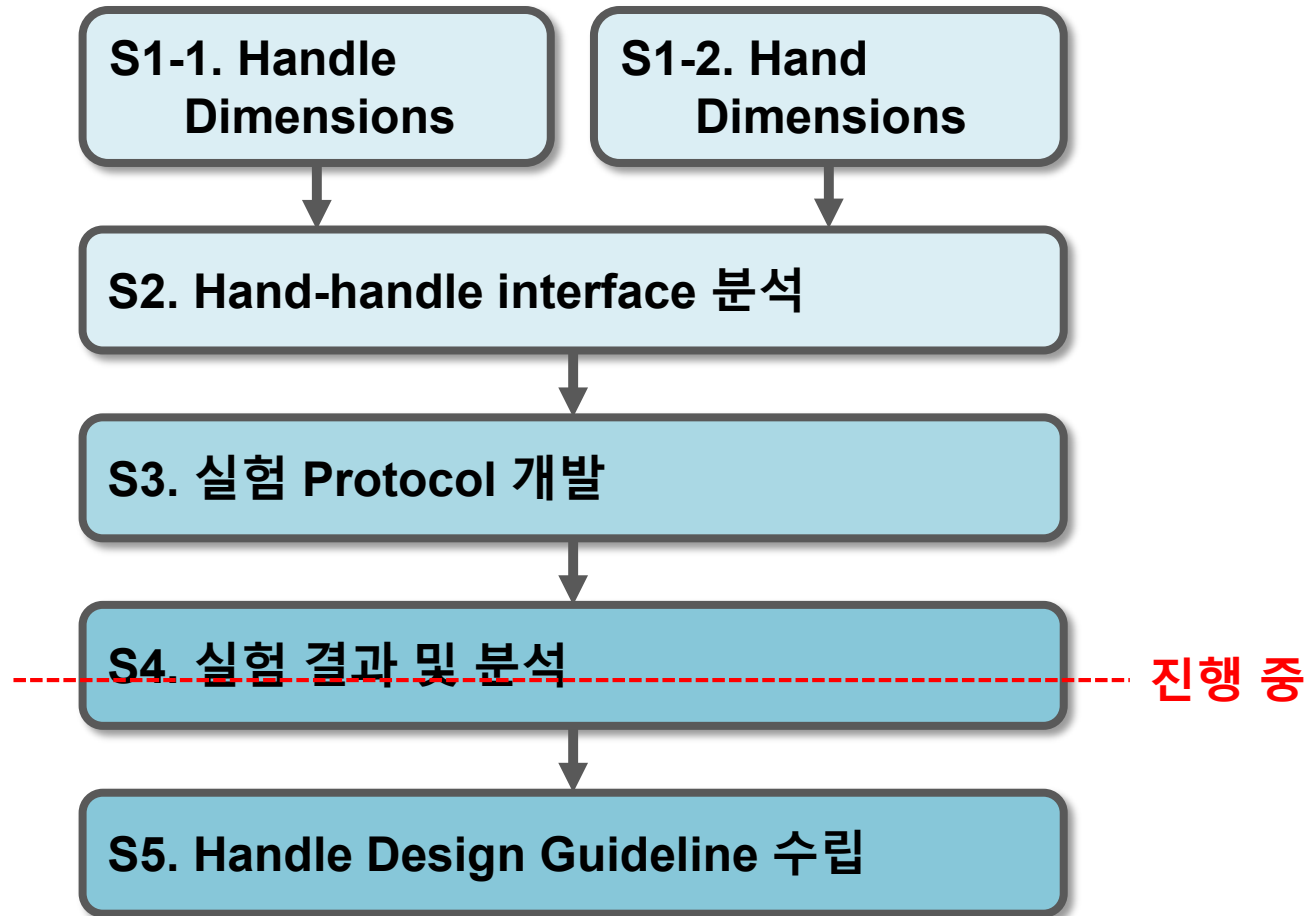
⇒ **사용자의 실제 grip 형태를 분석하여 handle 설계에 적용한 연구 부재**



인간공학적 Power Grip Handle 설계를 위한 동작에 따른 손 그립 형상 변화 분석

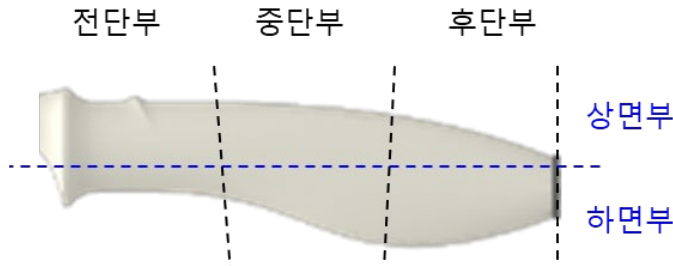
1. Hand와 handle의 interface 분석
2. Handle 조작 자세에 따른 그립 형상 변화 분석 **실험 protocol 개발**
3. 손 그립 형상 변화 **분석 protocol 개발**
4. 인간공학적 handle design guideline 제안

연구 절차

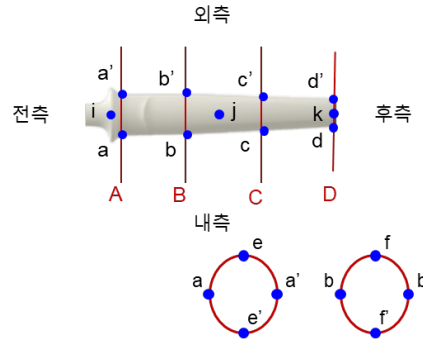


S1-1. Handle Dimensions

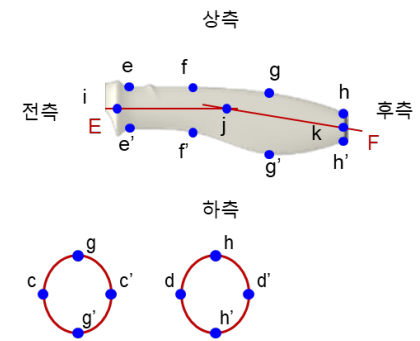
- Handle을 전후 위치 (전단부, 중단부, 후단부) 및 상하 위치(상면부, 하면부)로 구분하고 설계 기준점과 기준선을 정립함



<정면 기준>



<측면 기준>












View	기호	명칭
정면 	a, a'	전단부 최전측 내측/외측점
	b, b'	중단부 전측 내측/외측점
	c, c'	중단부 후측 내측/외측점
	d, d'	후단부 최후측 내측/외측점
	A	전단부 최전측 단면선
	B	중단부 전측 단면선
	C	중단부 후측 단면선
	D	후단부 최후측 단면선

View	기호	명칭
측면 	e, e'	전단부 최전측 상측/하측점
	f, f'	중단부 전측 상측/하측점
	g, g'	중단부 후측 상측/하측점
	h, h'	후단부 최후측 상측/하측점
	i	전단부 축 중앙점
	j	중단부 축 중앙점
	k	후단부 축 중앙점
	E	전단부-중단부 축 중앙 연결선
F	중단부-후단부 축 중앙 연결선	

S1-1. Handle Dimensions: 설계 인자 정립

- 기준점과 기준선에 대하여 길이, 너비, 두께, 곡률, 각도, 둘레길이 관련 총 22가지 설계 인자 정의

No.	View	설계인자	Image	기준점/선	설명
1	정면	Grip부 길이		i (전단부 축 중앙점) k (후단부 축 중앙점)	기준점 i, k 사이의 수평거리
2	정면	전단부 최전측 너비		a (전단부 최전측 내측점) a' (전단부 최전측 외측점)	기준점 a, a' 사이의 수직거리
3	정면	중단부 전측 너비		b (중단부 전측 내측점) b' (중단부 전측 외측점)	기준점 b, b' 사이의 수직거리
4	정면	중단부 후측 너비		c (중단부 후측 내측점) c' (중단부 후측 외측점)	기준점 c, c' 사이의 수직거리
5	정면	후단부 최후측 너비		d (후단부 최후측 내측점) d' (후단부 최후측 외측점)	기준점 d, d' 사이의 수직거리
6	측면	전단부 최전측 두께		e (전단부 최전측 상측점) e' (전단부 최전측 하측점)	기준점 e, e' 사이의 수직거리
7	측면	중단부 전측 두께		f (중단부 전측 상측점) f' (중단부 전측 하측점)	기준점 f, f' 사이의 수직거리
8	측면	중단부 후측 두께		g (중단부 후측 상측점) g' (중단부 후측 하측점)	기준점 g, g' 사이의 수직거리
9	측면	후단부 최후측 두께		h (후단부 최후측 상측점) h' (후단부 최후측 하측점)	기준점 h, h' 사이의 수직거리

⋮

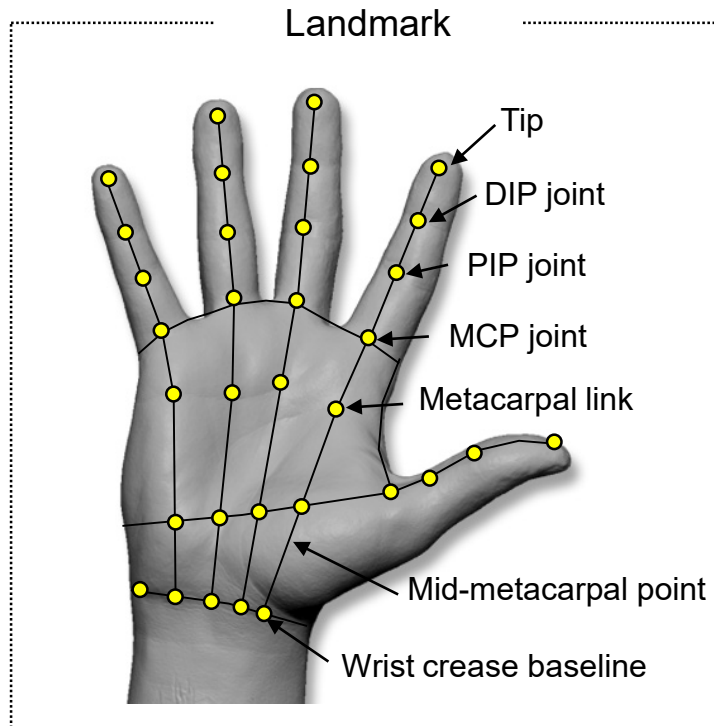


전단부 최전측 두께



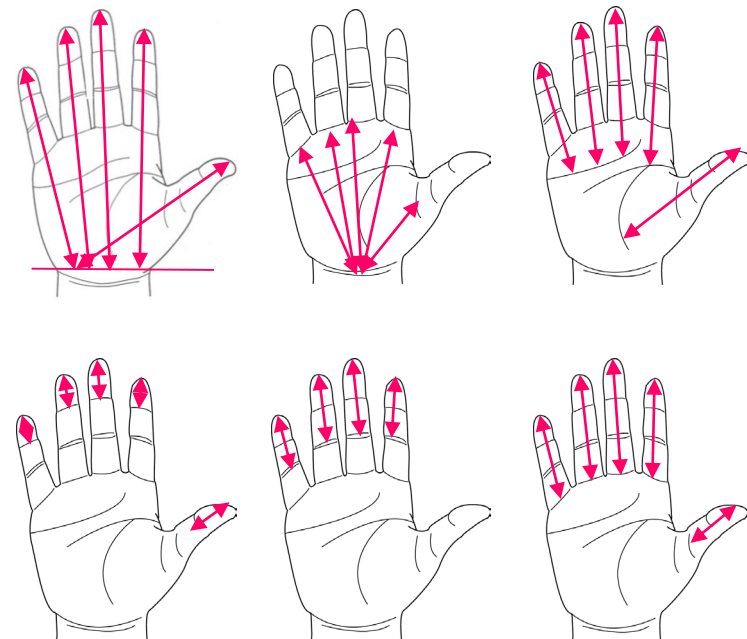
S1-2. Hand Dimensions

- 손의 주요 landmark 및 hand dimension은 5가지 손가락별 관절(DIP, PIP, MCP joint)과 손 주름을 이용하여 도출 가능함



- DIP: Distal interphalangeal
- PIP: Proximal interphalangeal
- MCP: Metacarpophalangeal

Hand dimension 예시

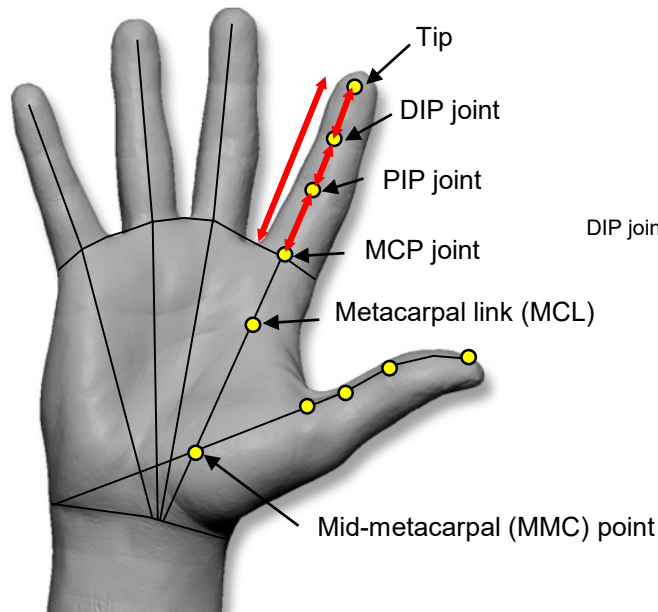


류경옥, 서미아 (2004); 권명숙, 최인순, 정기수, 양면재 (2005);
 임지영 (2005); U.S. Army (2002);
 Hidson (1991); Garrett (1970);
 Robinette, Annis (1986); Li et al. (2008); SizeKorea (2002);

S1-2. Hand Dimensions: Static vs. Dynamic

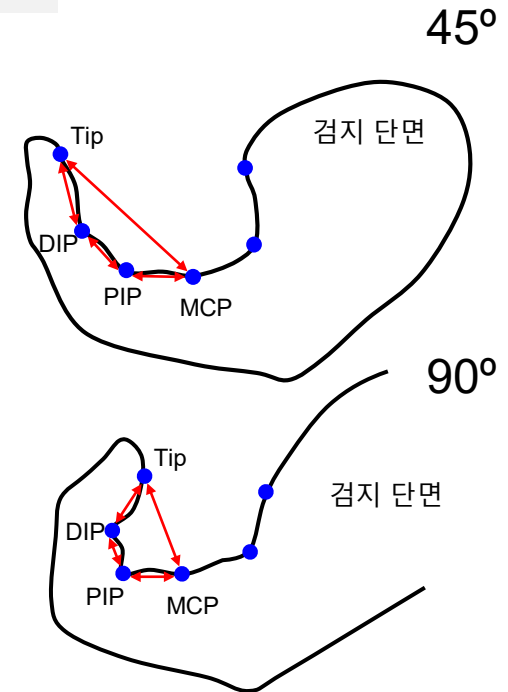
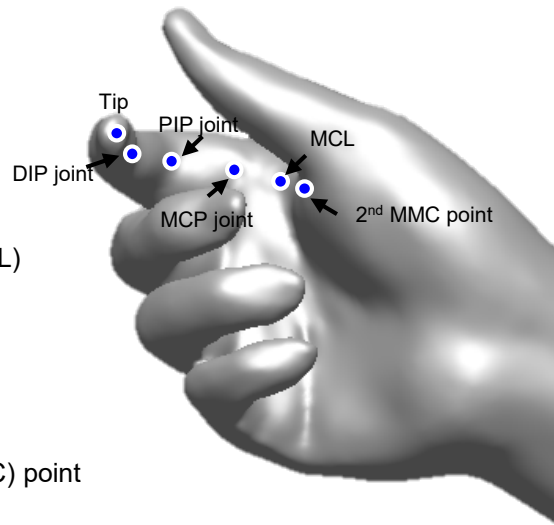
- 일반적인 hand dimension 측정 시 용이한 측정을 위해 손을 편 상태로 측정
- Handle grip 시 일부 hand dimension은 손 자세에 따라 길이가 다르게 측정됨

Static



- DIP: Distal interphalangeal
- PIP: Proximal interphalangeal
- MCP: Metacarpophalangeal

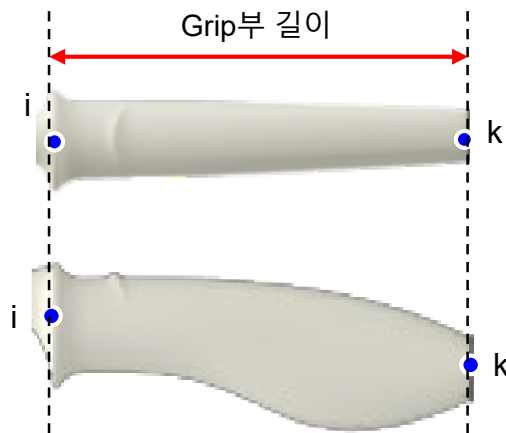
Dynamic



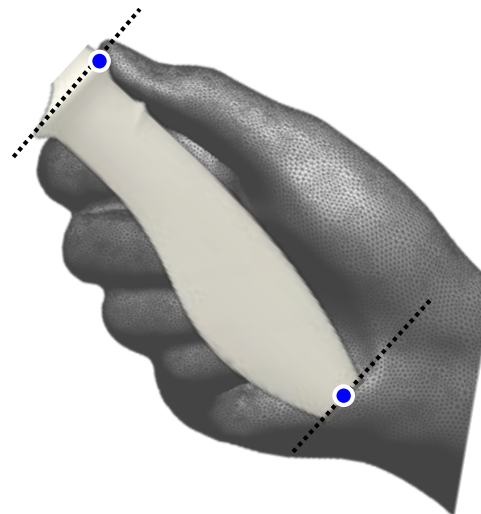
S2. Hand-Handle Interface

- 인간공학적 power grip handle 설계를 위해 **handle dimension**과 **유관한 hand dimension**을 선정함

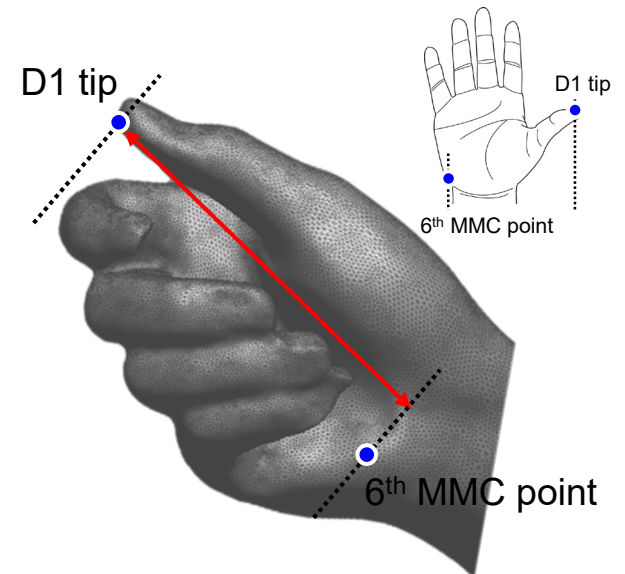
Handle 설계인자



Hand-Handle interface 분석



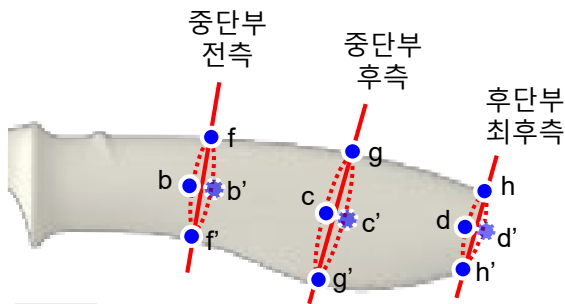
Hand dimension



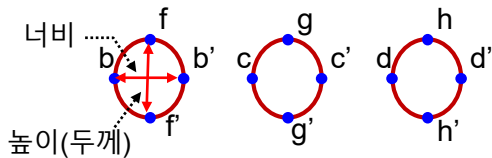
S2. Hand-Handle Interface: 너비, 두께, 둘레길이

- Handle 중단부 전측의 너비/두께/둘레길이는 digit 3의 PIP joint와 MMC point를 장축으로 fitting 되는 타원의 단축/장축/둘레길이를 이용하여 도출 가능

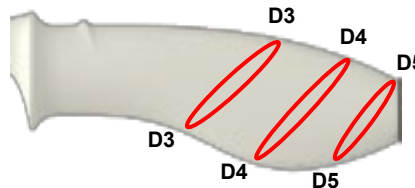
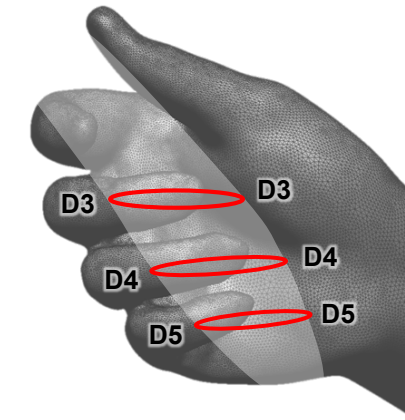
Handle 설계인자



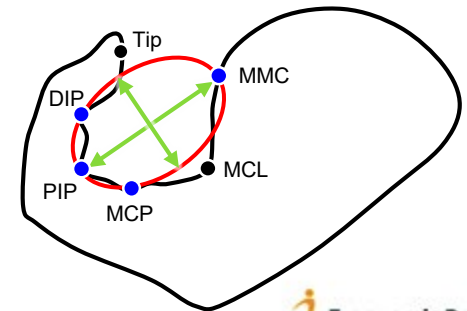
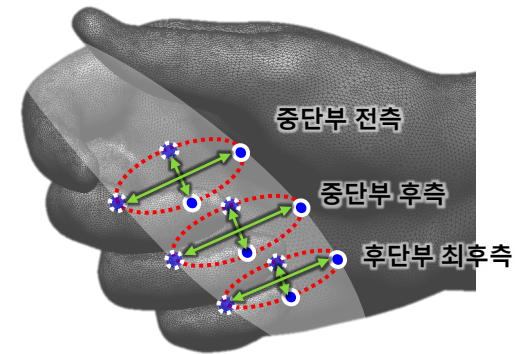
단면



Hand-Handle

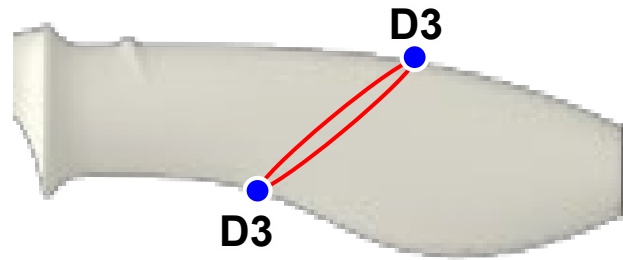


Hand dimension

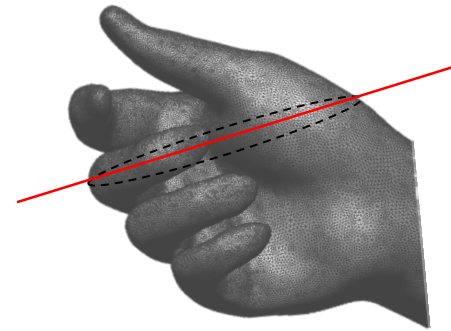


S2. Hand-Handle Interface 예시

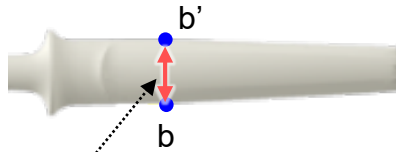
Handle 설계인자



Hand dimension

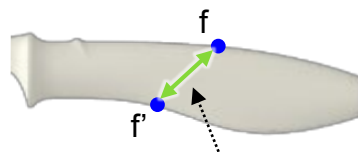


정면

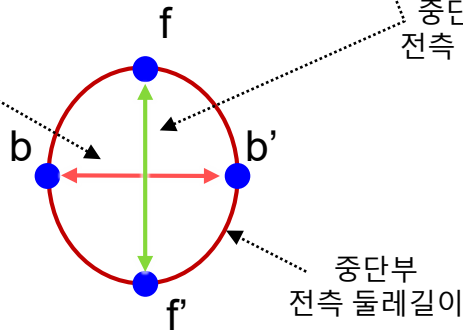


중단부 전측 너비

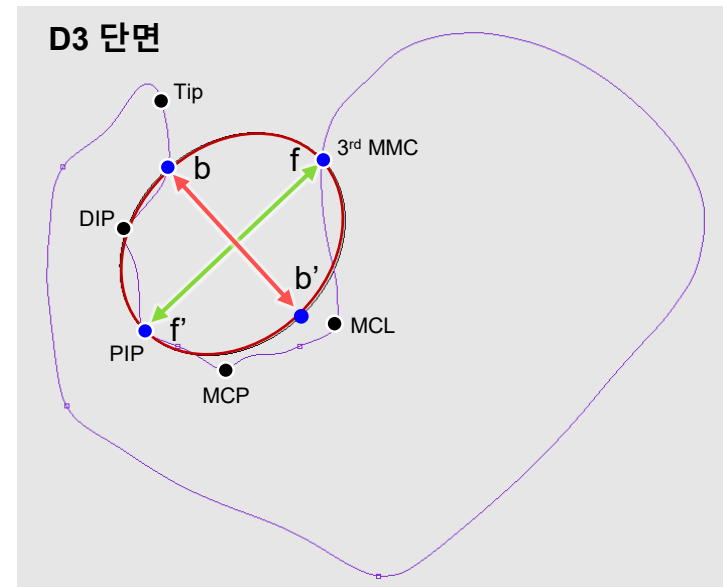
측면



중단부 전측 두께



D3 단면



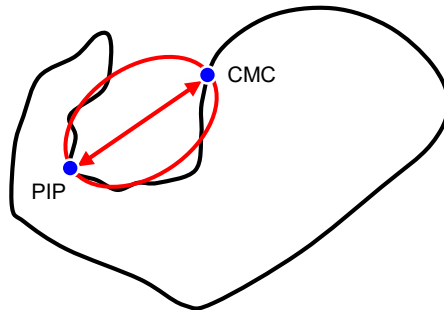
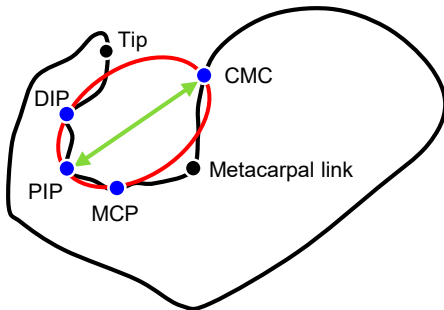
S2. Hand-Handle Interface: 너비, 두께, 둘레길이

(Handle)

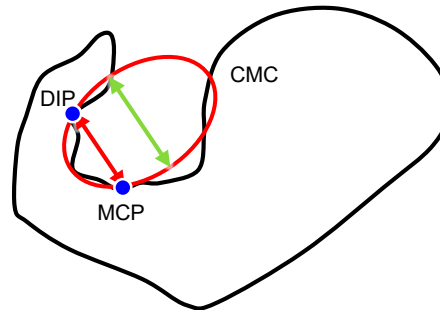
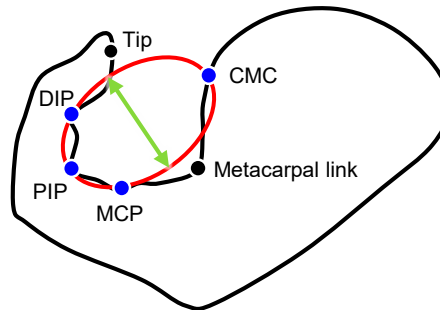
(Hand)

- ❑ 두께(타원 장축) = PIP-CMC joint 사이 거리
- ❑ 너비(타원 단축) = DIP-MCP joint 사이 거리
- ❑ 둘레길이(타원 둘레길이) = Tip-DIP-PIP-MCP-Metacarpal link-CMC-Tip

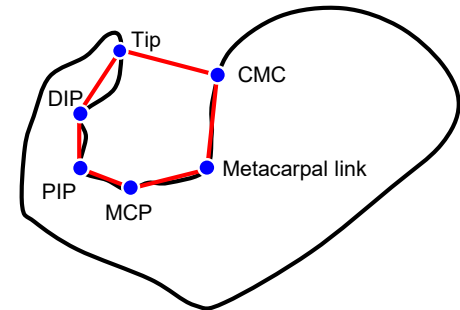
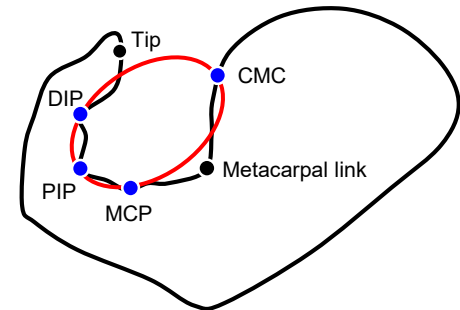
Handle 두께



Handle 너비

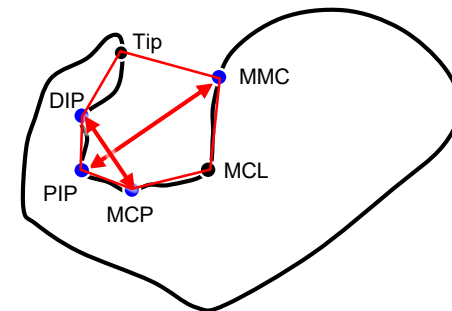
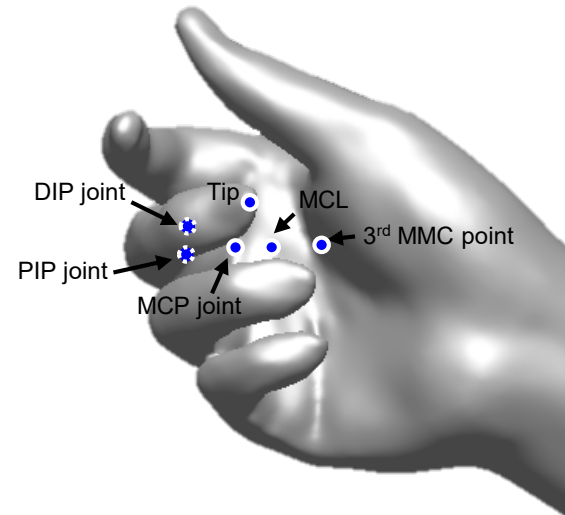
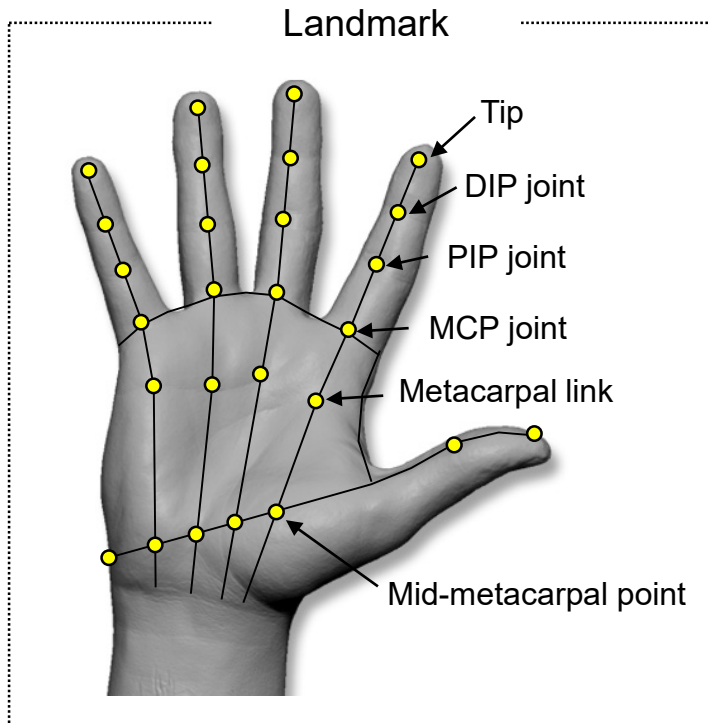


Handle 둘레길이



S2. Hand Anthropometry

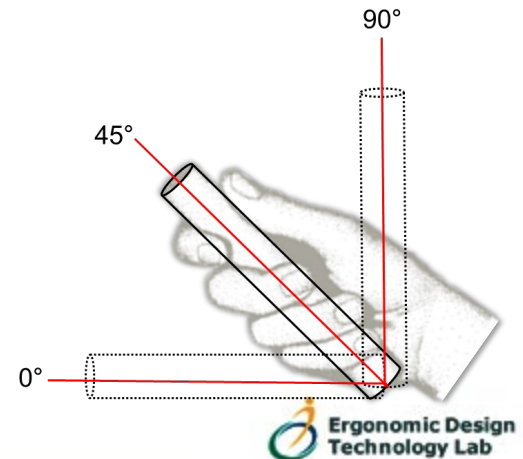
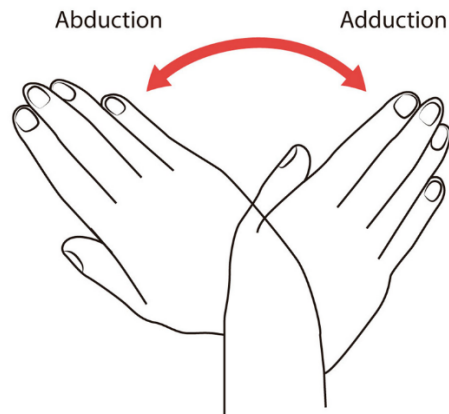
- Hand dimension 분석을 위한 hand landmark 총 27개 및 hand-handle dimension 총 22개를 선정함



- DIP: Distal interphalangeal
- PIP: Proximal interphalangeal
- MCP: Metacarpophalangeal

S3. 실험 개요

- ❑ 목적: 손목 동작에 의한 손 power grip 형상 변화 분석
- ❑ 실험 참여자: 9명 (hand length S:3, M:3, L:3)
- ❑ 손목 동작: abduction/adduction
- ❑ Variables
 - ✓ 독립 변수: handle orientation 각도 (0° , 45° , 90°)
 - ✓ 종속 변수: hand dimensions
- ❑ 사용 장비: 3dMD (temporal 3D scanner)

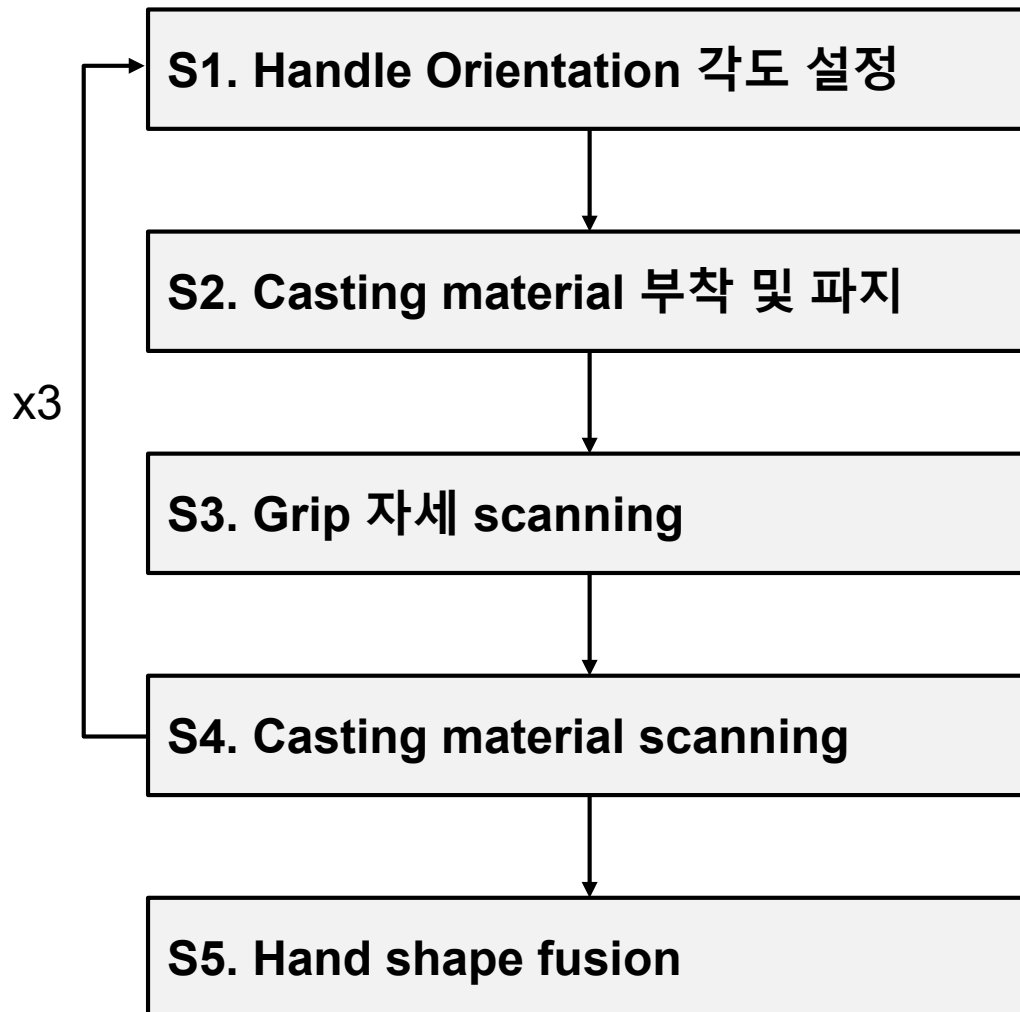


Apparatus: 3dMD

- ❑ 5대의 3D scanning camera를 이용하여 손의 형상과 동작의 3차원 scan data 저장 및 분석 가능

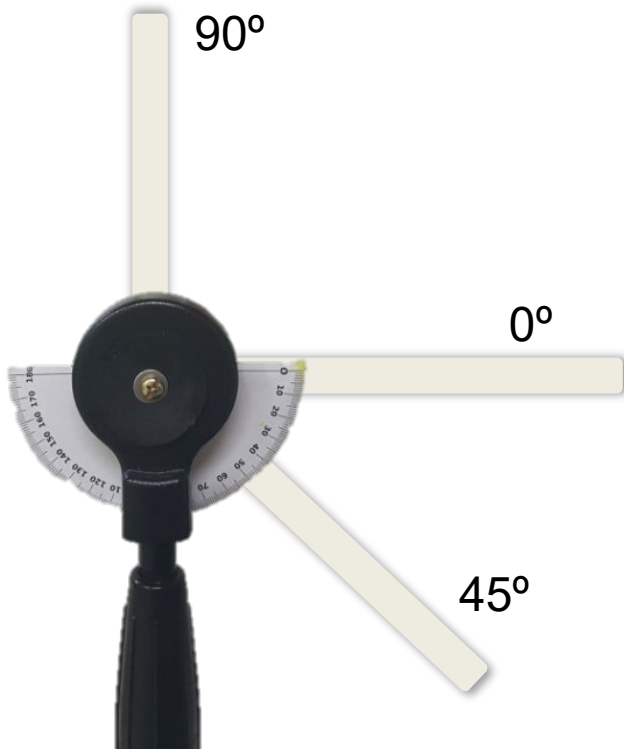


S3. 실험 및 분석 Protocol



S3-1. Handle Orientation 각도 설정

- 각도 조절기를 이용하여 handle orientation 각도를 조정(0° , 45° , 90°)함으로써 손목의 abduction/adduction을 유도
- Handle 파지 시 forearm이 수평을 유지할 수 있도록 높이를 조절함



S3-2. Otoform 부착 및 파지

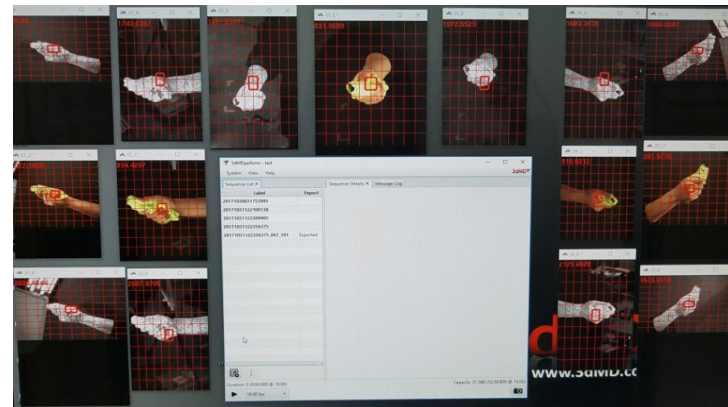
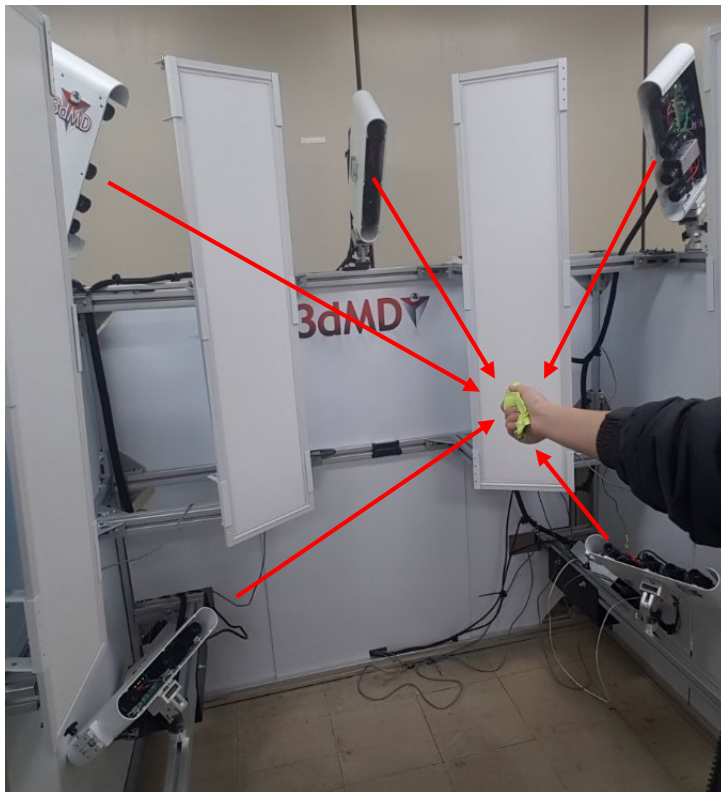
- ❑ Otoform: Casting 재료로 혼합 시 3분 내로 굳어 보청기, 이어폰 등의 설계에 활용됨
- ❑ Otoform을 적절히 섞어 각도 조절기에 고정되어 있는 stick에 부착한 후 편안한 자세로 grip하여 자세 유지

Otoform (Casting material)

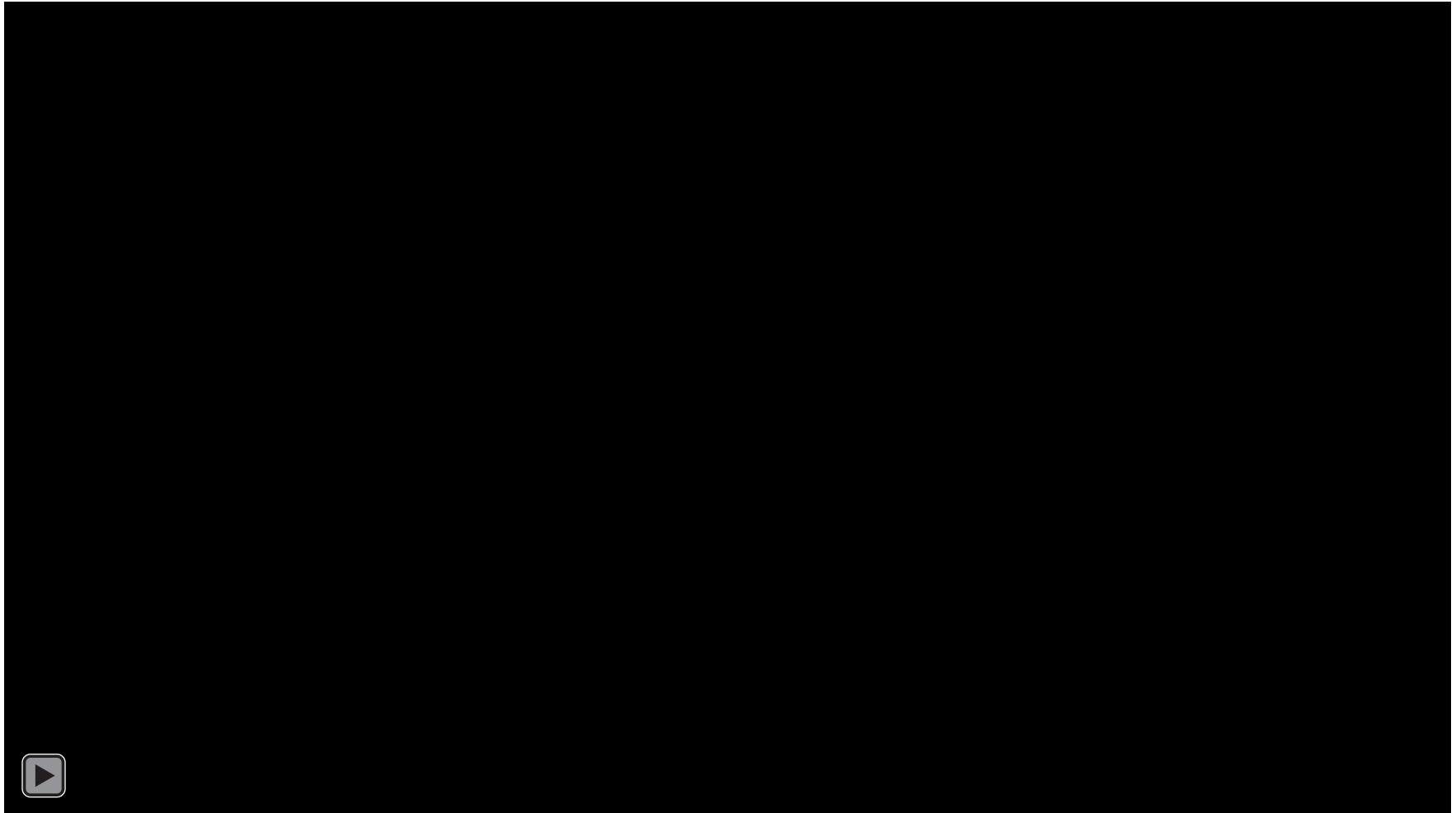


S3-3 & 4. Grip 자세 및 Otoform Scan

- ❑ 3dMD를 활용하여 Otoform 파지 자세를 유지한 상태로 grip 자세를 scan함
- ❑ Scan이 어려운 부위 구현을 위해 손 형상이 각인된 Otoform을 scan함



S3-5. Scan Data Fusion (2/2)



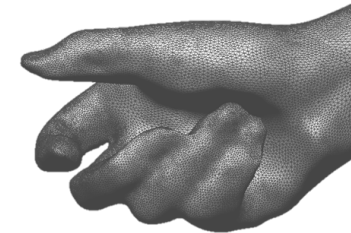
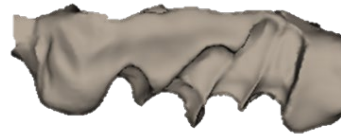
S4. 실험 및 분석 결과 예시

Otoform 파지자세

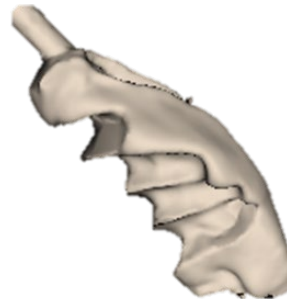
Otoform

Fusion 결과

0°



45°

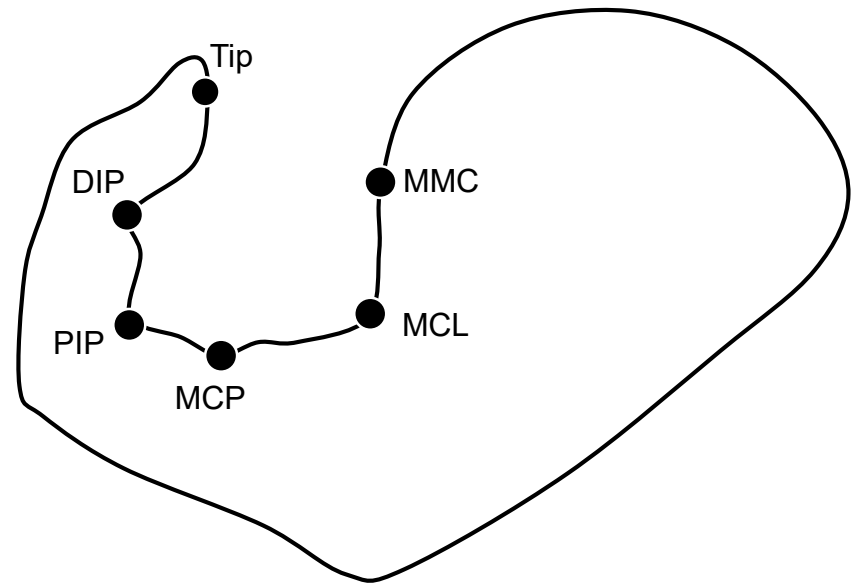
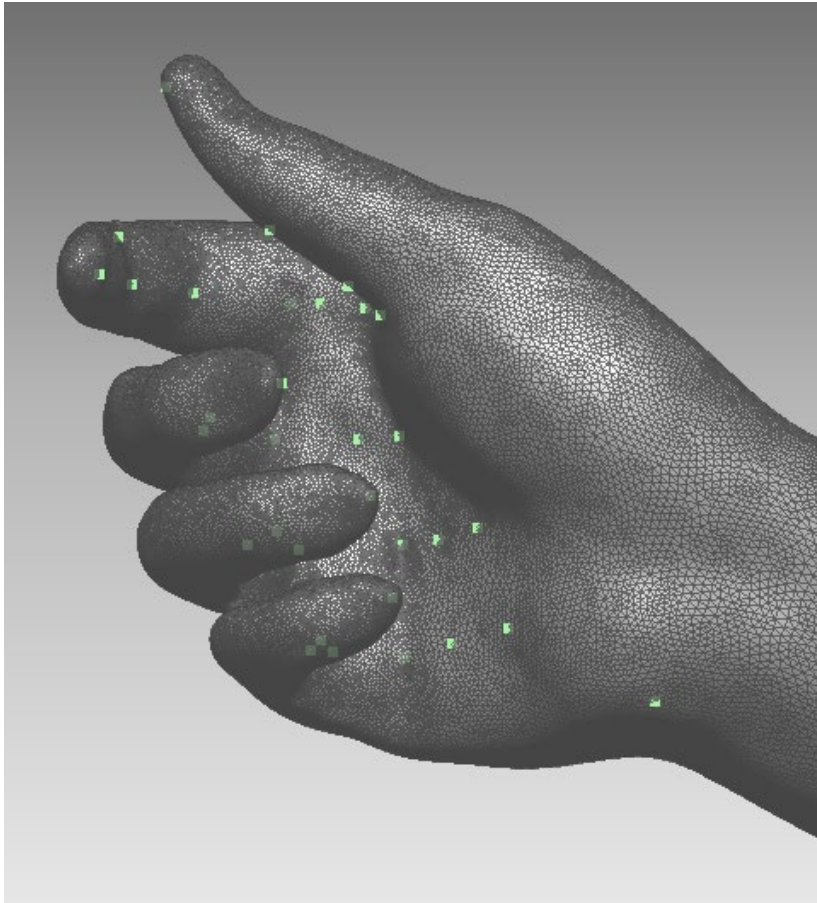


90°



S4. Landmark Marking

- ❑ Landmark는 rapidform program을 활용하여 손가락 주름을 따라 생성함

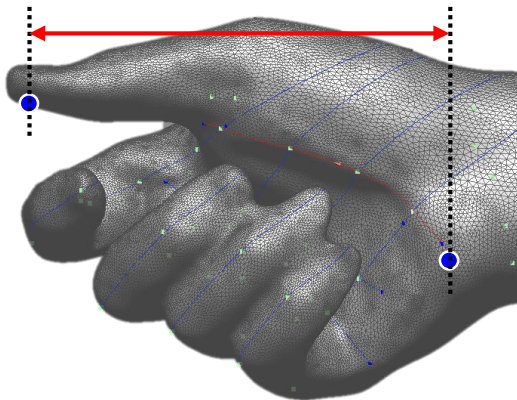


S4. Results & Analysis (1/2)

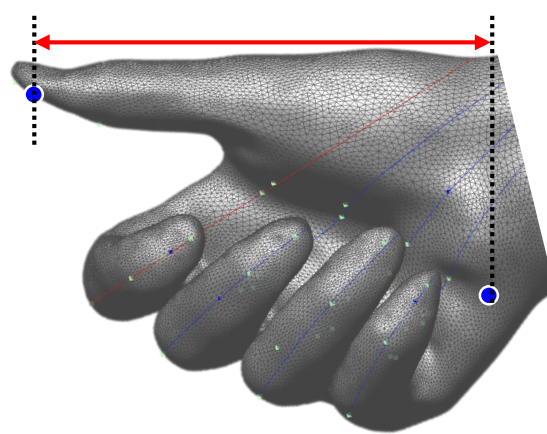
□ Digit 1 tip to 6th MMC point dimension은 0도 대비 45도, 90도 grip 자세에서 14%, 19% 증가하는 것으로 파악됨

⇒ handle 설계 시 사용 자세(손목 각도)를 고려하여 grip부 길이 각각 14%, 19% 증가된 치수 적용 가능

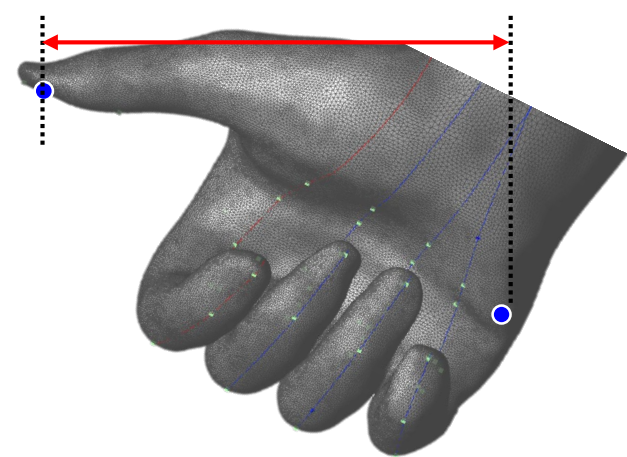
0°



45°

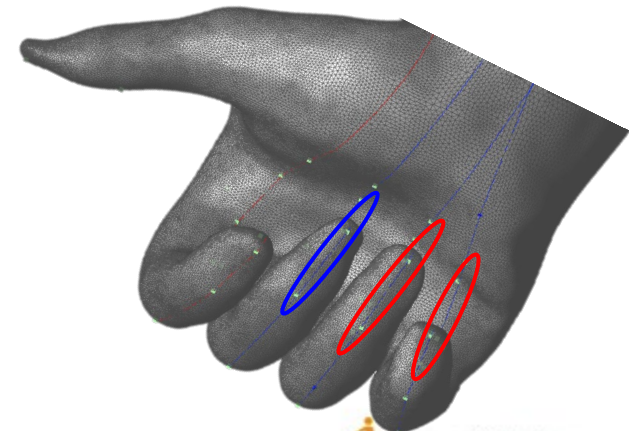
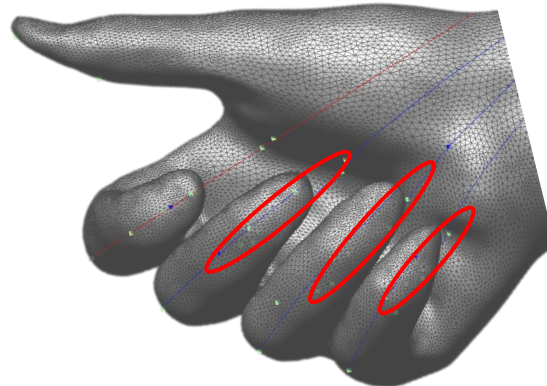
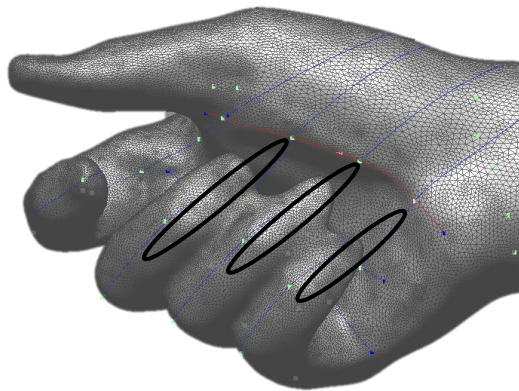


90°



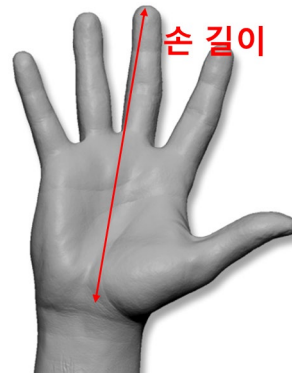
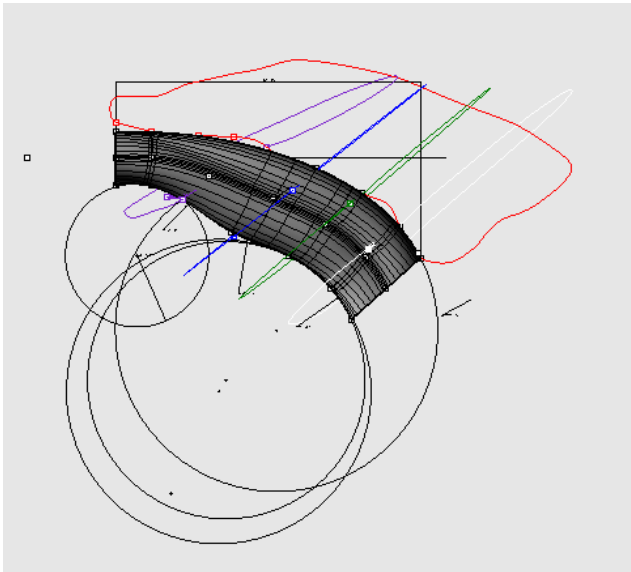
S4. Results & Analysis (2/2)

Hand dimension		Handle dimension	45° (0° 대비)	90° (0° 대비)
Digit 3	DIP – MCP	중단부 전측 너비	32% ↑	5% ↓
	PIP – MMC	중단부 전측 두께	5% ↑	5% ↓
	Tip-DIP-PIP-MCP-MCL-MMC-Tip	중단부 전측 둘레길이	15% ↑	7% ↓
Digit 4	DIP – MCP	중단부 후측 너비	15% ↑	2% ↓
	PIP – MMC	중단부 후측 두께	24% ↑	13% ↑
	Tip-DIP-PIP-MCP-MCL-MMC-Tip	중단부 후측 둘레길이	9% ↑	1% ↑
Digit 5	DIP – MCP	후단부 후측 너비	0% ↑	7% ↑
	PIP – MMC	후단부 후측 두께	4% ↑	7% ↑
	Tip-DIP-PIP-MCP-MCL-MMC-Tip	후단부 후측 둘레길이	6% ↑	9% ↑



추후 연구

- ❑ 다양한 손크기의 참여자를 대상으로 한 추가 실험 필요
- ❑ 손 크기별 power grip 형상 변화 심층 분석 예정
- ❑ Handle design guideline 및 handle design equation 개발 예정



		Dimension (mm)	손 길이 대비
손 길이		185.53	-
Digit 1 tip to 6 th MMC point	0°	108.15	0.58
	45°	123.34	0.66
	90°	128.99	0.70

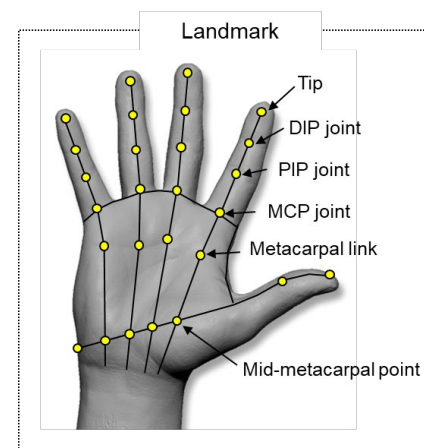
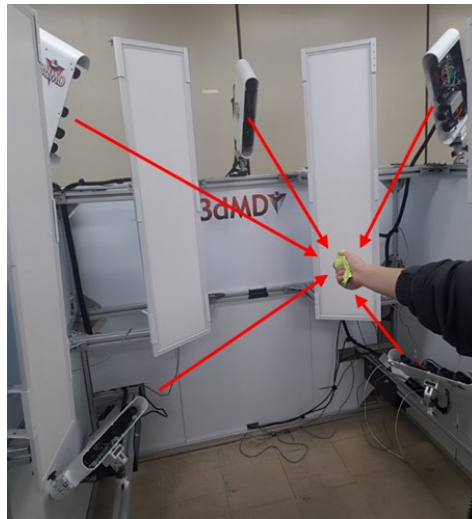
Handle design equation 예시

$$(0^\circ \text{ handle grip부 길이}) = 0.58 \times (\text{손 길이})$$

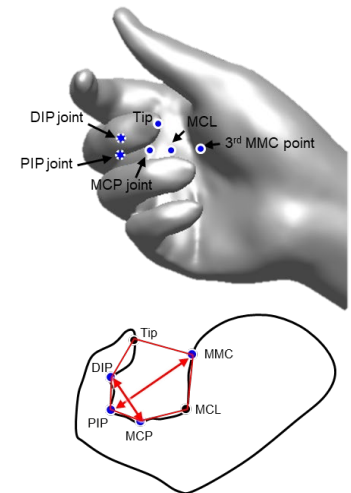
Discussion

❑ Power grip 형상 분석 protocol 개발

- ✓ 3D scanner, casting material을 이용한 3차원 power grip 형상 도출
- ✓ 손목 각도별 power grip 형상 측정 및 분석 protocol 개발
- ✓ Power grip 형상 분석을 위한 hand landmark 정립






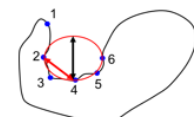
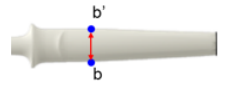
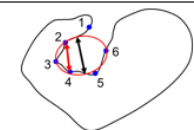
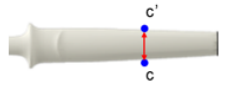
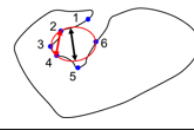

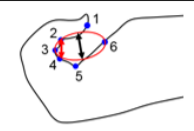
- DIP: Distal interphalangeal
- PIP: Proximal interphalangeal
- MCP: Metacarpophalangeal



Discussion

□ Hand-handle interface 분석

- ✓ Handle design dimension 정립
- ✓ Handle 설계 시 적용 가능한 유관 hand dimension 도출

No.	View	설계인자	Image	기준점/선	설명	
1	정면	Grip부 길이		i (전단부 축 중앙점) k (후단부 축 중앙점)	기준점 i, k 사이의 수평거리	
2	정면	전단부 최전측 너비		a (전단부 최전측 내측점) a' (전단부 최전측 외측점)	기준점 a, a' 사이의 수직거리	
3	정면	중단부 전측 너비		b (중단부 전측 내측점) b' (중단부 전측 외측점)	기준점 b, b' 사이의 수직거리	
4	정면	중단부 후측 너비		c (중단부 후측 내측점) c' (중단부 후측 외측점)	기준점 c, c' 사이의 수직거리	
5	정면	후단부 최후측 너비		d (후단부 최후측 내측점) d' (후단부 최후측 외측점)	기준점 d, d' 사이의 수직거리	

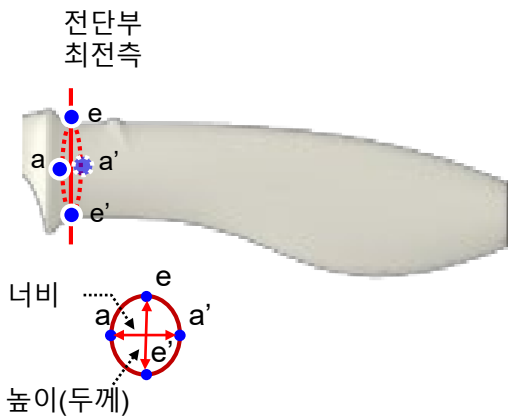
Appendix

S2. Hand-Handle Interface: 너비, 두께, 둘레길이

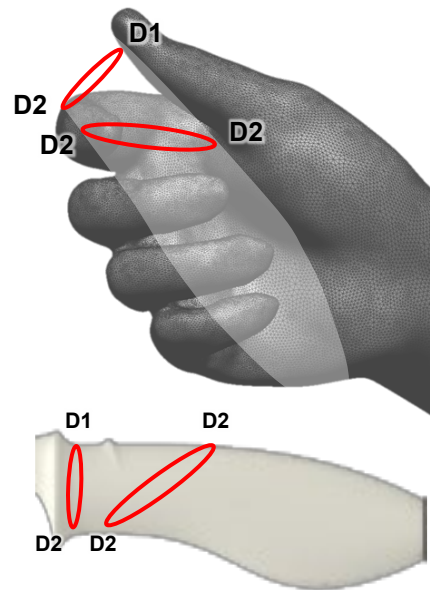
Handle 전단부 최전측

- ✓ 두께: digit 1 tip과 digit 2 DIP joint crease 사이 거리
- ✓ 너비: digit 2의 DIP와 MMC point를 장축으로 하여 fitting 되는 타원의 단축
- ✓ 둘레길이: 두께와 너비로 결정된 타원의 둘레

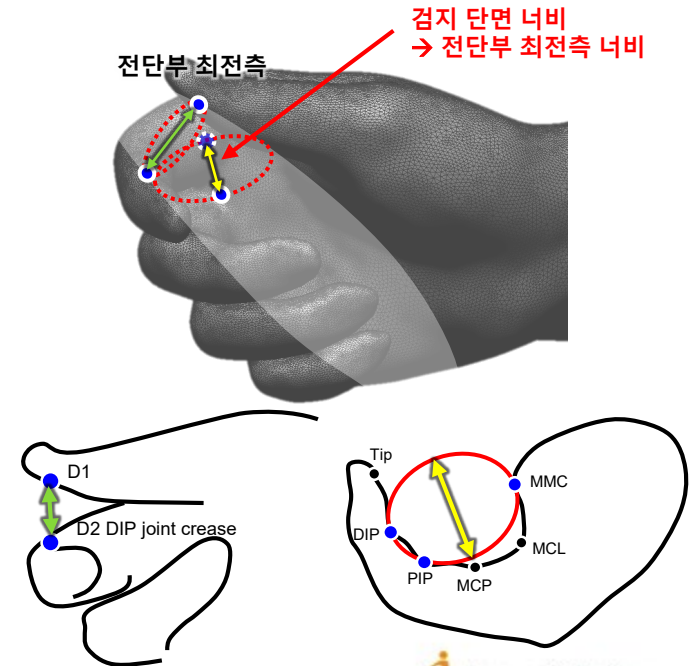
Handle 설계인자



Hand-Handle

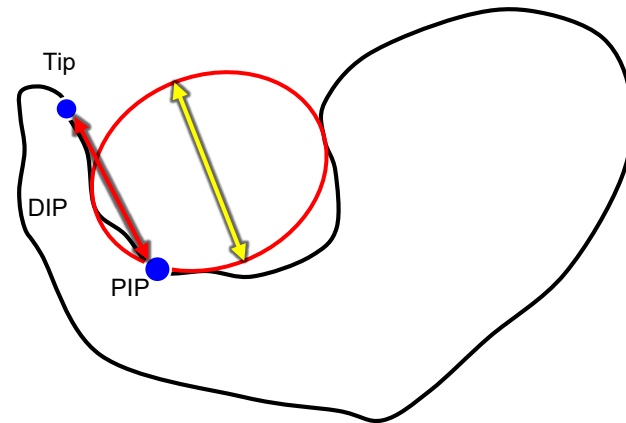
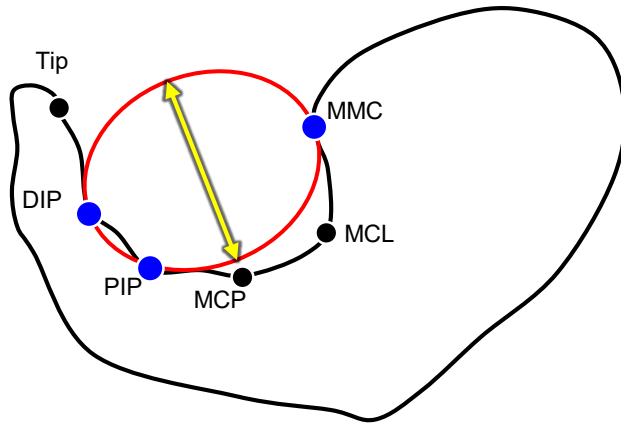


Hand dimension



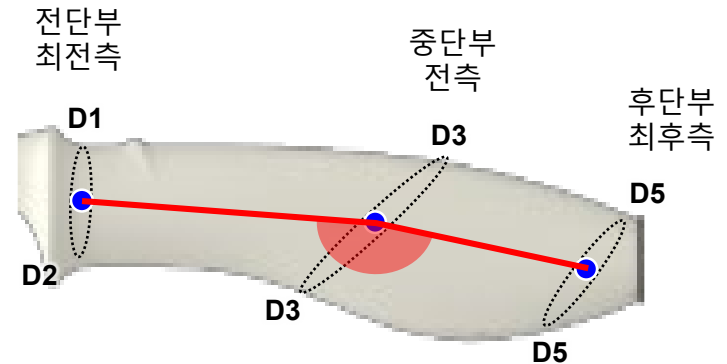
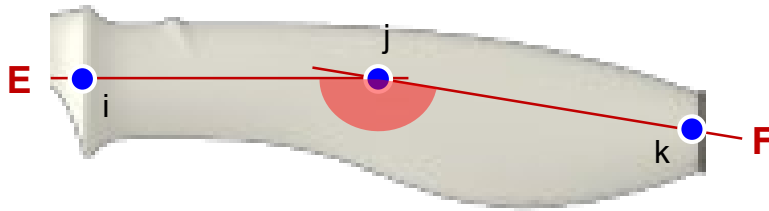
S2. Hand-Handle Interface: 너비, 두께, 둘레길이

- Handle 전단부 최전측 너비(타원 단축)는 Tip-PIP joint 사이 거리와 유사함



S2. Hand-Handle Interface: Grip부 각도

- Grip부 각도는 D1&2 (전단부 최전측), D3 (중단부 전측), D5 (후단부 최후측)에 형성된 타원의 중심 연결선 각도로 결정할 수 있음



S2. Hand-Handle Interface: 곡률

- 전단부 최전측, 중단부 전/후측, 후단부 최후측 곡률은 handle의 두께를 결정하는 각 기준점을 연결하여 형성된 곡선에 의해 결정됨

