

# 3D 측정을 통한 한국인 조종사 안면부 치수 분석

정정림<sup>1</sup> · 이원섭<sup>1</sup> · 박장운<sup>1</sup> · 이백희<sup>1</sup> · 전은진<sup>1</sup> · 손동훈<sup>2</sup>  
박세권<sup>2</sup> · 정대한<sup>2</sup> · 김희은<sup>3</sup> · 유희천<sup>1</sup>

<sup>1</sup>포항공과대학교 산업경영공학과

<sup>2</sup>공군사관학교 시스템공학과/기계공학과

<sup>3</sup>경북대학교 의류학과

2011. 5. 27

---

# Agenda

---


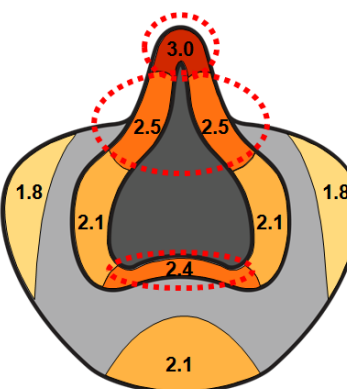
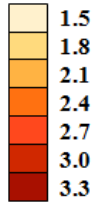
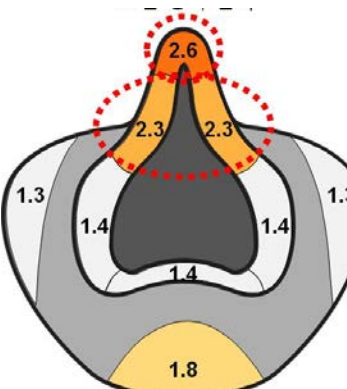
- 연구 배경 및 목적
- 연구 방법
- 연구 결과
  - 한국인 남성 조종사 vs. 한국인 남성 일반인
  - 한국인 남성 조종사 vs. 미국 육군
  - 한국인 남성 조종사 vs. 미국 공군
  - 한국인 남성 조종사 vs. 한국인 여성 조종사
- 토의

# 조종사 고성능 산소 마스크의 인체측정학적 설계

조종사 안면부 특성에 적합한 설계 필요



# 현재 산소마스크의 문제점

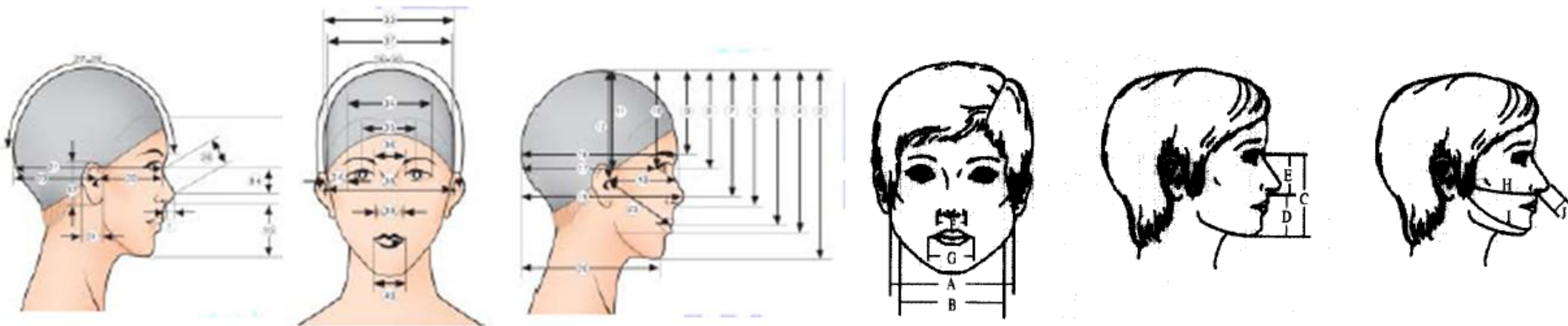
구분	내용	
제작	- 미국 G사 제작 - <b>US Air Force 안면부 data 적용</b>	
사용 	항공장구에 대한 설문조사 결과 (2006년 1월, 공군본부 작전훈련과)	- 산소 누설 - 코, 광대뼈, 턱 부위 압박감
	산소마스크의 사용자 불편도 조사 결과 (2010년 12월~2011년 1월)	- 착용 불편 부위: 콧등, 코 옆, 입술 밑 - 산소 누설 부위: 콧등, 코 옆 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <div style="text-align: center;">  <p>1.5 1.8 2.1 2.4 2.7 3.0 3.3</p> </div>  </div> <p>(부위별 착용 불편 정도)      (부위별 산소 누설 정도)</p>

한국인 조종사의 고성능 산소마스크 설계 시  
 한국인 조종사의 안면부 data 적용 필요

# 한국인 조종사 안면부 Data

- Size Korea data (2004)
  - 반면형 마스크 관련 측정 data 부족: 하악부 data 부족
  - 디지털 카메라 촬영을 통한 2D 계측 data

⇒ **조종사 고성능 산소마스크 설계 적용의 한계**



Size Korea 머리부위 측정 항목 (Size Korea, 2004)

반면형 마스크 설계 관련 측정 항목 (한돈희, 2002)

한국인 조종사 산소마스크 설계에 특화된 **3D 측정 data** 필요

추후 Virtual fit test에 활용 가능



# 한국인 조종사 인체 특성 분석

- 한국형 헬리콥터 조종실의 인체측정학적 설계 (정기효 외, 2007)

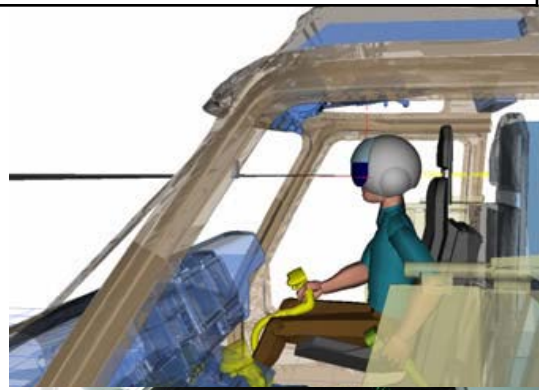
한국인 헬리콥터 조종사 vs. 한국인 일반인	한국인 헬리콥터 조종사 vs. US Army
한국인 헬리콥터 조종사 > 한국인 일반인	한국인 헬리콥터 조종사 > US Army
<p><b>하체</b> 관련 인체 변수</p> <p>(얇은 엉덩이 너비, 오금높이, 얇은 넓다리 높이, 위팔수직길이)</p>	<p><b>상체</b> 관련 인체 변수</p> <p>(얇은 키, 얇은 눈높이, 얇은 어깨높이)</p>



한국형 헬리콥터 개발 시  
한국인 헬리콥터 조종사의 인체 크기 적용 필요



한국인 조종사의 산소 마스크 설계 시  
한국인 조종사의 안면부 특성 이해 필요



# 연구 목적

한국인 조종사의 안면 유형에 적합한  
산소 마스크 설계 개발

## 한국인 조종사의 안면 계측 및 특성 분석

1. **추출:** 마스크 설계를 위한 안면부 측정 항목 추출
2. **계측:** 한국인 조종사 안면부 계측
3. **분석:** 한국인 조종사 안면부 특성 비교 분석

한국인 남성 조종사 vs. 한국인 일반 남성, US Air Force, US Army  
한국인 남성 조종사 vs. 한국인 여성 조종사

# 안면부 치수 분석 방법



측정 항목 추출

조종사 안면부 측정

직접 계측

3D 계측

측정기준점 부착

안면부 형상 3D 측정

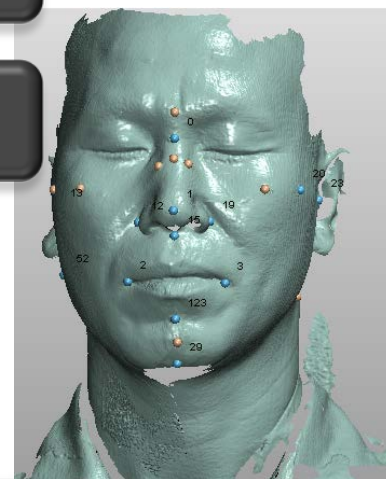
5개 부위 직접 계측

3D 측정 data post-processing  
(merge, landmark ID)

안면부 인체 치수 추출  
(MATLAB)

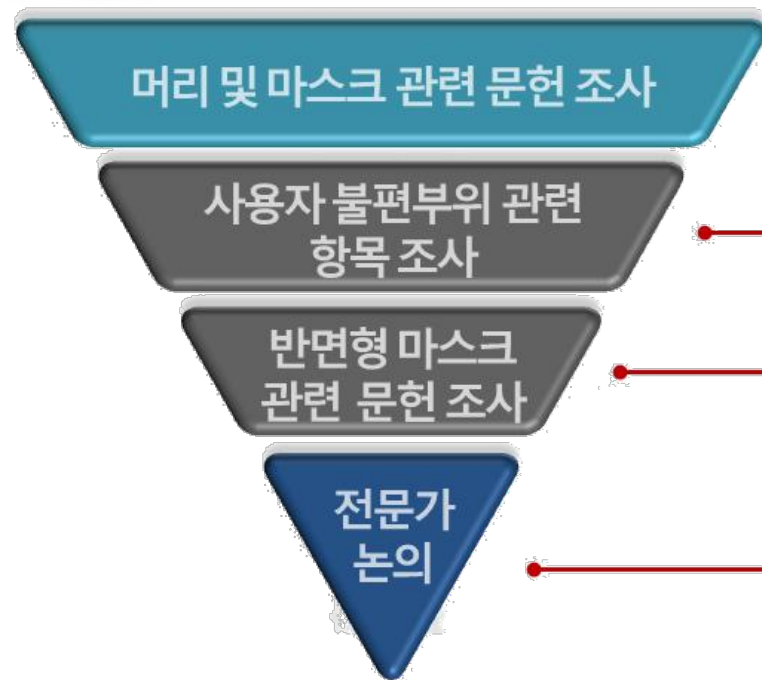


조종사 안면부 치수 분석





# 안면부 측정 항목 선정



109개 항목

Size Korea data(2004), US Army data(1987~1988) 등  
국외 7편, 국내 6편

31개 항목

코, 광대뼈, 턱부위 관련 항목 선정

26개 항목

Oestenstad et al.(1990), 한돈희(2003) 등

22개 항목

구분	No.	항목/연구자(내용)		Size Korea (2007)	U.S. Army (1987-1988)	Hack and McConville (1978)	Yokota (2005)	Zhang et al. (2010)	Zhuang et al. (2010)	Oestenstad et al. (1990)	Hughes and Lomaev (1972)	Enciso et al. (2003)	박세진 (2009)	한돈희 (2003)	안영실, 서미아 (2004)	김선희 (2005)	김선희 외 (2004)	김선희 (2004)	Oxygen mask 관련 변수		
		(Ko.)	(Eng.)	survey	survey	respirator design	military design & sizing	creating headforms representative	analyzing 3D head scan data	respirator test	respirator design	analyzing 3D head data	방독면 설계	반면형 마스크 설계	모자제작	모자치수체계	머리유형분류	머리유형분류			
둘레	1	머리둘레	head circumference		○										○	○	○	○			
	2	귀구슬-턱끝 둘레	Bitragion-menton Arc		○					○				○	○					●	
	3	귀구슬-코밑점둘레	Bitragion-Subnasale Arc		○					○				○	○					●	
	4	귀구슬-이마돌출둘레	Bitragion frontal arc		○	○															
	5	귀구슬-아래턱밑둘레	Bitragion submandibular arc		○	○															
	6	현골-아래턱밑둘레	Bizygomatic-submandibular arc			○															●
	7	현골-턱끝둘레	Bizygomatic-menton arc			○															●
	8	현골-이마둘레	Bizygomatic-minimum frontal arc			○															●
	9	현골-이마사자점둘레	Bizygomatic-crinion arc			○															●
	10	귀구슬사이머리위길이	Bitragion Arc	○	○											○	○	○	○		
	11	귀구슬사이머리위보정길이	Bitragion Arc	○																	
	12	귀구슬사이뒤쪽수정길이														○					

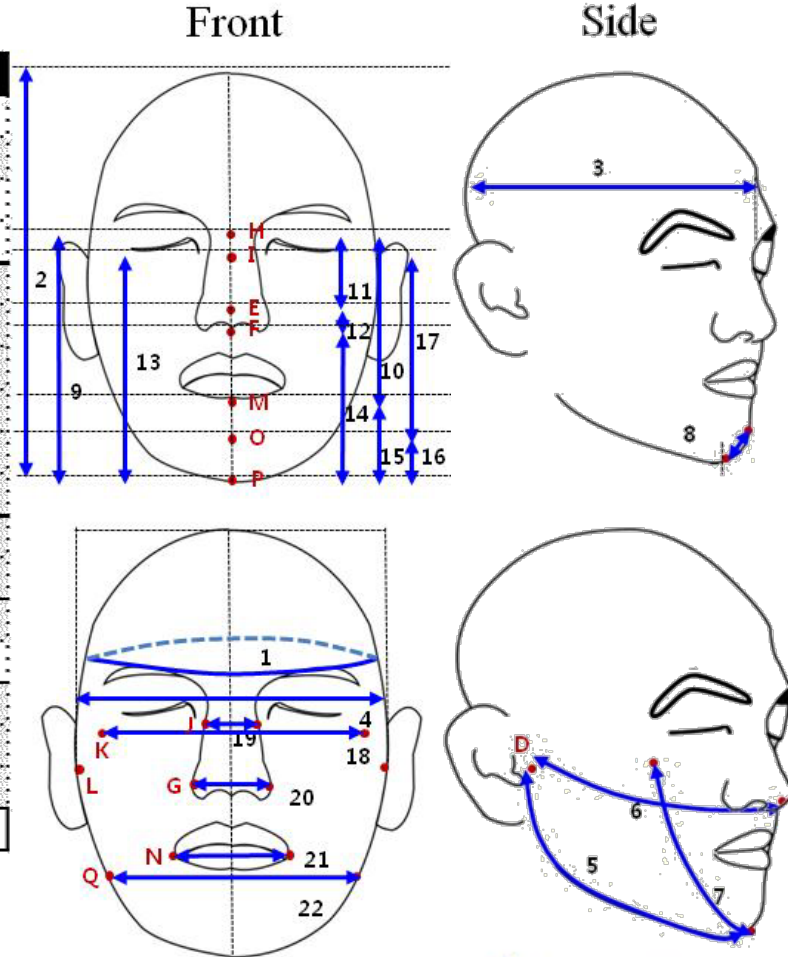
(안면부 측정 항목 선정의 예)

# 안면부 측정 항목 및 기준점

- 측정 기준점: 17개
- 측정 항목: 총 22개 항목 (길이 12개, 너비 6개, 둘레 4개)

No.	Anthropometric dimension
1	머리둘레
2	머리수직길이
3	머리둘레
4	머리너비
5	귀구슬-턱끝 둘레
6	귀구슬-코밑점둘레
7	협골-턱끝둘레
8	앞턱끝점-턱끝점길이
9	얼굴수직길이(코뿌리점-턱끝점)
10	얼굴수직길이(코뿌리점-입술밑 함몰점)
11	코 길이
12	코 높이
13	턱끝점-코돌출뼈수직길이
14	턱끝점-코밑점길이
15	턱끝점-입술밑함몰점수직길이
16	턱끝점-앞턱끝점수직길이
17	앞턱끝점-코돌출뼈수직길이
18	얼굴너비
19	코뿌리너비
20	코너비
21	입너비
22	턱너비



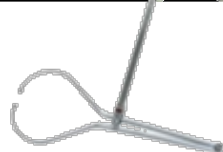
구분	No.	Landmarks
비골부	A	머리마루점
	B	눈살점
	C	뒤통수돌출점
	D	귀구슬점
	E	코끝점
	F	코밑점
	G	코요점
	H	코뿌리점
	I	코돌출뼈점
	J	코돌출뼈요점
상악골부	K	상악골 관골돌기점
관골부	L	관골측두돌기점
입술	M	입술아래함몰점
	N	입술옆점
하악부	O	앞턱끝점
	P	턱끝점
	Q	턱모서리점
항목수	17개	

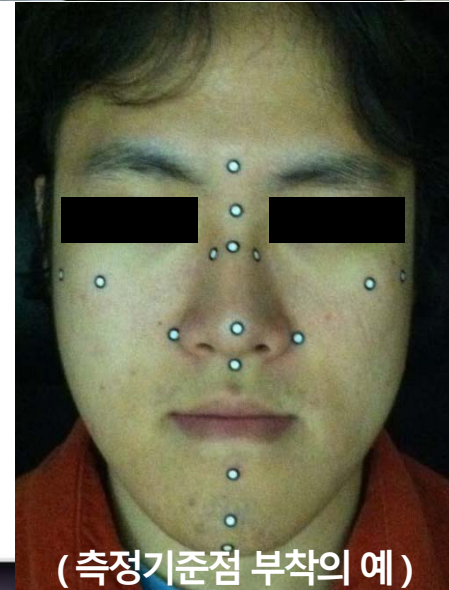


# 직접 계측

- 계측 대상자 (총 336명)
  - 한국인 남성 조종사 278명(연령 23 ~ 46세)
  - 한국인 여성 조종사 6명(연령 23 ~ 26세)
  - 공군사관학교 여생도 52명(연령 19 ~ 22세)
- 계측 항목 및 기기




계측 항목: 총 5개	계측 기기: Martin식 인체 계측기
머리둘레	measuring tape 
머리수직길이	anthropometer 
머리두께, 머리너비, 얼굴너비	spreading caliper 



(측정기준점 부착의 예)

# 3D 계측

순서	과정	세부 내용	
1	Scanning	계측기기	Rexcan 560 (Solutionix Corp., Korea) 
		계측순서	① 특수 제작된 암막(150 × 150 × 170 cm) 안에 피험자 위치 ② 안면부 scanning: 5개 방향 ⇒ 정면, 측면 (좌, 우 30도, 60도) 
2	Merge & Landmark ID	Program	Rapidform 2006 (Solutionix Corp., Korea) 
3	Analysis	Program	MATLAB™ 2008a (MathWorks, Inc., USA)



# 안면부 Data 추출 예





# 조종사 안면부 치수 기술 통계치

- 측정 대상자: 336명(남성 조종사 278명, 여성 조종사 6명, 공사 여생도 52명)
- Missing data(3D 측정 시 landmark 누락된 25명)는 분석에서 제외

단위: mm

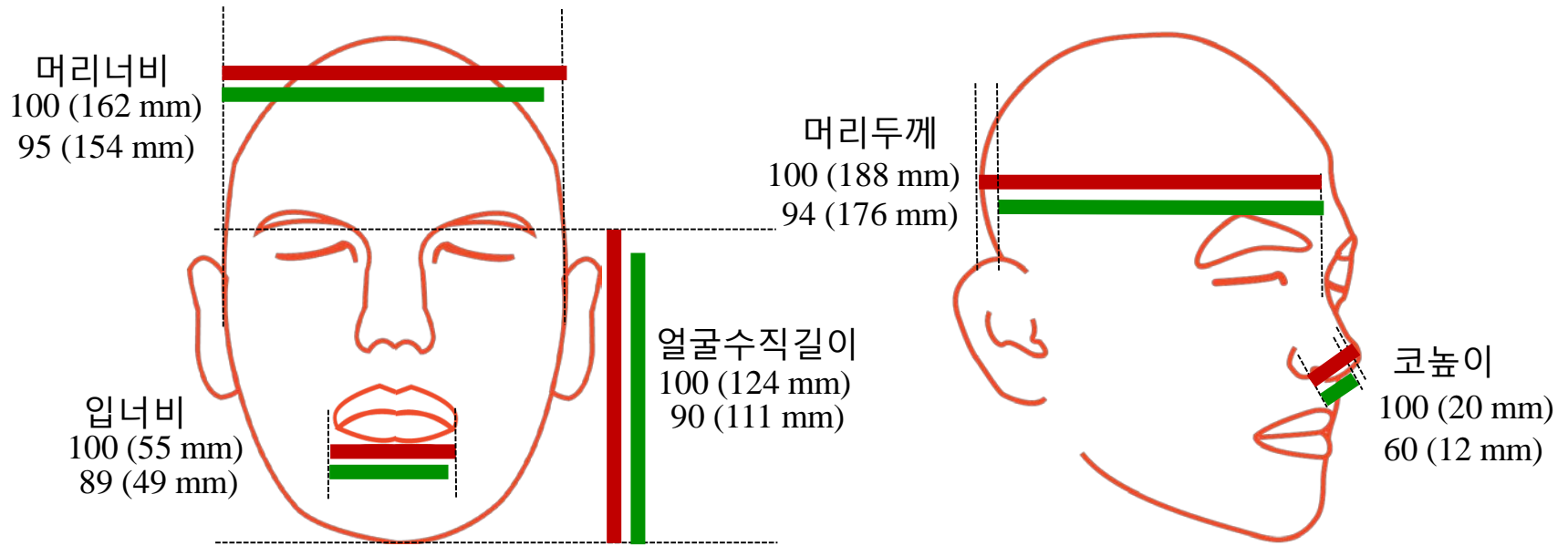
No.	Anthropometric dimension	n	Mean	SD	Min	Max	CV
1	머리둘레	335	564	13.5	517	605	0.02
2	머리수직길이	335	239	9.7	213	271	0.04
3	머리두께	335	187	6.9	162	204	0.04
4	머리너비	335	161	6.4	124	181	0.04
5	얼굴너비	335	136	7.6	108	157	0.06
6	귀구슬-턱끝 둘레	336	314	16.3	269	361	0.05
7	귀구슬-코밑점둘레	336	283	12.9	236	319	0.05
8	협골-턱끝둘레	336	339	25.2	235	401	0.07
9	앞턱끝점-턱끝점길이	336	17	3.6	9	28	0.21
10	얼굴수직길이(코뿌리점 - 턱끝점)	336	122	6.2	107	141	0.05
11	얼굴수직길이(코뿌리점 - 입술밑 함몰점)	336	94	5.1	78	112	0.05
12	코 길이	336	55	3.3	46	65	0.06
13	코 높이	336	20	1.8	16	27	0.09
14	턱끝점-코돌출뼈수직길이	336	109	6.1	93	127	0.06
15	턱끝점-코밑점길이	336	67	4.8	57	84	0.07
16	턱끝점-입술밑함몰점수직길이	336	28	3.9	19	39	0.14
17	턱끝점-앞턱끝점수직길이	336	14	2.7	8	22	0.19
18	앞턱끝점-코돌출뼈수직길이	336	95	5.8	78	110	0.06
19	코뿌리너비	336	18	2.3	12	27	0.13
20	코너비	336	37	2.8	30	46	0.07
21	입너비	336	53	5.0	39	70	0.09
22	턱너비	282	132	8.2	111	158	0.06

# 안면부 치수 비교

단위: mm

No.	Anthropometric dimension	한국 남성 조종사 (연령 23 ~ 46세; n = 278)		한국인 일반 남성 (Size Korea; 연령 25 ~ 40세; n = 803; 2004년)		US Air Force (20/P 착용자; 연령 23 ~ 36세; n = 2420; 1967년)		US Army (연령 25 ~ 40세; n = 914; 1988년)	
		Mean	SD <sup>P</sup>	Mean	SD <sup>S</sup>	Mean	SD <sup>F</sup>	Mean	SD <sup>A</sup>
1	머리둘레	566	13.4	-	-	-	-	569	15.6
2	머리수직길이	241	8.2	214	28.6	-	-	-	-
3	머리두께	188	6.5	176	20.5	-	-	197	7.3
4	머리너비	162	6.4	154	18	-	-	152	5.4
5	얼굴너비	138	6.5	-	-	142	5.2	141	5.5
6	귀구슬-턱끝 둘레	318	13.1	-	-	327	12.4	-	-
7	귀구슬-코밑점둘레	285	11.3	-	-	293	10.2	-	-
8	협골-턱끝둘레	343	24.8	-	-	-	-	-	-
9	앞턱끝점-턱끝점길이	17	3.6	-	-	-	-	-	-
10	얼굴수직길이(코뿌리점 - 턱끝점)	124	5.6	111	14.4	120	6.1	122	6.5
11	얼굴수직길이(코뿌리점 - 입술밑 함몰점)	95	5.0	-	-	-	-	-	-
12	코 길이	56	3.1	-	-	-	-	-	-
13	코 높이	20	1.8	12	2.3	-	-	-	-
14	턱끝점-코돌출뼈수직길이	111	5.5	-	-	-	-	-	-
15	턱끝점-코밑점길이	68	4.6	63	8.3	-	-	-	-
16	턱끝점-입술밑함몰점수직길이	29	3.8	-	-	-	-	-	-
17	턱끝점-앞턱끝점수직길이	14	2.8	-	-	-	-	-	-
18	앞턱끝점-코돌출뼈수직길이	97	5.2	-	-	-	-	-	-
19	코뿌리너비	19	2.2	-	-	16	2.1	-	-
20	코너비	38	2.6	39	3.4	35	2.9	-	-
21	입너비	55	4.2	49	5.2	52	3.7	-	-
22	턱너비	132	8.2	-	-	-	-	-	-

# 한국인 남성 조종사 vs. 한국인 일반 남성



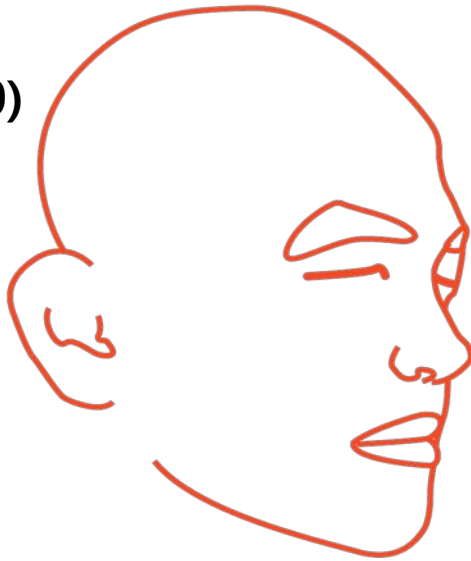
남자 조종사 기준(100)

단위: mm

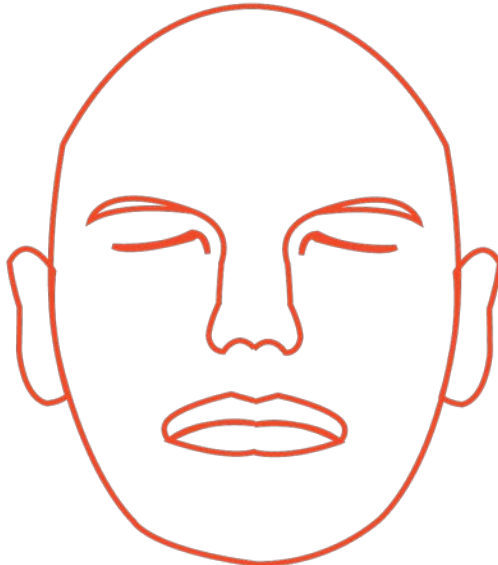
Male	Pilot (n = 278)	Size Korea (n = 803)	Difference (SD <sup>P</sup> /SD <sup>S</sup> )
머리너비	162 ± 6.4	154 ± 18	8 (0.4)
머리두께	188 ± 6.5	176 ± 20.5	12 (0.3)
얼굴수직길이	124 ± 5.6	111 ± 14.4	13 (0.4)
입너비	55 ± 4.2	49 ± 5.2	6 (0.8)
코높이	20 ± 1.8	12 ± 2.3	8 (0.8)

# 한국인 남성 조종사 vs. 한국인 일반 남성

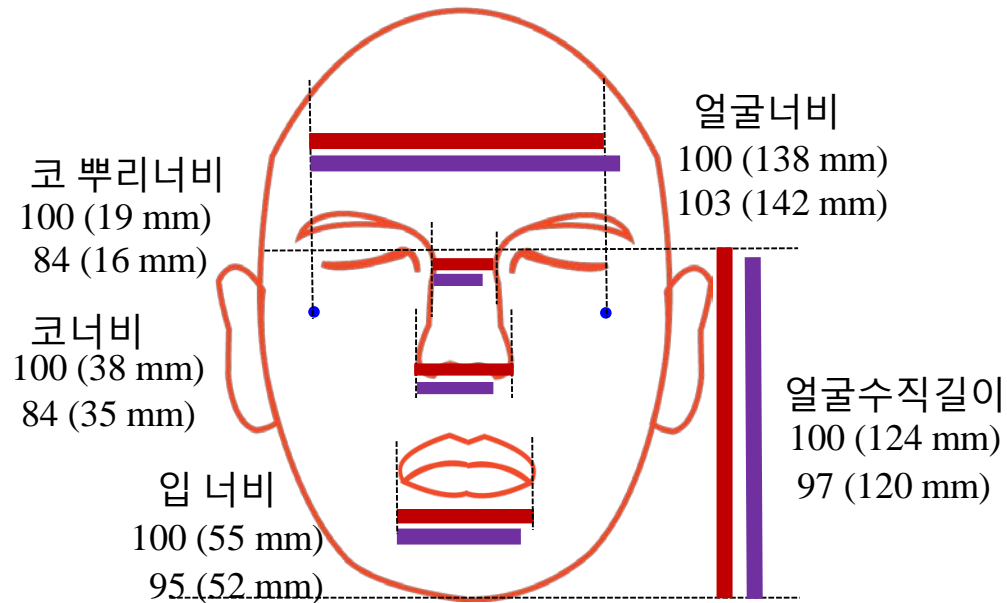
남성 조종사(100)



한국인 일반 남성



# 한국인 남성 조종사 vs. US Air Force



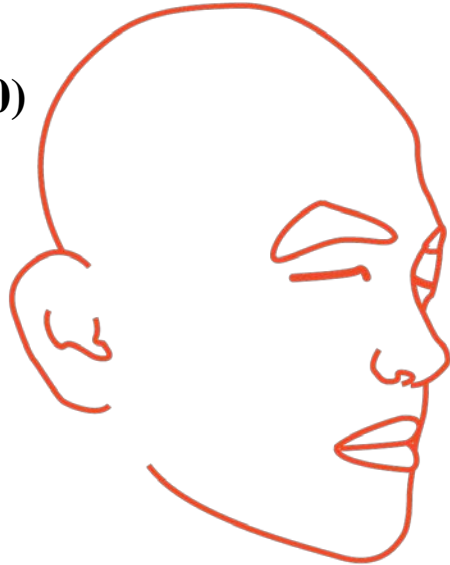
남자 조종사 기준(100)

Male	Pilot ( <i>n</i> = 278)	US Air Force ( <i>n</i> = 2420)	Difference (SD <sup>P</sup> /SD <sup>F</sup> )
얼굴너비	138 ± 6.5	142 ± 5.2	-4 (1.3)
얼굴 수직길이	124 ± 5.6	120 ± 6.1	4 (0.9)
입너비	55 ± 4.2	52 ± 3.7	3 (1.1)
코뿌리 너비	19 ± 2.2	16 ± 2.1	3 (1.0)
코너비	38 ± 2.6	35 ± 2.9	3 (0.9)

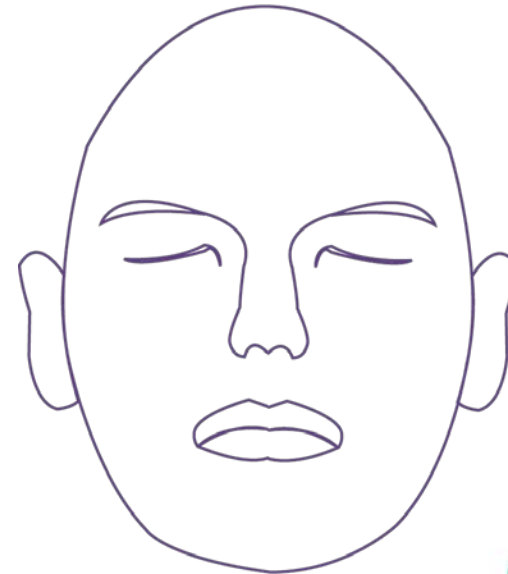
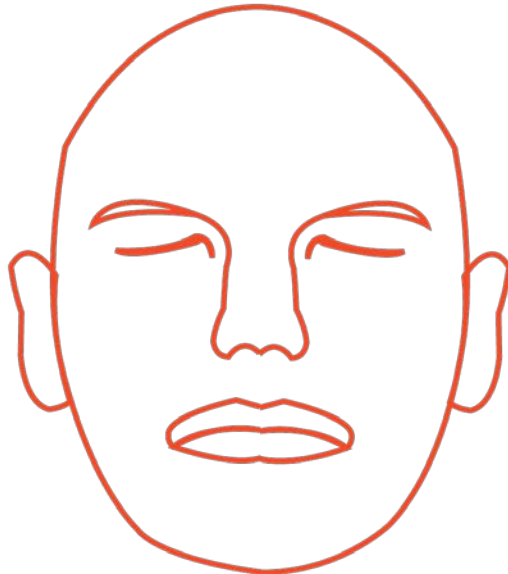


# 한국인 남성 조종사 vs. US Air Force 남성

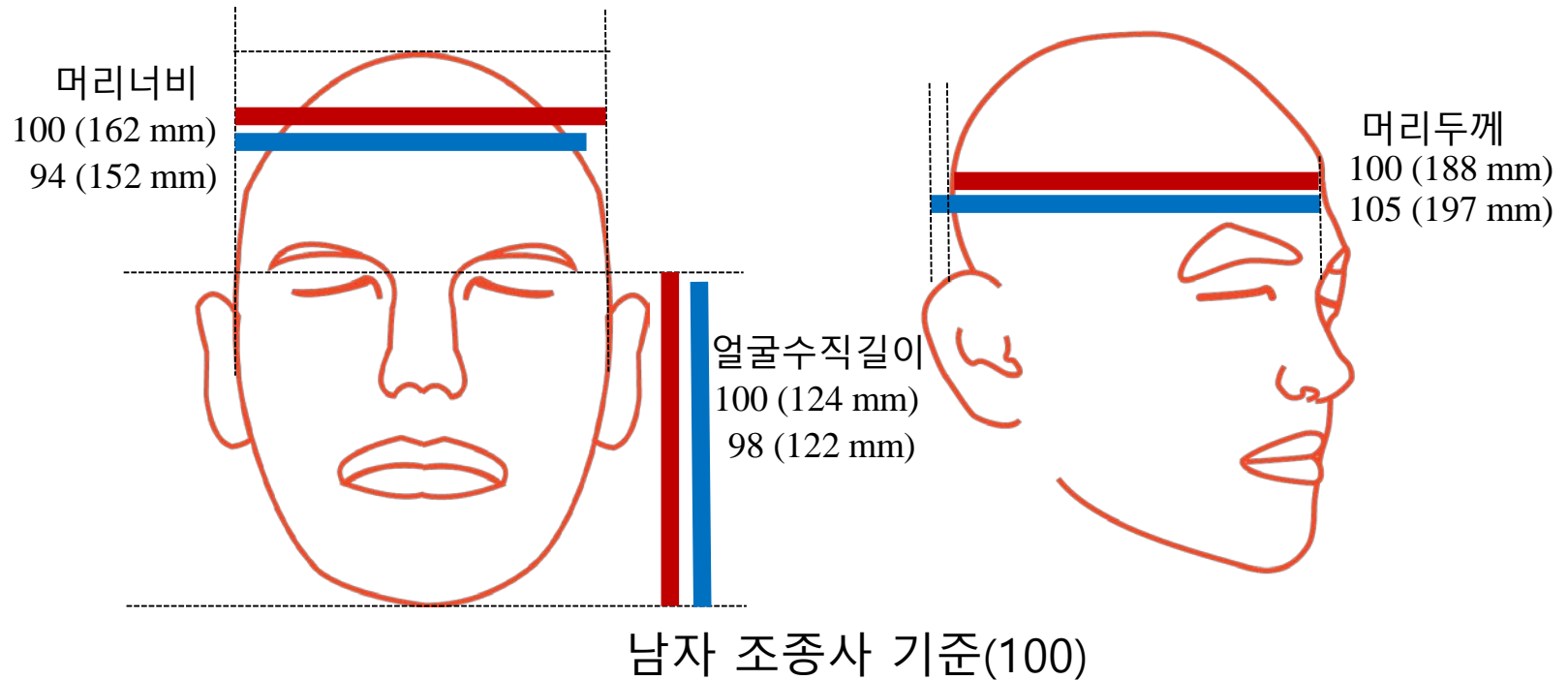
남성 조종사(100)



US Air Force 남성



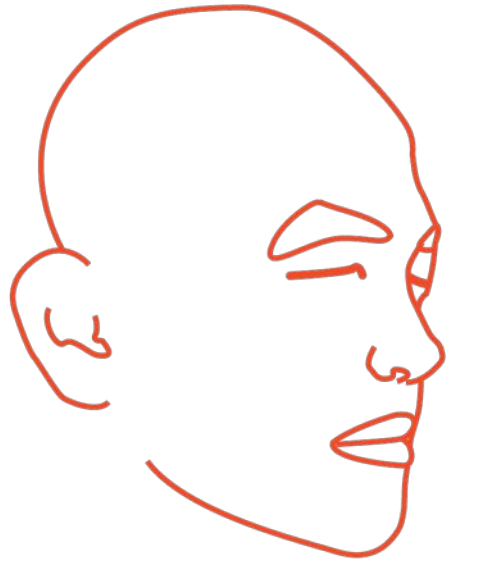
# 한국인 남성 조종사 vs. US Army



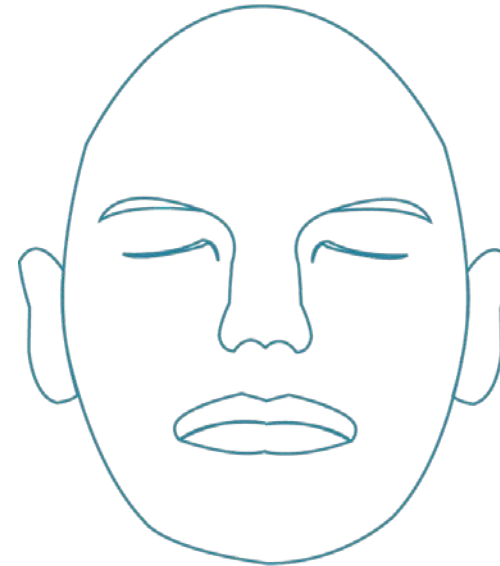
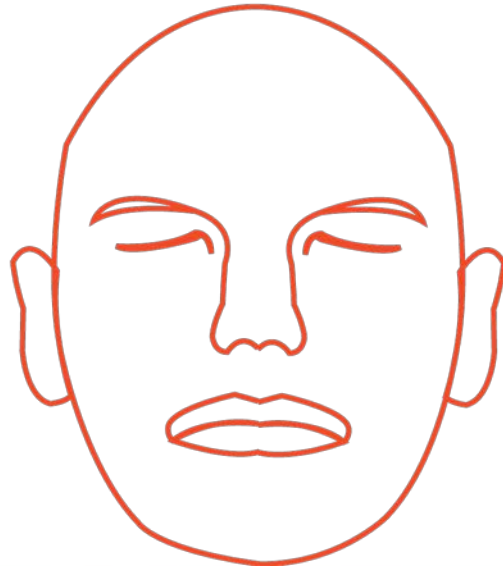
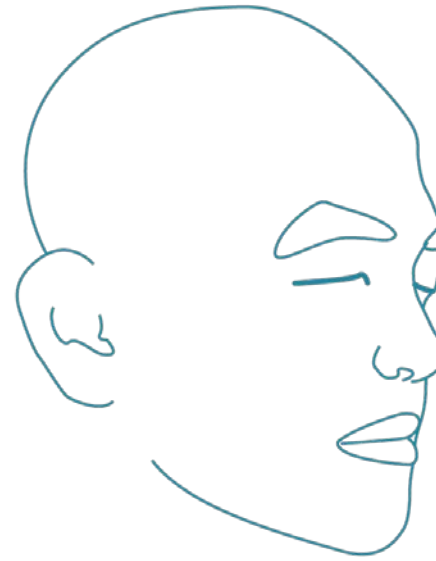
Male	Pilot ( <i>n</i> = 278)	US Army ( <i>n</i> = 914)	Difference (SD <sup>P</sup> /SD <sup>A</sup> )
머리너비	162 ± 6.4	152 ± 5.4	10 (1.2)
얼굴 수직길이	124 ± 5.6	122 ± 6.5	2 (0.9)
머리두께	188 ± 6.5	197 ± 7.3	-9 (0.9)

# 남자 조종사 vs. US Army 남자

남자 조종사

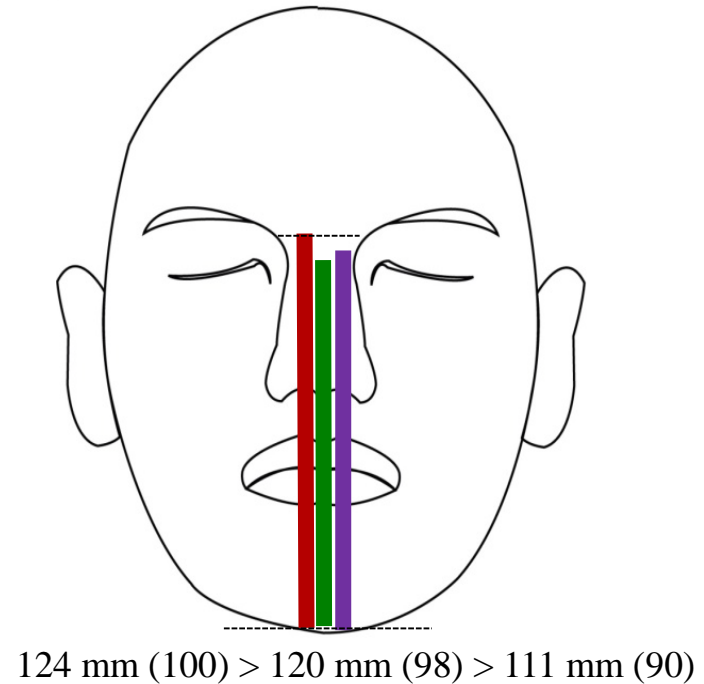
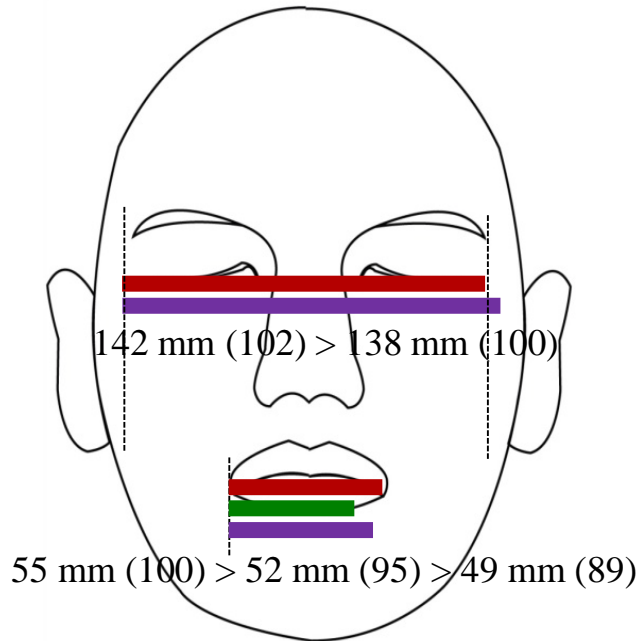


US Army 남자



# 한국인 남성 조종사 안면부 특성

- 입 너비, 얼굴너비, 얼굴수직길이 치수비교

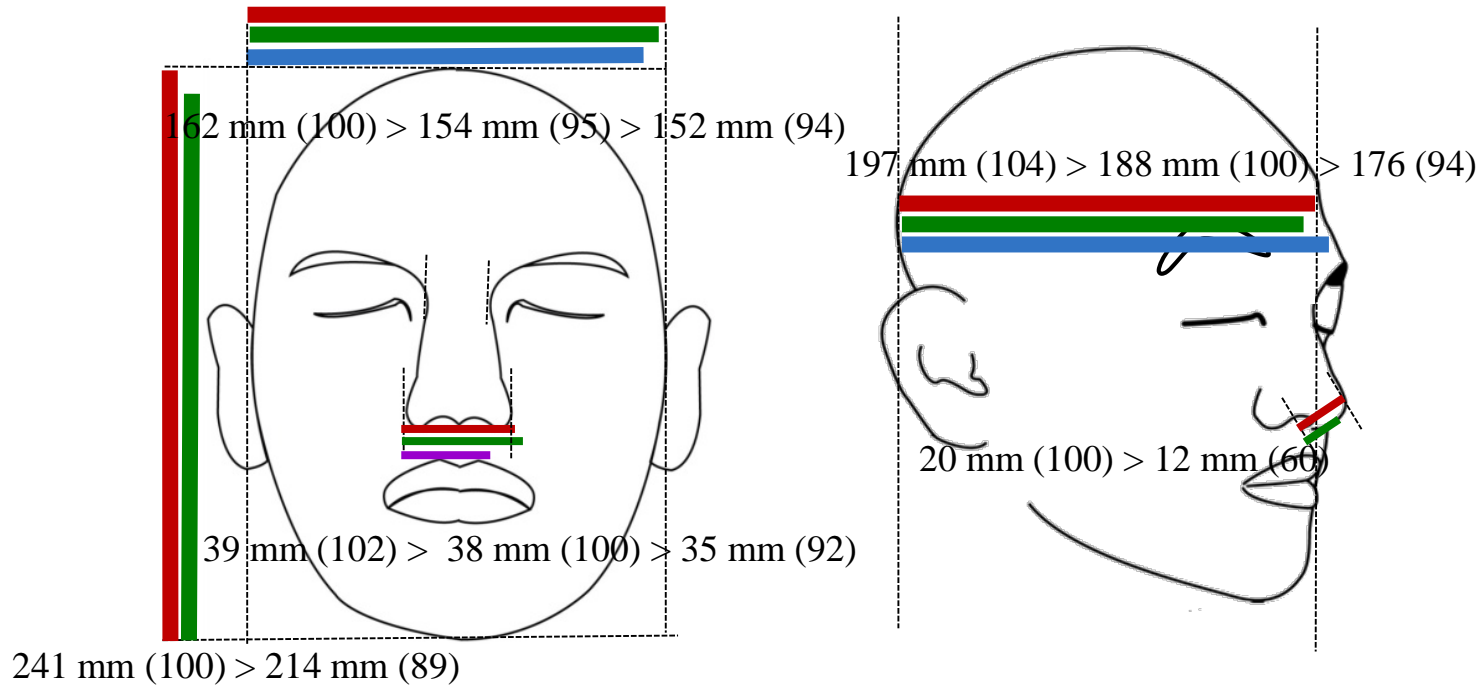


— 한국인 남성 조종사    — 한국인 일반 남성    — US Air Force

- ✓ 입 너비 : Pilot > US Air Force > Size Korea
- ✓ 얼굴너비 : US Air Force > Pilot
- ✓ 얼굴수직길이 : Pilot > US Air Force > Size Korea

# 한국인 남성 조종사 안면부 특성

- 머리수직길이, 머리두께, 머리너비, 코 너비 치수비교



■ 한국인 남성 조종사   
 ■ 한국인 일반 남성   
 ■ US Army   
 ■ US Air Force

- ✓ 머리수직길이 : Pilot > Size Korea
- ✓ 머리너비 : Pilot > Size Korea > US Army
- ✓ 머리두께 : US Army > Pilot > Size Korea
- ✓ 코 너비 : Size Korea > Pilot > US Air Force
- ✓ 코 높이 : Pilot > Size Korea



# 한국인 남성 조종사 vs. 여성 조종사, 공사여생도

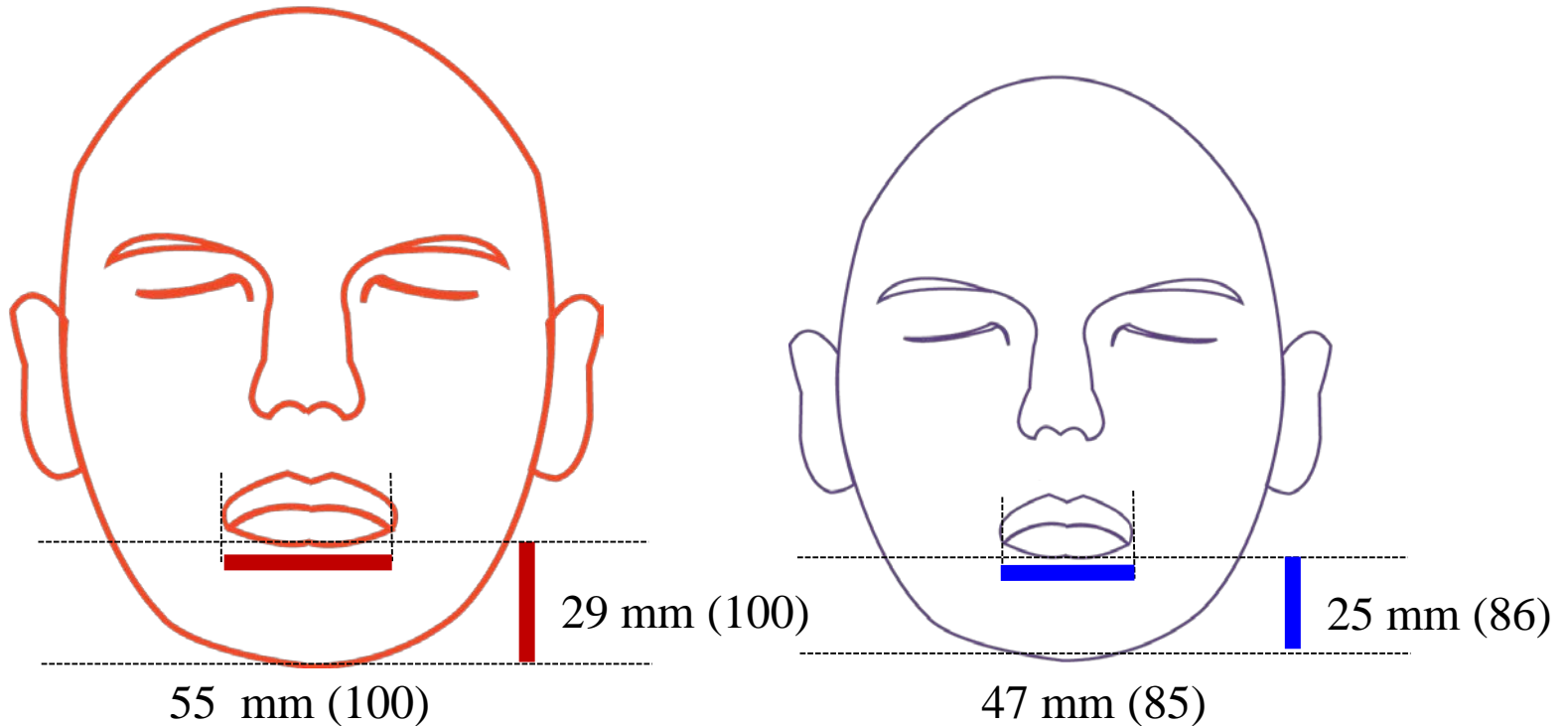
- 한국인 남성 조종사의 인체크기 변동이 여성 조종사 및 여자생도에 비해 큼(0.9 ~ 1.7배)  
 ⇒ 여성 조종사와 여자생도의 인체크기 변동 작음

단위: mm

No.	Anthropometric dimension	Male (n = 278)		Female (n = 58)		Difference (Male - Female)		Normalization	
		Mean	SD <sup>M</sup>	Mean	SD <sup>F</sup>	Mean	SD <sup>M</sup> /SD <sup>F</sup>	Male	Female
1	머리둘레	566	13.4	557	11.7	9	1.1	100	98
2	머리수직길이	241	8.2	228	9.2	13	0.9	100	95
3	머리두께	188	6.5	181	5.7	7	1.1	100	96
4	머리너비	162	6.4	157	5.0	5	1.3	100	97
5	얼굴너비	138	6.5	127	6.1	11	1.1	100	92
6	귀구슬-턱끝 둘레	318	13.1	292	12.3	26	1.1	100	92
7	귀구슬-코밑점둘레	285	11.3	270	12.3	15	0.9	100	95
8	협골-턱끝둘레	343	24.8	318	15.0	25	1.7	100	93
9	앞턱끝점-턱끝점길이	17	3.6	17	3.2	0	1.1	100	100
10	얼굴수직길이(코뿌리점 - 턱끝점)	124	5.6	116	4.8	8	1.2	100	94
11	얼굴수직길이(코뿌리점 - 입술밑 함몰점)	95	5.0	91	4.4	4	1.1	100	96
12	코 길이	56	3.1	53	3.5	3	0.9	100	95
13	코 높이	20	1.8	19	1.8	1	1.0	100	95
14	턱끝점-코돌출뼈수직길이	111	5.5	103	4.6	8	1.2	100	93
15	턱끝점-코밑점길이	68	4.6	63	3.1	5	1.5	100	93
16	턱끝점-입술밑함몰점수직길이	29	3.8	25	2.9	4	1.3	100	86
17	턱끝점-앞턱끝점수직길이	14	2.8	14	2.5	0	1.1	100	100
18	앞턱끝점-코돌출뼈수직길이	97	5.2	89	4.1	8	1.3	100	92
19	코뿌리너비	19	2.2	17	2.4	2	0.9	100	89
20	코너비	38	2.6	35	2.1	3	1.2	100	92
21	입너비	55	4.2	47	3.5	8	1.2	100	85
22	턱너비	132	8.2	125	7.1	7	1.2	100	95

# 남성 조종사 vs. 여성 조종사, 공사여생도

- 여자 조종사는 **입 부분 작음**(입너비: 8 mm; 턱끝점-입술밀함물점 수직길이: 4 mm)  
⇒ 여자 조종사의 인체특성을 고려한 마스크 설계 필요  
조종사 성별 분포(남:녀 = 9:1)가 고려된 인체측정 data에 기초한 설계 필요



# 토의

## 1. 한국인 조종사 산소 마스크 설계를 위한 안면부 측정 항목 추출

- 4단계(마스크와 머리 관련 문헌 조사, 반면형 마스크 관련 문헌 조사, 사용자 불편부위 관련 항목 조사, 전문가 논의) 선정 과정 ⇒ 산소 마스크 설계를 위한 안면부 측정 시 높은 사용 적합성
- 다양한 종류의 반면형 마스크 설계에 활용 가능

## 2. 안면부 치수

- 한국인 남성 조종사 vs. 한국인 일반 남성, 미국 육군, 미국 공군 조종사 안면부 치수 상이 ⇒ 한국인 조종사의 안면부 치수 특성이 반영된 마스크 설계 필요

## 3. 안면부 치수 산포

- 한국인 조종사  $\approx$  미국 육군, 미국 공군 조종사 < 일반인 ⇒ 현행 산소 마스크 치수 간격 유지 가능
- 한국인 남성 조종사 > 한국인 여성 조종사 및 여생도 (0.9 ~ 1.7배) ⇒ 여성 조종사 안면부 특성에 적합한 마스크 형상 및 사이즈 개발 필요

# Q & A

경청해 주셔서 감사합니다.

