



통기성 향상을 위한 하계비행복 설계 및 착용쾌적성 평가

전은진¹, 박세권², 하지현³, 김희은³, 유희천¹

2013. 5. 11



포항공과대학교 산업경영공학과



공군사관학교 시스템공학과



경북대학교 의류학과

Agenda

- 서론
 - 연구 배경
 - 연구 목적
- 연구 방법 및 결과
 - 하계비행복 설계
 - 착용쾌적성 평가 방법
 - 착용쾌적성 평가 결과
- 토의
- 기대효과



비행복의 중요성

상하일체형 전투 조종 비행복

비행 임무 수행



지상 근무 수행



≥ 6시간/일 착용

착의성, 동작성, 편이성

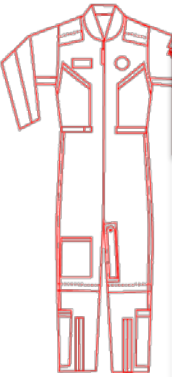
유(Nomex)

조종사 신체보호 및 안전 제공

원활한 비행 임무 수행
비행 전투 능력 향상

비행복 연구 배경

공군본부 군수참모부 군수지원처 지원(2009)

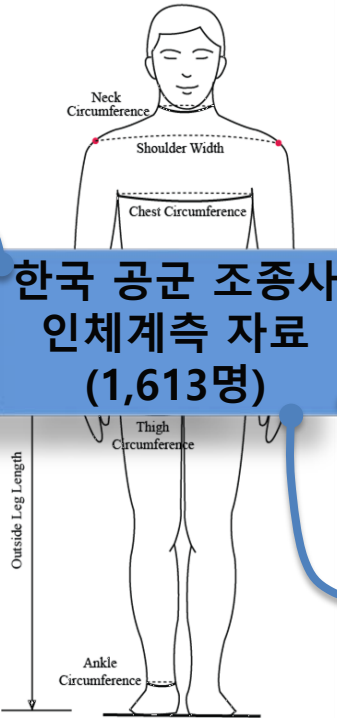


치수 체계

한국 공군 조종사
인체계측 자료 분석

치수 체계 개선

인구 수용율 분석



한국 공군 조종사
인체계측 자료
(1,613명)

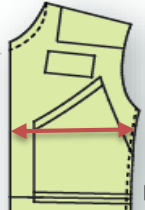
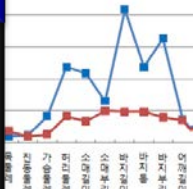
패턴 설계

기존 비행복
착용특성 및 패턴 분석

부위별 여유량 도출

의복 산출식 수립

지수가맞지않는부위, 비행



가슴둘레
앞 - $B/4+3.25$
뒤 - $B/4+3.75$

키	몸소	소	중	대	등	특대	인계
가용 폭	<163	<168	<173	<178	<183	<190	
85 (82.5~87.4)	0.06	0.93	3.22	2.05	0.81	0.06	개선후 96%
90 (87.5~92.4)		1.55	7.19	8.06	2.91	1.12	19.8(32.7)
95 (92.5~97.4)	0.12	1.86	10.11	12.15	5.52	1.05	30.8(497)
100 (97.5~102.4)		0.87	5.27	10.79	6.76	2.05	25.7(415)
105 (102.5~107.4)	0.31		2.17	4.22	3.53		
110 (107.5~112.4)	0.12		0.68	1.49	1.18		
115 (112.5~117.4)			0.19	0.25	0.37		
120 (117.5~122.4)					0.06		0.1(1)
125 (122.5~127.4)							개선전 79.8%
인계	0.18	5.64	28.83	39.00	21.14		

인간공학적 비행복 설계 개선 및 평가

개선 비행복의 효용성 검증

골반 벌림- Hip Abduction



비행복 연구 배경

치수 체계

개별 신체사이즈에 적합한
치수 선정 가능

신체 부위별 맞춤새 향상

착용감 향상

패턴 설계

부위별 적절한 여유량 삽입

동작성 향상

조종사 만족도 상승

비행능률 향상, 안전성 및 전투력 향상



하계 비행복 연구 배경

국제공공디자인상(International Public Design Award) 인간공학부문 대상(Grand Prix), 2012



비행복 소재 문제점

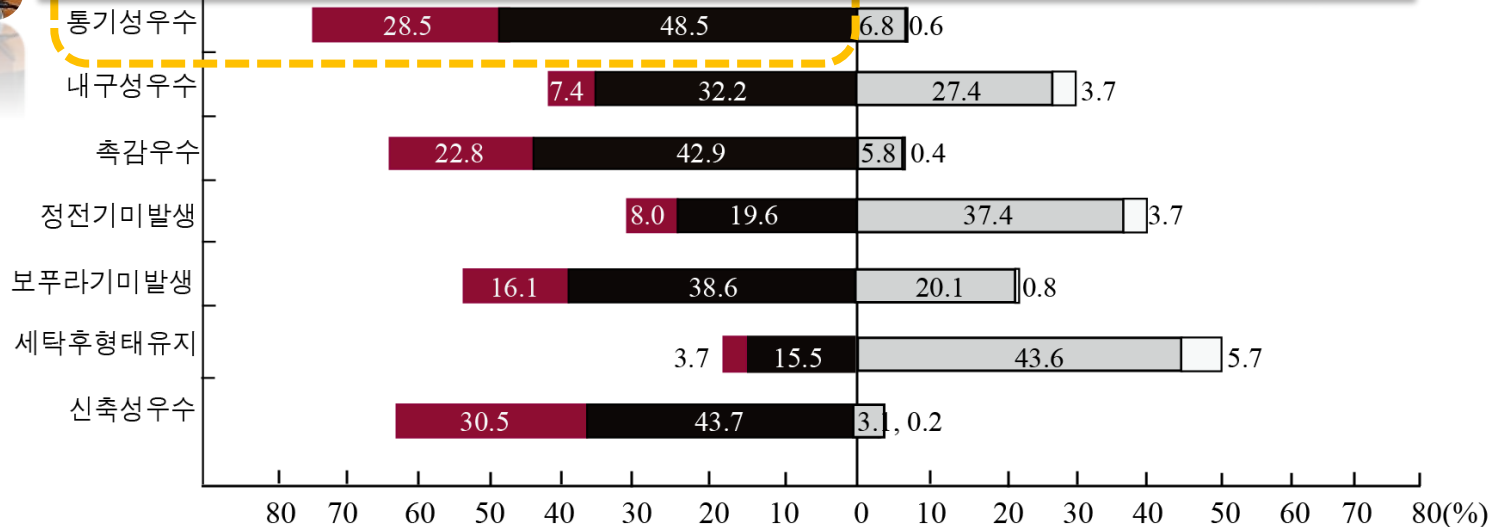
- ❖ 현 한국 공군 비행복 착용쾌적성 관련 문제점
- ❖ 설문 조사(2009년, 조종사 563명, 공군본부 군수참모부)
 - ➔ **보온성(76.2%), 흡수성(79%), 통기성(77%)**에서 불편함



비행복 소재 및 착용쾌적성 개선 요구사항 파악

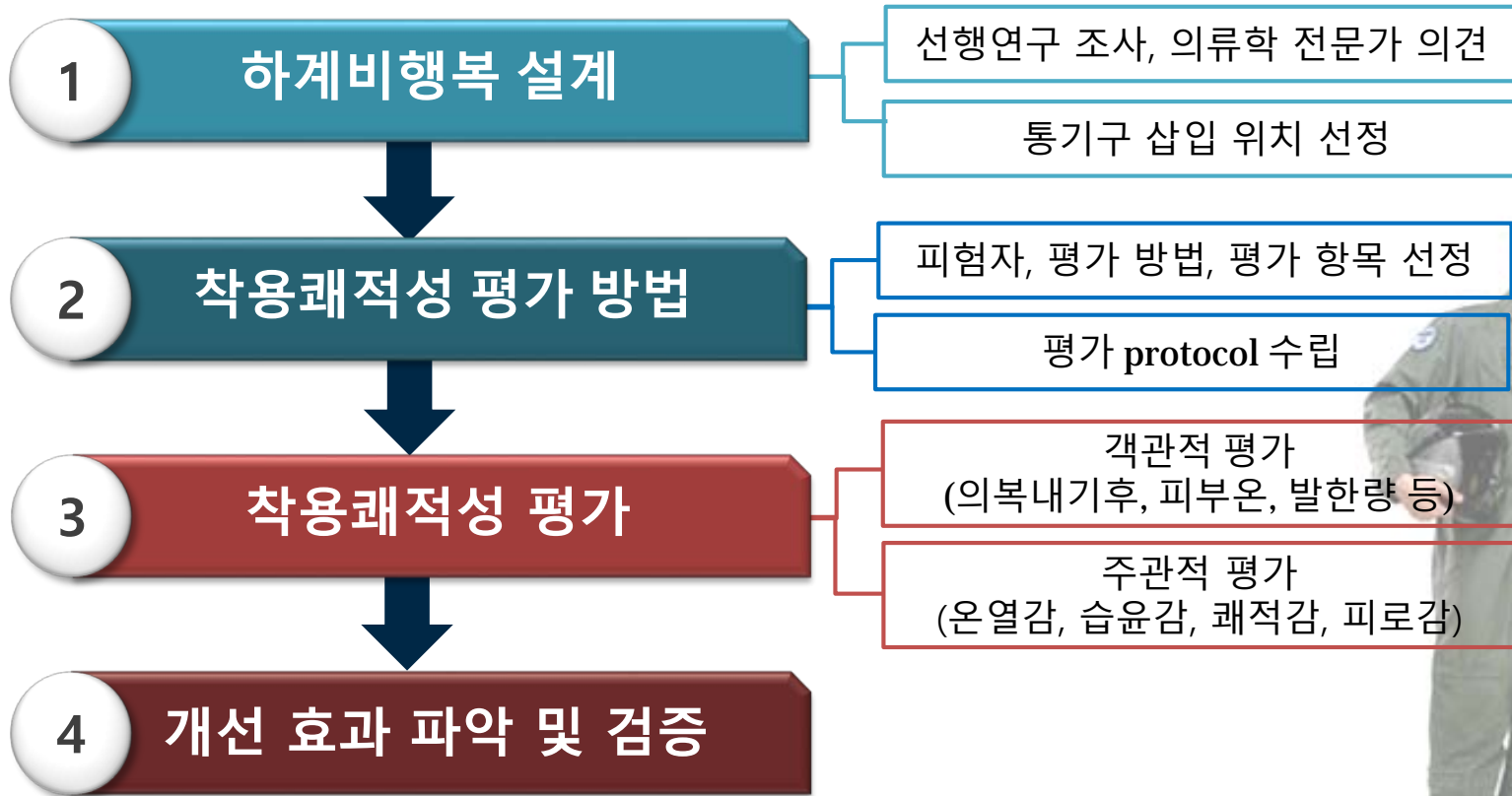
■ 전혀그렇지 않다 ■ 그렇지 않다 □ 그렇다 □ 매우그렇다

소재 개선 및 하계비행복 설계 필요

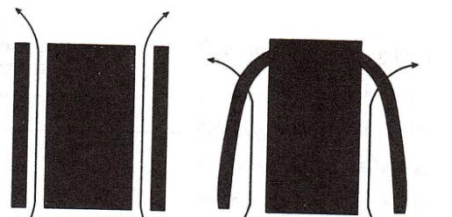


연구 목적

통기성 향상을 위한 하계비행복 설계 및 착용쾌적성 평가



하계비행복 설계



굴뚝효과, 석등효과, 풀무효과
(성수광, 의복환경학)



한국섬유개발연구원(2007)



선행연구
자료조사

비행환경
분석

의류학
전문가조언

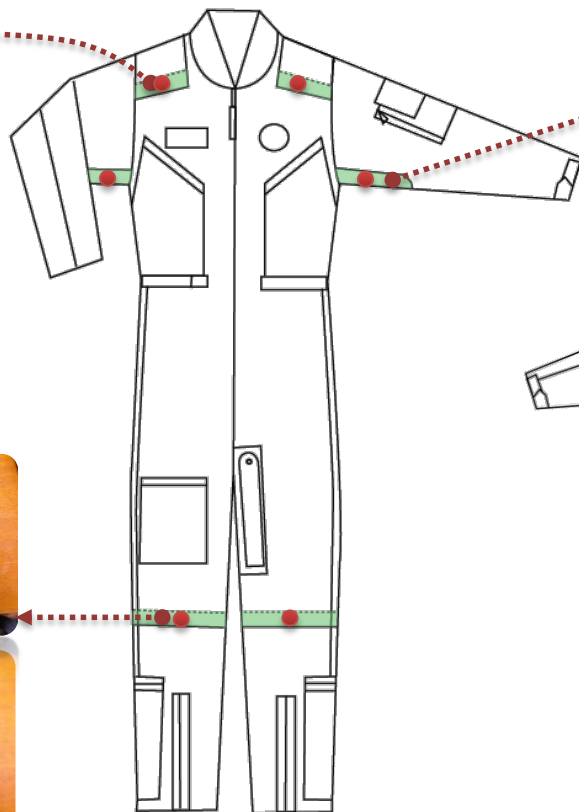
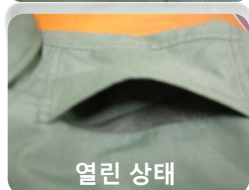
조종사
인터뷰

열과 수분을 효과적으로 배출할 수 있는 **통기구 부위 선정**

하계비행복 설계

❖ 개선 비행복 디자인에 **통기성 개선**을 위한 **통기구(4부위)** 삽입

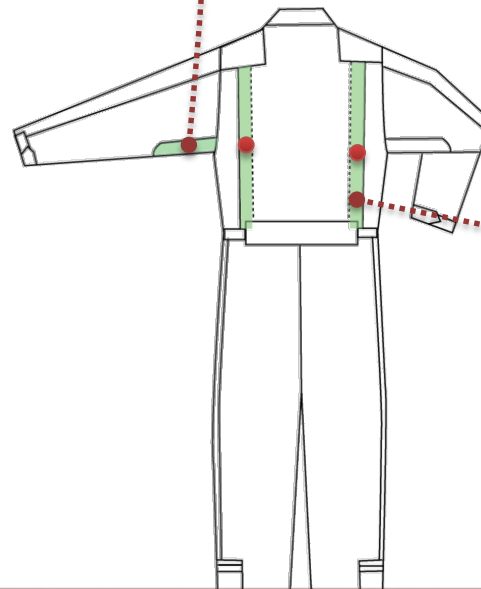
1. 앞 요크



2. 겨드랑이



통기구 안쪽: mesh 소재 사용



4. 등 주름



3. 앞 무릎



착용자 동작시 통기구 방향 → **체열 및 수분 방출 효과**

착용쾌적성 평가 방법

- ❖ 평가복: 일반비행복, 하계비행복
- ❖ 평가복 사이즈: **90중, 95대, 100대**
- ❖ 평가 비행복 사이즈 및 피험자 치수 범위

일반비행복+liner+helmet

하계비행+liner+helmet

	호칭	실험명수	인구수용율	신장(cm)		가슴둘레(cm)	
				평균	범위	평균	범위
1	M90중	1	7.65	170	168-172	90	88-92
	M95소		0.12	166	163-167	95	93-97
2	M95중		10.26	170	168-172	95	93-97
3	M95대	4	12.78	175	173-178	95	93-97
4	M100중		5.47	170	168-172	100	98-102
5	M100대	2	10.85	175	173-177	100	98-102
6	M100특	7명	6.98	180	178-182	100	98-102
	M105특대		1.09	185	183-187	105	103-107

착용 조건

- ❖ 비행복: 3개 사이즈(90중, 95대, 100대) 각 2벌씩
- ❖ **Helmet, liner:** 2개 사이즈(L, XL) 각 2개씩- 4개
- ❖ 대여 기간: 2012년 10월25일~2013년 2월 28일



실험비행복 12벌



1. liner



별도 착용 liner
헬멧 부착용 liner



2. Helmet



3. 비행복

착용조건 : 비행복 + liner + helmet

평가 항목

❖ 평가 항목 및 조건

평가 방법	항목	평가 방법	항목
객관적 평가	1 심부온(직장온)	주관적 평가	1 온열감
	2 피부온		2 습윤감
	3 의복내 온도, 습도		3 쾌적감
	4 발한량(전체, 국소)		4 피로감
	5 열화상 촬영		

❖ 주관적 만족도 항목

온열감	습윤감	쾌적감	피로감
0 중립	1 아주건조하다	1 쾌적하다	0 중립
1 조금따뜻하다	2 건조하다	2 조금불쾌하다	1 약간피로함
2 따뜻하다	3 조금건조하다	3 불쾌하다	2 피로함
3 덥다	4 중립	4 매우불쾌하다	3 매우피로함
4 아주덥다	5 조금습하다		
	6 습하다		
	7 아주습하다		

문헌 ASHRAE 수정

공조위생공학회
온냉감 소위원회 시안(일본)

공조위생공학회
온냉감 소위원회 시안(일본)

김성숙, 2006

평가 기기 및 장비

분석	분석 방법 및 기기	분석 장비																																								
<p>1. 발한량</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국소 발한량 ▪ 전체 발한량 	 <p>SKD-2000 Perspiration Meter(국소 발한량)</p>																																								
<p>2. 심부온</p> <p>3. 피부온</p> <p>4. 의복내 기후</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 직장온 측정 ▪ 6개 부위 피부온 측정 ▪ 4개 부위 의복내 온, 습도 	 <p>Skin temp ; LT-8A(Gram Corporation, Japan)</p>																																								
<p>5. 체열 촬영</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 의복외부 온도 촬영 ▪ 체열 이동 경로 파악 	 <p>열화상 카메라(FLIR system)</p>																																								
<p>6. 주관적 안락감</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 온열감, 습윤감 ▪ 쾌적감, 피로감 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>온열감</th> <th>습윤감</th> <th>쾌적감</th> <th>피로감</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 매우 추움</td> <td>1 매우 건조</td> <td>1 쾌적</td> <td>1 중립</td> </tr> <tr> <td>2 추움</td> <td>2 건조</td> <td>2 약간 불쾌</td> <td>2 약간 피로함</td> </tr> <tr> <td>3 시원함</td> <td>3 약간 건조</td> <td>3 불쾌</td> <td>3 피로함</td> </tr> <tr> <td>4 약간 시원함</td> <td>4 중립</td> <td>4 매우 불쾌</td> <td>4 매우 피로함</td> </tr> <tr> <td>5 중립</td> <td>5 약간 습함</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6 약간 따뜻함</td> <td>6 습함</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7 따뜻함</td> <td>7 매우 습함</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8 더움</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9 매우 더움</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	온열감	습윤감	쾌적감	피로감	1 매우 추움	1 매우 건조	1 쾌적	1 중립	2 추움	2 건조	2 약간 불쾌	2 약간 피로함	3 시원함	3 약간 건조	3 불쾌	3 피로함	4 약간 시원함	4 중립	4 매우 불쾌	4 매우 피로함	5 중립	5 약간 습함			6 약간 따뜻함	6 습함			7 따뜻함	7 매우 습함			8 더움				9 매우 더움			
온열감	습윤감	쾌적감	피로감																																							
1 매우 추움	1 매우 건조	1 쾌적	1 중립																																							
2 추움	2 건조	2 약간 불쾌	2 약간 피로함																																							
3 시원함	3 약간 건조	3 불쾌	3 피로함																																							
4 약간 시원함	4 중립	4 매우 불쾌	4 매우 피로함																																							
5 중립	5 약간 습함																																									
6 약간 따뜻함	6 습함																																									
7 따뜻함	7 매우 습함																																									
8 더움																																										
9 매우 더움																																										

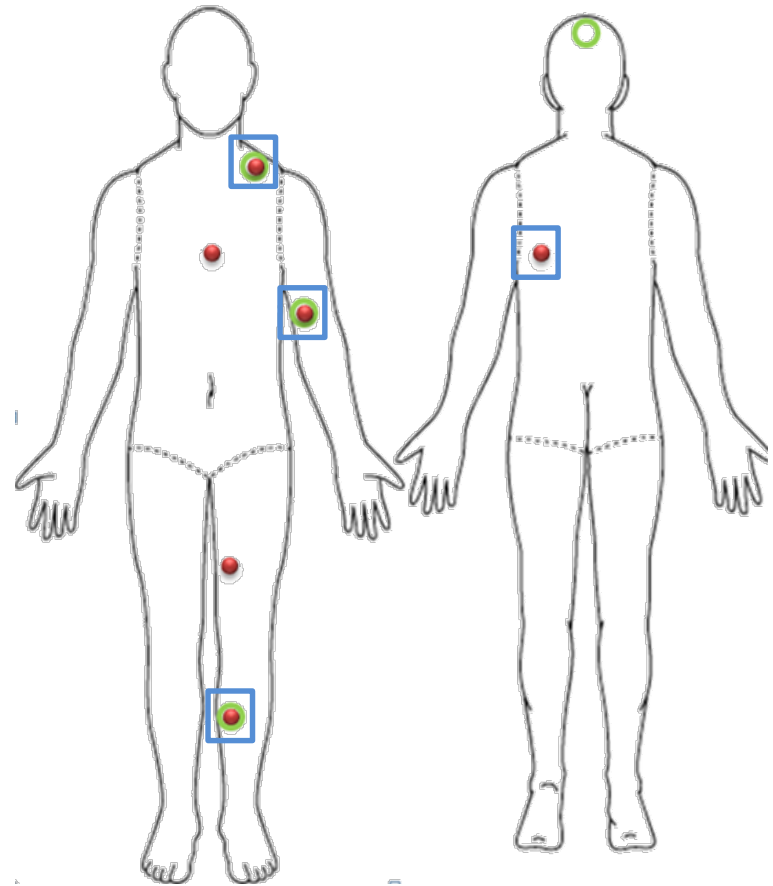
센서 부착 위치

- ❖ 직장온
- ❖ 피부온(6부위) : 어깨, 가슴, 상완, 허벅지, 대퇴, 하퇴, 등
- ❖ 의복내기후(4부위) : 머리, 어깨, 상완, 하퇴
- ❖ 국소발한량(4부위): 어깨, 상완, 하퇴, 등

Hardy & Dubois의 7점법을 참고

		피부온	의복내 온습도	국소 발한량
머리	Head top		○	
어깨	Shoulder	●	○	□
가슴	Center mid	●		
상완	Upper arm	●	○	□
대퇴	Thigh	●		
하퇴	Calf	●	○	□
등	Side top	●		□

□ 통기구 삽입부위



하계비행복 평가 protocol

	25±1°C	Rest	체열 촬영	Exercise	체열 촬영	Recovery	체열 촬영			
(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
피부온	Every one min									
의복내 온, 습도	Every one min									
전체발한량	●									●
국소 발한량			● 28			● 58			● 81~82	
체열촬영			📷 20~26			📷 51~57			📷 83~90	
주관적 감각	●		● 27			● 50			● 80	

- ❖ 인공기후실(climatic chamber) 조건: **25±1°C, 50±5%**
- ❖ 부착 센서: 피부온, 온습도 센서, 심부온(1분 간격으로 측정)
- ❖ 운동 강도: **속도 5km/h, 경사도 12%(Bruce treadmill test)**, 운동강도: **VO2 max 50% 수준**
- ❖ 열화상 카메라: 3회 촬영
- ❖ 기간: **20일 소요**

평가 절차 및 준비 사항

실험 전

1

- 인공기후실 ON(실험 1시간 전)

2

- 착용, 미사용 피복류 중량 계측

3

- 열화상 카메라 세팅

4

- 부착용 테이프 준비

5

- 국소발한량 측정기 ON

6

- 피험자 정보 기입(기록지)

7

- 물제공

8

- 피험자-화장실/직장온 장착

실험 후

1

- 착용, 사용 피복류 중량 계측

2

- 센서제거/실험시간 기록

3

- Data 정리

4

- 직장온, 피부온, 의복내 온습도

5

- 전체 및 국소 발한량, 주관적감각

6

- 카메라 충전

7

- 센서 정리

8

- 세탁 및 마무리

평가 방법



직장온, 피부온, 의복내 기후
센서 부착 후 체열 촬영

의복내 기후 및 발한량 측정 장비



운동강도: VO_2 max 50% 수준
속도 5km/h, 경사도 12%(Bruce treadmill test)

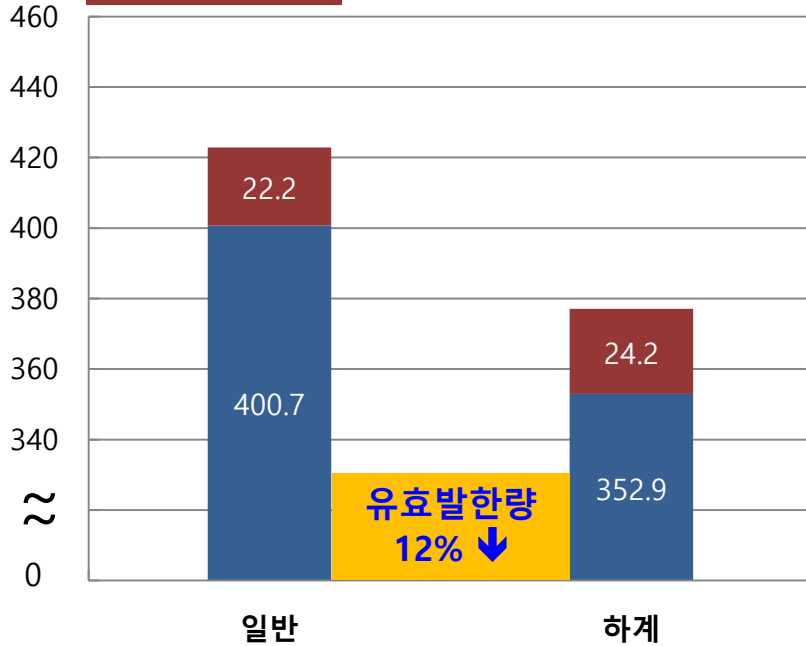
착용쾌적성 평가 결과: 발한량

의복, 양말, 수건에 흡수된 발한

의복에 흡수 후 증발 → 체온조절

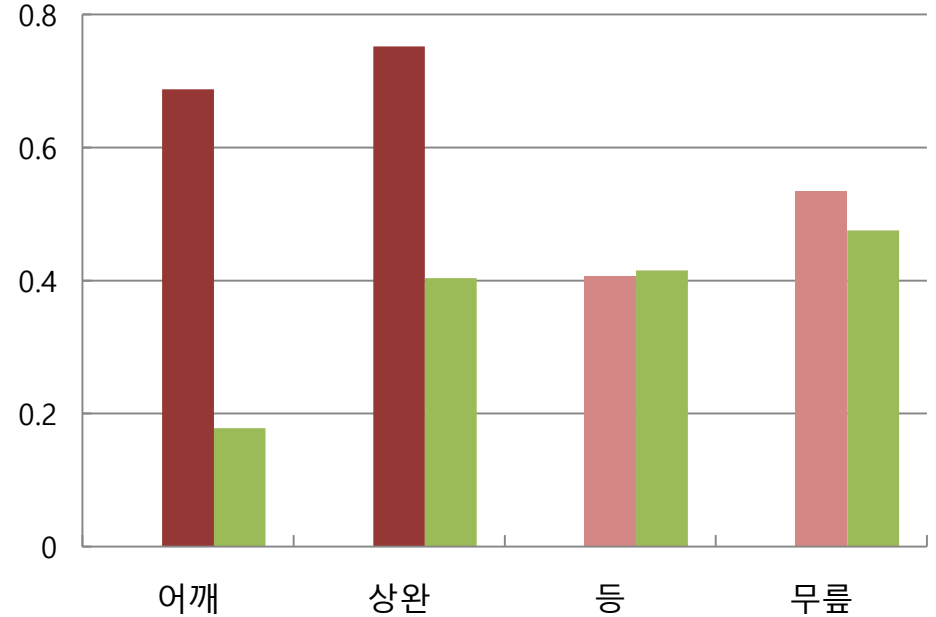
전체 발한량

■ 무효발한량(g) ■ 유효발한량(g)



국소 발한량 (g)

■ 일반 ■ 하계비행복



일반비행복 > 하계비행복

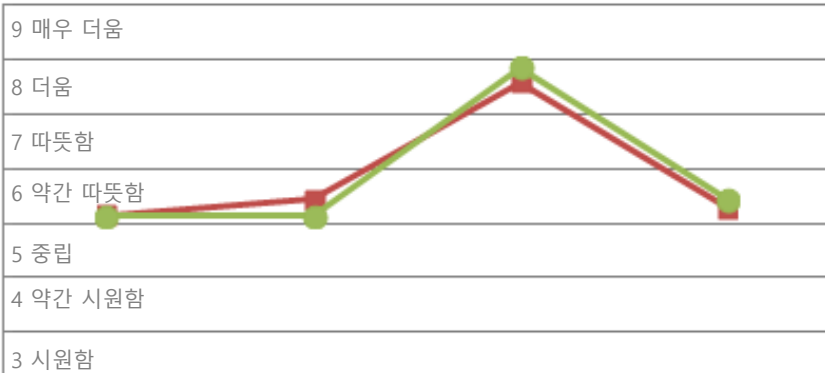
일반비행복 > 하계비행복

- ❖ 전체발한량: 하계비행복의 발한량이 적은것으로 파악됨
- ❖ 국소발한량: 어깨, 상완 부위에서 하계비행복의 발한량이 적은것으로 파악됨

→ 통기구 삽입 효과

주관적 감각

온열감

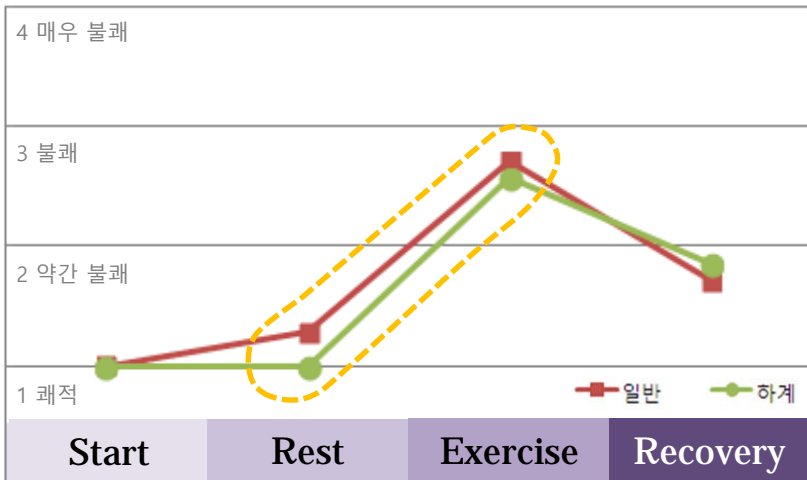


습윤감

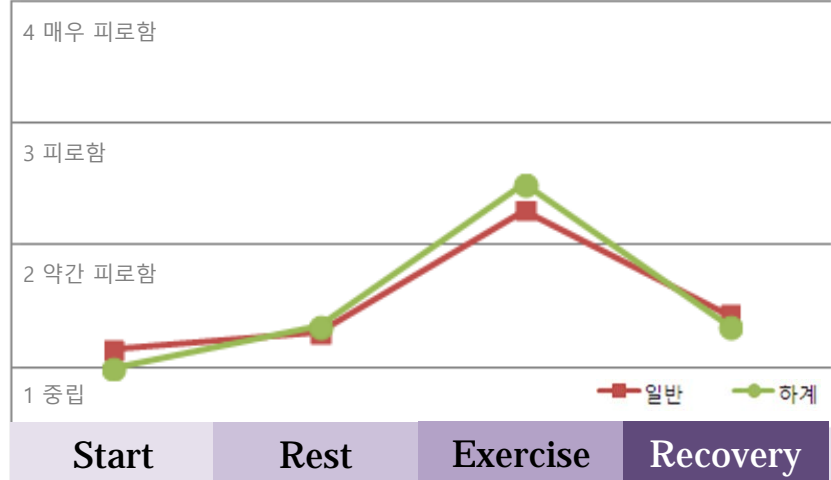


하계비행복: 쾌적감 ↑ (Rest, Exercise)

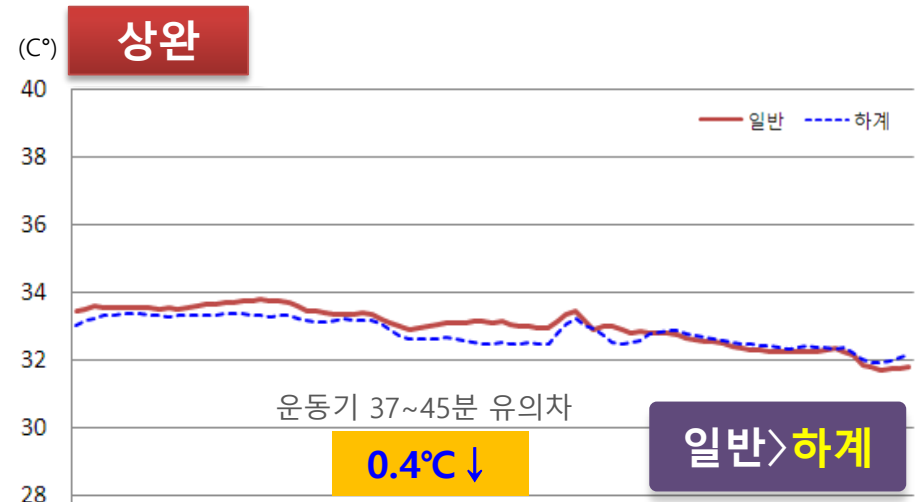
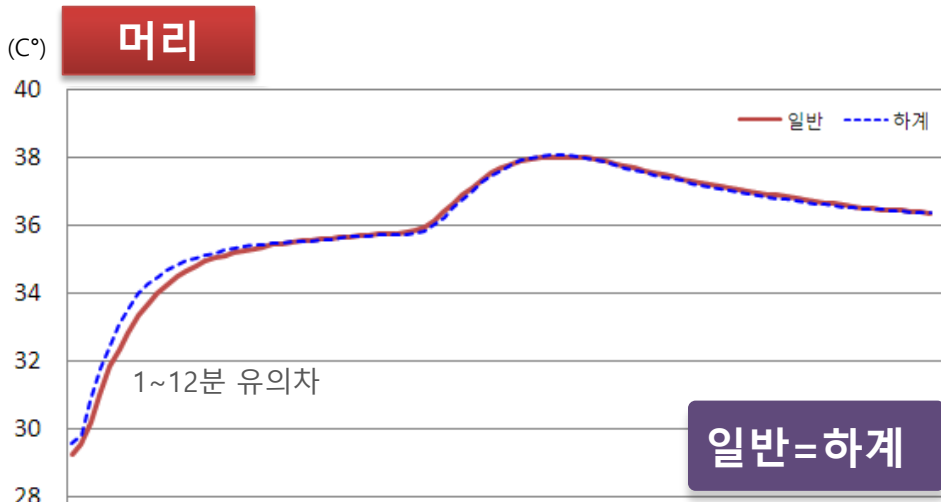
쾌적감



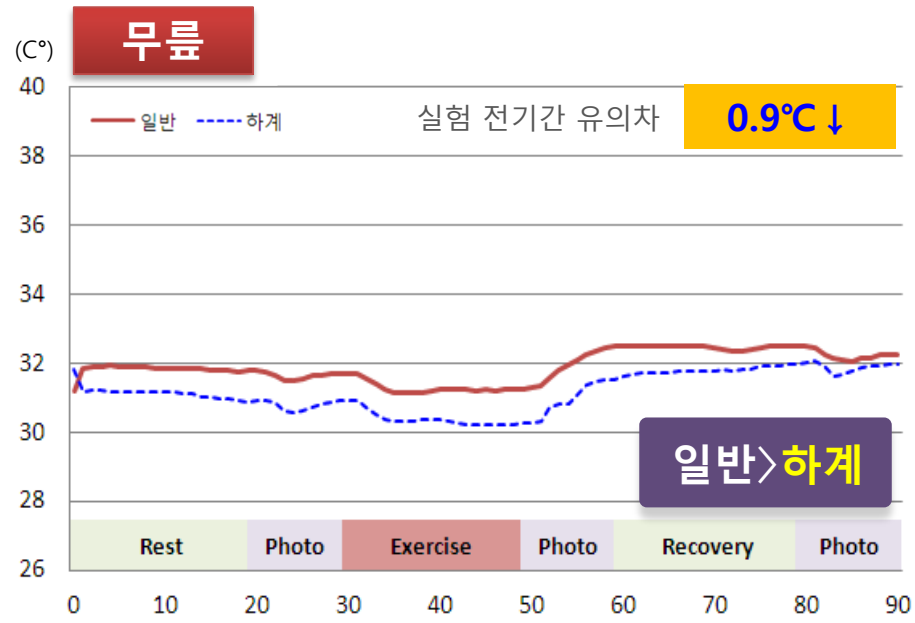
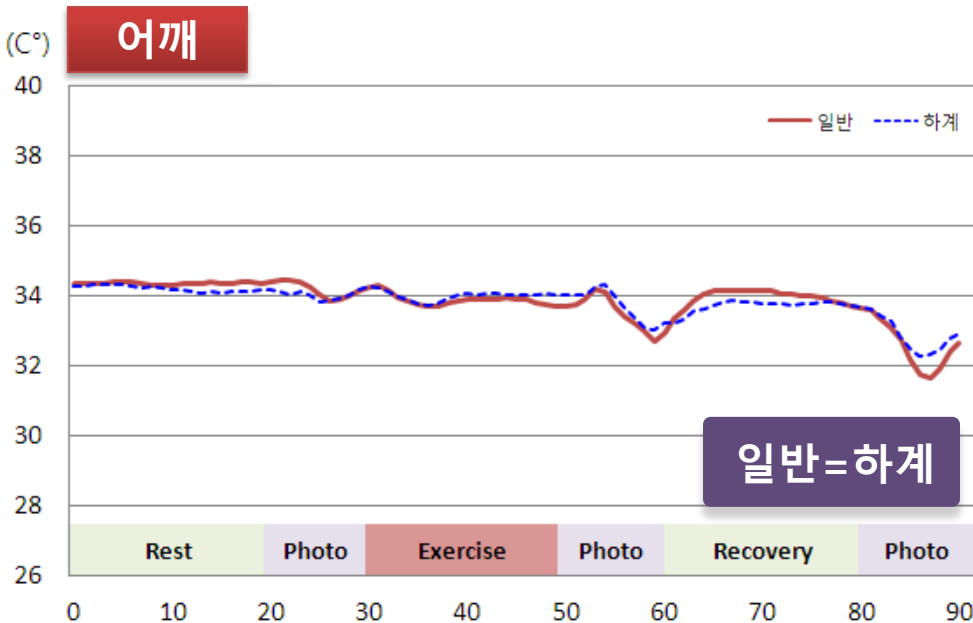
피로감



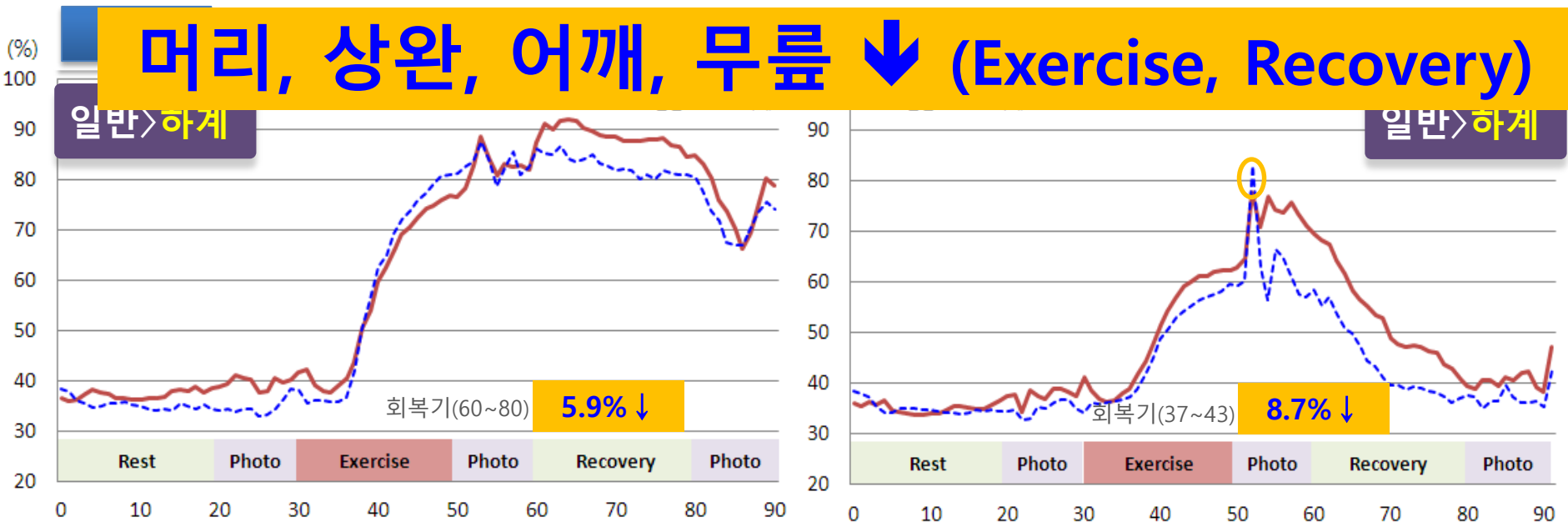
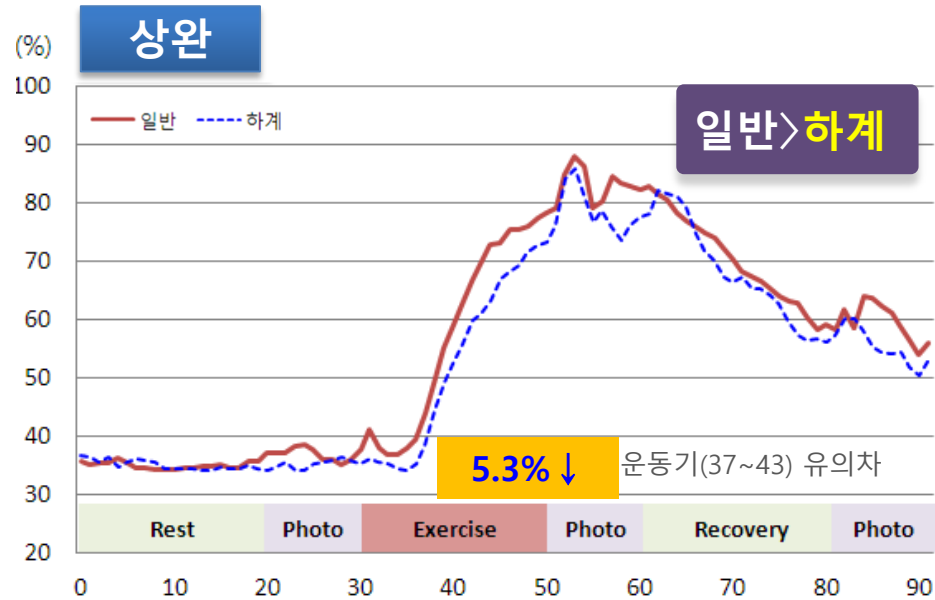
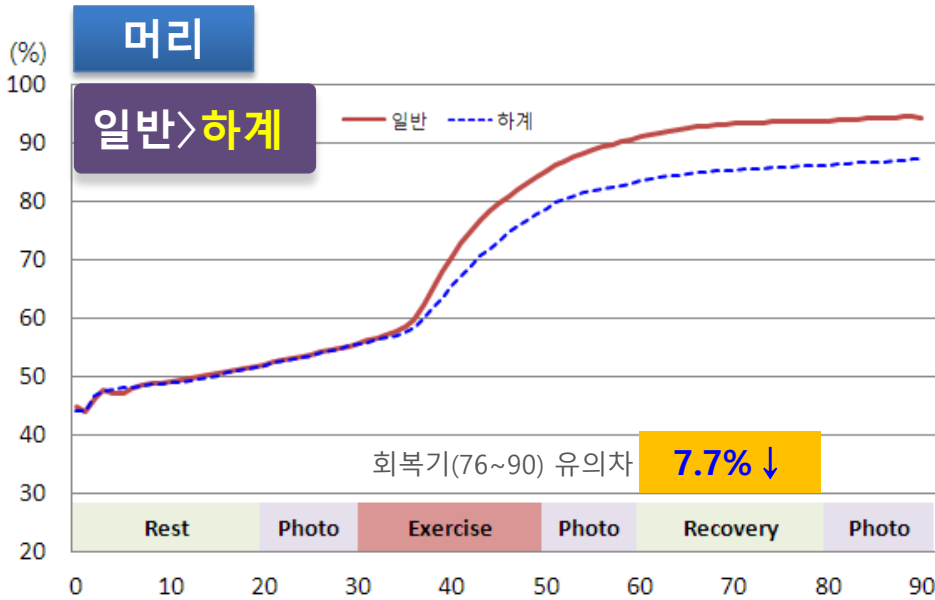
의복내 온도(4개 부위)



상완, 무릎 ↓ (Exercise, 전기간)



의복내 습도(4개 부위)

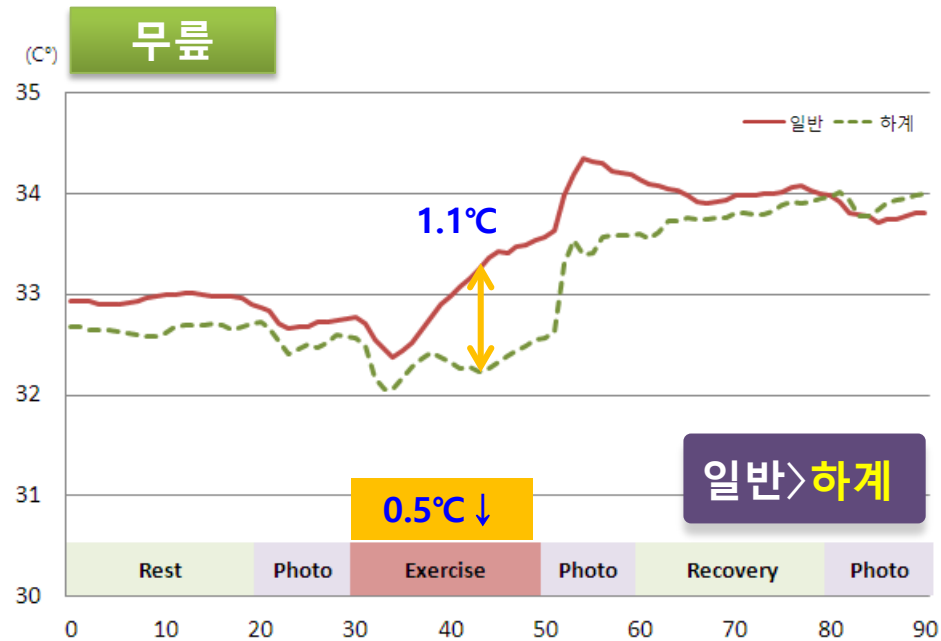
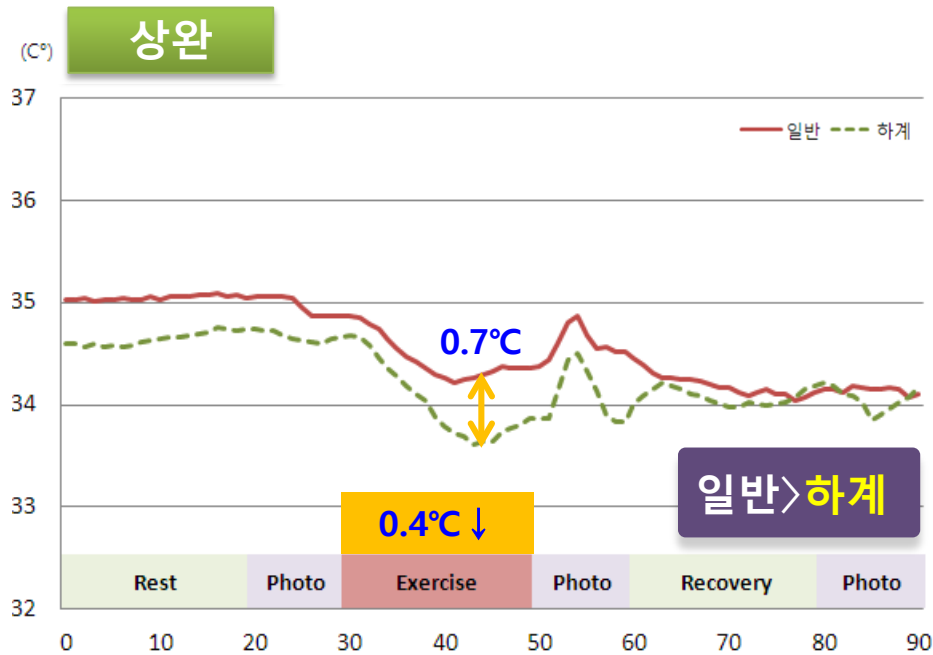


평가 결과



온도 습도 피부온

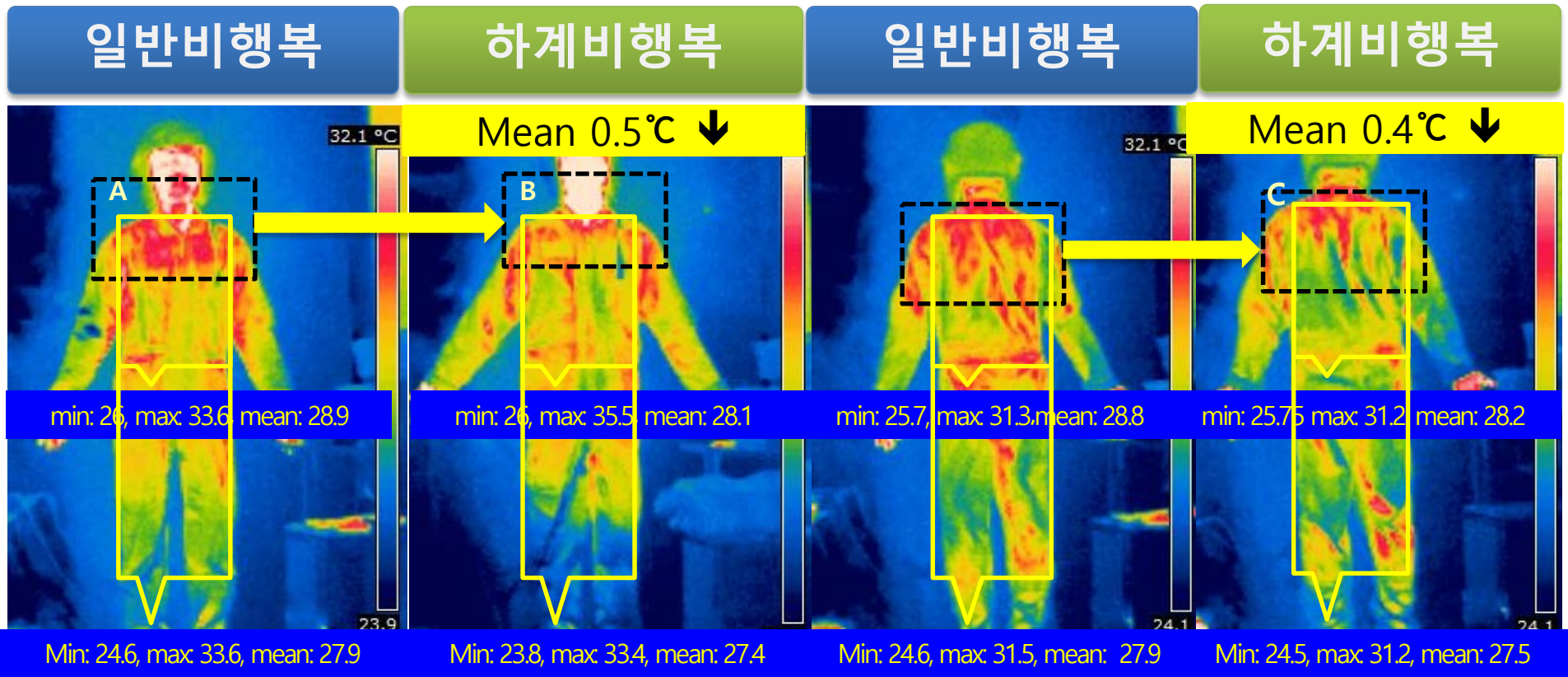
피부온(6개 부위)



상완, 무릎 ↓ (Exercise)

- ❖ 머리, 어깨, 상완, 하퇴 부위에서 일반비행복 대비 하계비행복이 온도가 낮은것으로 파악됨
- ❖ 피부온(6개 부위): 유의차 없음
 - 상완, 하퇴 부위에서 피부온의 차이가 파악됨
 - 일반비행복 대비 하계비행복이 온도가 낮은것으로 파악됨 → 통기구 삽입 효과

체열 사진(S.1): 운동기 체열 비교



❖ 운동기 정면, 후면: 일반비행복 > 하계비행복

❖ 정면

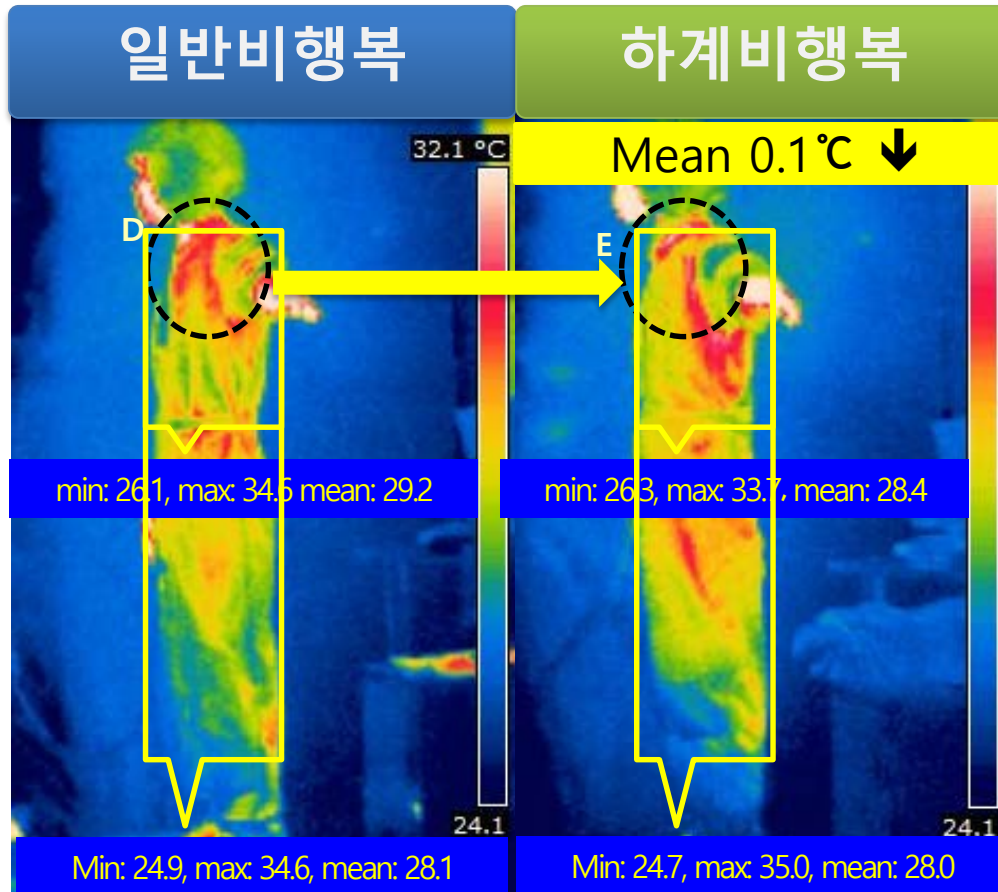
- 일반비행복(A): 상체 전면, 어깨 겨드랑이 부위에 체열이 높은 것으로 파악됨

- 하계비행복(B): 상체 전면 체열이 낮고 겨드랑이 부위에 체열 분산이 파악됨

- 상체 앞 평균 온도 **0.8°C**, 상체 뒤 **0.6°C** 감소, 전면 앞 평균온도 **0.5°C**, 뒤 **0.4°C** 감소

❖ 후면: 상,하체 후면 부위에 하계비행복이 체열이 낮은것으로 파악됨

체열 사진(S.1)-운동기 체열 비교



- ❖ 운동기 측면: 일반비행복 > 하계비행복
- ❖ 일반비행복(D): 상체전면, 겨드랑이, 허리부위에 체열이 높은것으로 파악됨
- ❖ 하계비행복(E): 상체 전면의 체열이 일반비행복에 비해 낮은것으로 파악됨
 - 상체 옆 평균 온도 0.8°C , 0.1°C 감소 → 겨드랑이 부위(통기구)로 체열 이동이 파악됨

토의

❖ 의복내 기후

- 온도: 운동기 상완, 하퇴 부위 **0.4℃, 0.9℃** 감소
- 습도: 회복기 머리, 어깨, 하퇴, 상완 부위에서 **7.7%, 5.9%, 8.7%, 5.3%** 감소
⇒ 통기구가 삽입된 4개 부위에서 의복내 습도가 유의하게 감소

❖ 피부온

- 하계비행복 착용시 **어깨, 상완, 하퇴 부위**에서 **0.3℃, 0.4℃, 0.5℃** 감소

❖ 발한량

- 전체발한량: 일반비행복 대비 하계비행복이 **45.8g(10.9%)** 감소
- 국소발한량: 일반비행복 대비 하계비행복이 **어깨 0.5g(28.5%), 상완 0.4g(50%)** 감소

❖ 체열 발산 효과

현재) 하계비행복 → 한국조종사 보급

의복내 온, 습도 및 피부온 감소로 착용쾌적성 향상 효과 검증

기대 효과

Temperature

통기구 삽입 부위 온도, 습도, 피부온 감소

체열발산 효과

온열감, 습윤감 ↓ 쾌적감 ↑

Humidity

통기성 향상

비행복 착용 쾌적성 향상

비행 능률 향상, 안전성 및 전투력 향상

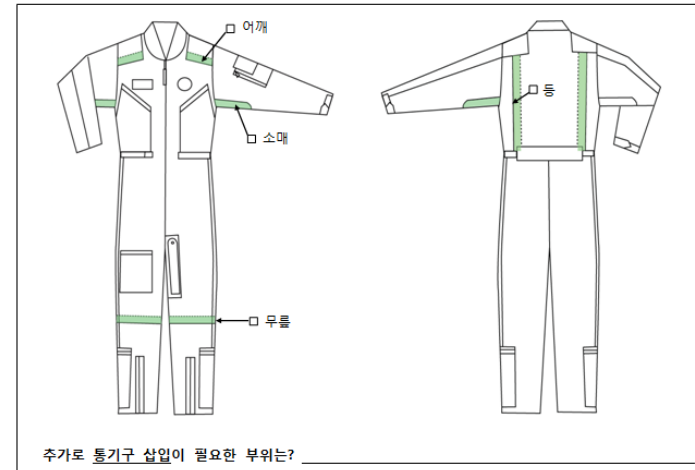


Things to do

조종사 대상 : 393명

하계비행복 착용 특성 조사

● 하계 비행복 통기성이 개선에 도움이 된 통기구 부위를 모두 체크(✓)해 주십시오.



문항	항목	항목수
착용편이성	맞음새, 여유량, 착·탈의용이성, 주머니위치, 여밈 위치	7개 항목
소재	보온성, 흡수성, 통기성, 내구성, 촉감, 정전기, 보푸라기, 세탁 후 변형, 신축성	9개 항목
착용특성	치수가 맞지 않는 부위, 비행시 불편부위, 불편한 여밈, 지퍼, 주머니, 손상 및 마모, 통기성능이 좋은 통기구 부위	6개 항목
개선요구사항	통기구 관련, 착화 후 활동 시, 소재, 디자인, 세탁, 보수 관련	5개 항목

착용특성 분석 완료

하계비행복 통기성능 및 착용쾌적성 향상효과 검증



Q & A

