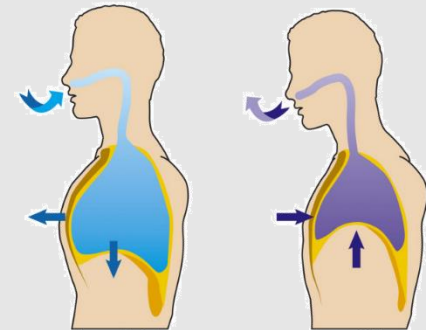




# 호흡 운동 기반 가전제품 인지부하 평가



---

# Contents

---

- 서론
  - 연구 배경 및 필요성
  - 연구 목적
- 문헌 조사: 호흡 운동 기반 인지 부하 평가
  - 호흡 운동 측정 protocol
  - 호흡 운동 기반 인지부하 평가 방법
- 호흡 운동 기반 인지 부하 평가 protocol 개발
  - 스마트 워치 UI 평가 protocol
  - 스마트 워치 UI 평가 결과( $n = 5$ )
- 토의

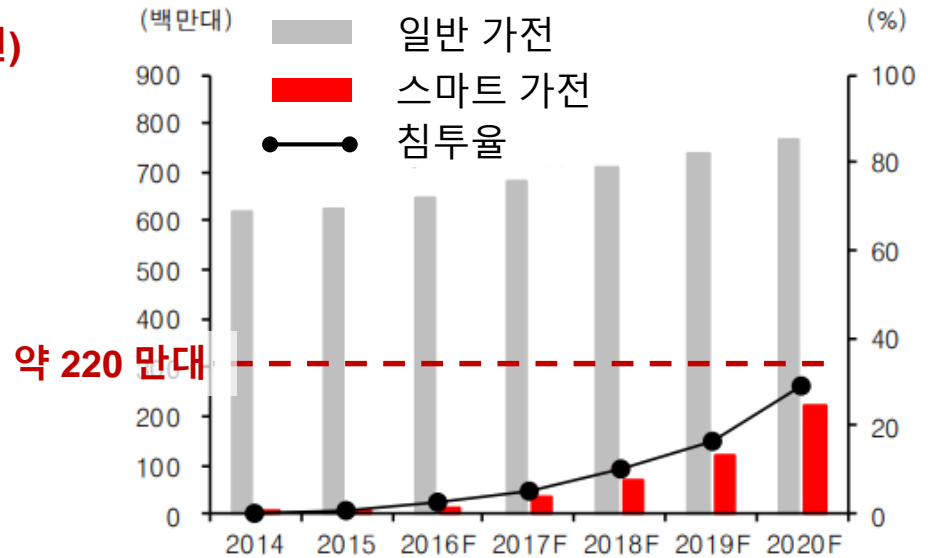
# 스마트 가전제품 시장 증가

- 스마트 가전제품: 인터넷 접속 기능을 내장한 똑똑한(smart) 가전제품 통칭
- 스마트 가전제품의 **시장 규모와 판매량이 지속적으로 증가**
  - ✓ 시장 규모: 2014년 대비 2019년에 2배 이상 증가하여 약 100조(원) 규모 전망
  - ✓ 판매량: 2014년 대비 2019년에 20배 이상 증가하여 약 200만대 전망

글로벌 스마트홈 시장 전망



가전제품 판매량 전망



# 부적절한 스마트 가전제품 UI에 의한 인지 부하

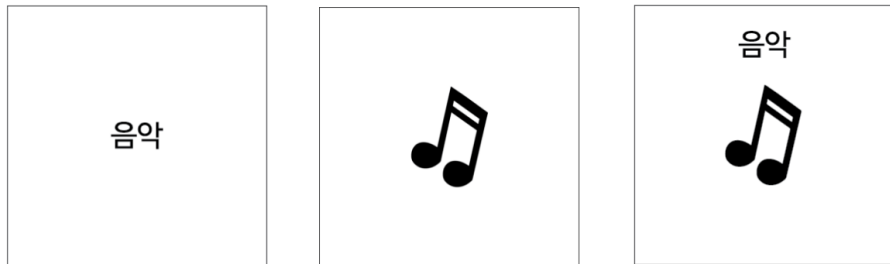
- 복잡한 조작 인터페이스는 인지 과부하를 발생시켜 사용성을 저해시킬 수 있음
  - ✓ 스마트 가전의 부적절한 UI는 사용자의 의사결정 지연, 작업 수행 오류 초래(Stone et al., 2005)
  - ✓ 스마트 가전의 정보의 양이 과도한 경우 사용성 저하로 이어질 수 있음(John et al., 2016)
- 스마트 가전에 익숙하지 않은 사용자(예: 노인, 어린이)는 스마트 가전제품 사용 시 더 많은 인지 부하 발생(Higgins et al., 2010) ⇒ 인지 부하를 최소화 할 수 있는 설계 필요



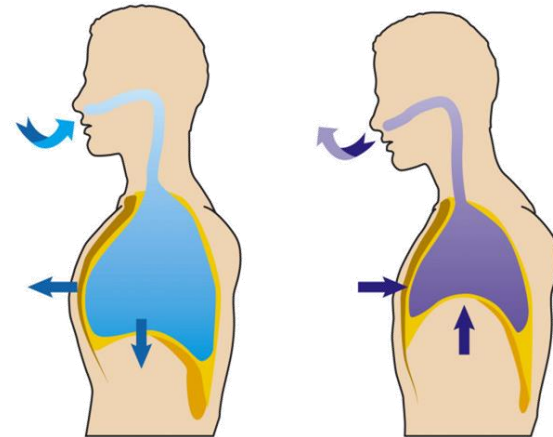
# 호흡 운동 기반 스마트 가전 UI 평가 필요성

- **주관적 평가**(예: NASA-TLX, Bergen Burnout Indicator)가 인지 부하 평가에 활용되고 있으나, **UI 사용 중 발생하는 인지부하를 객관적으로 평가하기 어려움**
- 일상에서 발생할 수 있는 인지부하를 **호흡 운동을 통해 객관적으로 평가 가능**  
(Grassman et al., 2016)
  - ✓ 호흡 운동이 일반적 인지 처리에 대한 변화를 반영함
  - ✓ 인지부하에 의해 분당 호흡 수 증가, 호흡 진폭 안정화 등이 확인됨

## 가전 제품 UI 평가 예시



## 인지 부하 확인



인지부하 ↑ ⇒ 분당 호흡 수 ↑

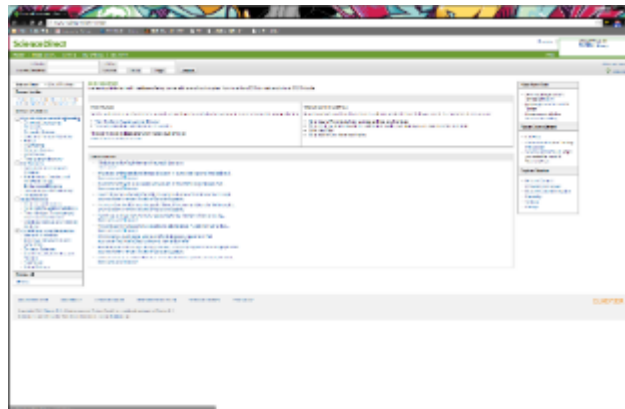
## 호흡 운동 기반 가전제품 사용 시 인지 부하 평가 Protocol 개발 및 스마트 워치 UI 평가 적용

1. 호흡 운동 기반 **인지 부하 평가 및 분석 방법 문헌 조사**
2. 스마트 워치 UI의 인지 부하 **평가 protocol 개발**
3. 스마트 워치 UI의 인지 부하 **분석 protocol 개발**
4. 스마트 워치 UI의 인지 부하 **평가 실험 적용 ( $n = 5$ )**

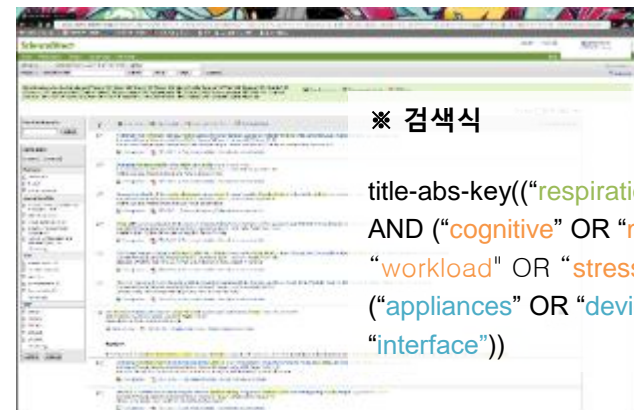


# Literature Review: 문헌 조사 방법

- ❑ 문헌 조사 site: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- ❑ 검색 조건: title, abstract, keyword
- ❑ 검색 keyword
  - ✓ 호흡 관련: respiration, breath
  - ✓ 인지 관련: cognitive, mental, workload, stress
  - ✓ 가전제품 관련: appliances, devices, interface



문헌 검색 site: Sciencedirect



## ※ 검색식

```
title-abs-key(("respiration" OR "breath")  
AND ("cognitive" OR "mental" OR  
"workload" OR "stress") AND  
("appliances" OR "devices" OR  
"interface"))
```

문헌 검색 결과 예

# Literature Review: 선별 절차

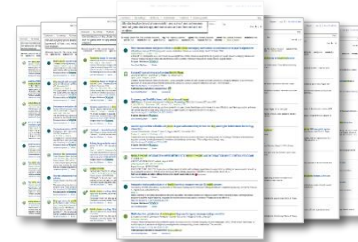
S1. **Keywords 조합**을 통한 journal paper 검색

TITLE-ABS-KEYtitle-abs-key(("respiration"  
OR "breath" ) AND ("cognitive" OR "mental"  
OR "workload" OR "stress") AND ("appliances"  
OR "devices" OR "interface"))

247 건



S2. **Title screening**을 통한 1차 선별



52 건



S3. **Abstract screening**을 통한 2차 선별



24 건



S4. 입수된 full paper에 대한 **관련도 평가**

상: 10건, 중: 5건, 하: 9건



S5. 관련도에 따라 **최종 review 대상 논문 선별**

상: 10건



# Review 대상 문헌 List

□ 24건의 문헌 중 연구자 논의를 통해 관련도가 높은 **10건의 문헌 review**

No.	Author(s)	Year	Title	Source	관련도
1	Santos et al.	2020	Real Time Mental Stress Detection Through Breath Analysis	<i>International Federation for Information Processing</i>	상
2	Banerjee et al.	2020	Reckoning respiratory signals to affectively decipher mental state	<i>Engineering in Medicine and Biology Society</i>	상
3	Jaiswal et al.	2019	Effect of Mental Workload on Breathing Pattern and Heart Rate for a Working Memory Task: A Pilot Study	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>	상
4	Antonio et al.	2020	Respiration and Heart Rate Modulation Due to Competing Cognitive Tasks While Driving	<i>Frontiers in Human Neuroscience</i>	상
5	Marinescu et al.	2019	Physiological Parameter Response to Variation of Mental Workload	<i>Human Factor</i>	상
6	Darzi & Novak	2017	Optimizing Human Workload in a Computer Game using Real-time Control of Herat Rate and Respiration	<i>Rocky Mountain Bioengineering Symposium</i>	상
7	Han et al.	2019	Recognition of Pilot's Cognitive States based on Combination of Physiological Signals	<i>Brain-Computer Interface</i>	상
8	Pernive et al.	2019	Minimally Invasive Assessment of Mental Stress based on Wearable Wireless Physiological Sensors and Multivariate Biosignal Processing	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>	상
9	Alghamdi	2019	Monitoring Mental Health Using Smart Devices with Text Analytical Tool	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>	상
10	Amores et al.	2018	BioEssence: A Wearable Olfactory Display that Monitors Cardio-respiratory Information to Support Mental Wellbeing	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>	상
11	Holt et al.	2018	Ambulatory monitoring of respiratory effort using a clothing-adhered biosensor	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>	중
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
24	Shahshahani et al	2018	Ultrasound Sensors for Diaphragm Motion Tracking: An Application in Non-Invasive Respiratory Monitoring	<i>Sensors</i>	하


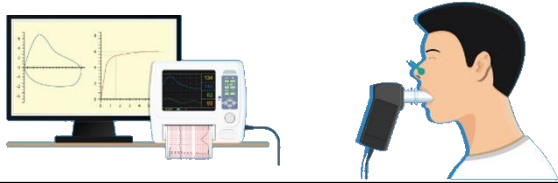
# Literature Review: 실험 참여자

- 실험 참여자: **12 ~ 20명** (*mean*: 15.9명, age: 10 ~ 40대)
- 실험 참여자 모집 기준
  - ✓ 호흡에 영향을 줄 수 있는 **흡연 여부 확인**
  - ✓ 호흡과 인지에 영향을 줄 수 있는 **호흡기 질환, 신경계 질환 여부**
- ⇒ 실험 참여자 모집 시 (1) **흡연 여부**와 (2) **호흡기 질환 여부 고려 필요**

Author (year)	# of participant	Age (Range)	Inclusion criteria	Exclusion criteria
Santos et al.(2020)	15 (M = 15)	20 ~ 35	비흡연자	호흡기 질환
Banerjee et al.(2020)	10		비흡연자	-
Jaiswal et al.(2019)	20 (M = 8, F = 12)	28 ~ 42		-
Antonio et al.(2020)	18 (M = 15, F = 8)	22.7	-	호흡기 질환, 신경계 질환
Marinescu et al.(2019)	14 (M = 11, F = 3)	28.3 (21 ~ 38)	-	-
Darzi & Novak(2017)	12	-	Healthy participants	-
Han et al.(2019)	20 (M = 16, F = 4)	25.7	-	-
Pernive et al.(2019)	18	18 ~ 30	Healthy participants	-
Alghamdi		-		
Amores et al.		-		

# Literature Review: 호흡 운동 측정 장비

- 측정 방식에 따라 흉부 넓이 변화를 측정하는 strain gauge 방식과 호흡량을 측정하는 spirometry 방식 2가지로 구분됨
- Strain gauge형은 spirometry형에 비해 상대적으로 간단하게 측정할 수 있음

	Strain gauge	Spirometry
측정 방법	가슴 부위에 착용	마스크 또는 호흡기를 착용
사진		
측정 정확도	Moderate ~ high	High
장점	착용 및 측정 방법이 간단하며 측정 장소에 영향을 받지 않음	다양한 measure를 확인할 수 있음
단점	상대적으로 정확도가 낮음	마스크 또는 호흡기를 얼굴에 부착 해야함

# Literature Review: 평가 척도

□ 객관적 평가 척도: 호흡량, 분당 호흡수

□ 주관적 평가 척도

✓ NASA-TLX 설문

✓ Self Assessment Manikin

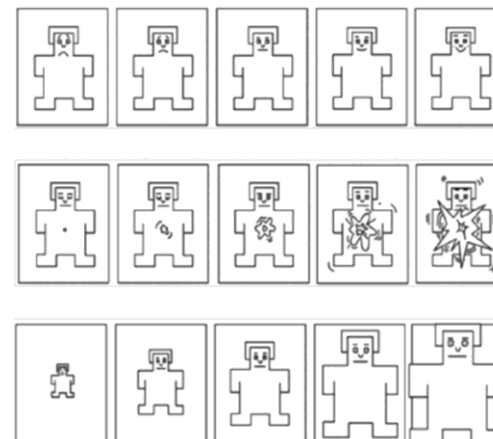
➢ Valence(V), Arousal (A) and Dominance (D)

➢ 9-point likert scale

## 객관적 평가 척도

Inspiratory cycle ( $T_i$ )	Time taken to reach from a trough to the next immediate peak
Expiratory cycle ( $T_e$ )	Time taken to reach from a peak to the next immediate trough
Breaths per minute (BPM)	Number of complete breath cycles in 60 seconds i.e. $60 / (\text{inspiratory cycle} + \text{expiratory Cycle})$
Tidal volume ( $T_v$ )	Area under entire breath cycle
Maximum inspiratory flow ( $P_{max}$ )	Maximum value of peaks of breath cycle
Minimum expiratory flow ( $P_{min}$ )	Minimum value of troughs of the breath cycle
Inspiratory ratio	$T_i / (T_i + T_e)$
Expiratory ratio	$T_e / (T_i + T_e)$
Breath ratio	$T_i / T_e$
Inspiratory volume	Area under peak for the duration of $T_i$
Expiratory volume	Area under peak for the duration of $T_e$
Stretch	Difference between the peak and trough of a respiratory cycle
Minute volume	Volume of air inhaled/exhaled over a minute

## 주관적 평가 예시

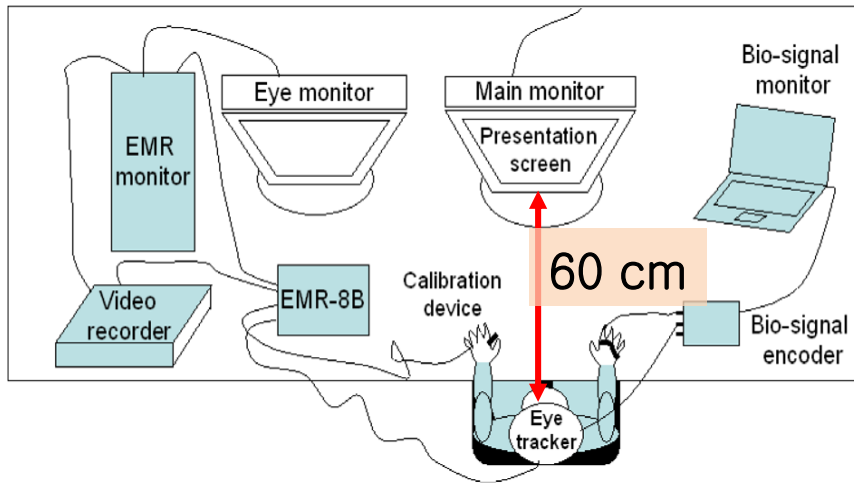


# Literature Review: 평가 환경

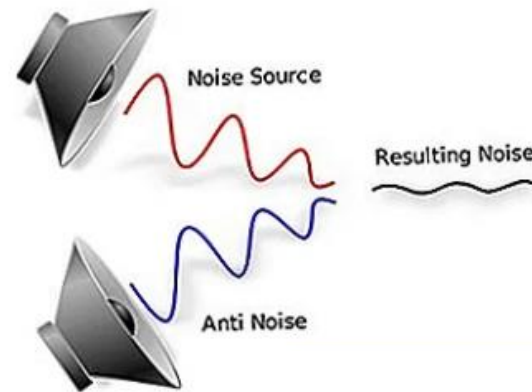
## □ 인지에 영향을 줄 수 있는 외부 요인을 제거하기 위한 실험 환경 조성

- ✓ 시야 범위를 유지하기 위해 **참여자**와 **화면과의 거리 유지** (60~70 cm)  
(Prendinger et al. 2007; Hepsomalia et al. 2016; Wang et al., 2014)
- ✓ 외부 소음을 제거하기 위해 독립된 장소에서 실험 진행  
(Banerjee et al. 2020)

### 일정 거리 유지



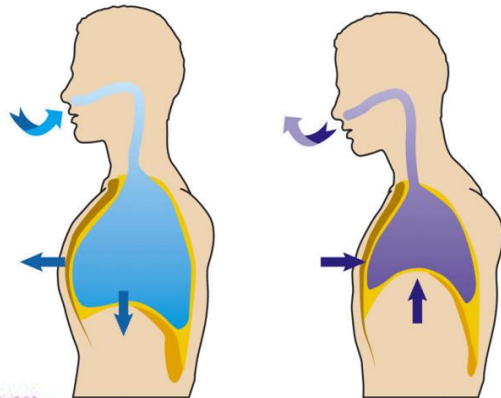
### 외부 소음 제거



# 스마트 워치 UI 인지 부하 평가: 개요

- 목적: 호흡 운동 기반 스마트 워치 UI 인지 부하 평가
- 실험 참여자: 정상 시력을 가진 **성인 30명** (20~50대, 남자: 15명, 여자: 15명)
- 평가 방법 및 척도
  - ✓ 스마트 워치 UI 사용 task: UI의 구성이 상이한 아이콘 순서 암기
  - ✓ Factors: (1) icon 제시, (2) text 제시
  - ✓ 객관적 평가 척도: 분당 호흡수, baseline 대비 호흡수 증가율, task 수행 시간
  - ✓ 주관적 평가 척도: 정신적 요구수준, 시간적 요구수준, 노력 수준

## 객관적 평가 항목



## 주관적 평가 항목

### ■ 주관적 인지부하 평가 항목

No.	항 목	정 의
1	정신적 요구수준	Task 수행시 지각적/인지적 활동(예: 사고, 의사결정, 연산, 기억)이 요구되는 정도
2	시간적 요구수준	Task 수행시 느껴지는 시간적 압박감(예: 완료까지의 시간 제약, 할당 task 수)
3	노력 수준	Task 목표를 달성하기 위해 정신적/신체적으로 노력한 정도

### ■ Task(상)

No.	항목	매우 낮음	상당히 낮음	다소 낮음	보통	다소 높음	상당히 높음	매우 높음
1	정신적 요구수준	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
2	시간적 요구수준	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
3	노력 수준	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦



# 평가 절차

총 60분 소요

S1. 실험 설명 (5 min)



S2. 장비 착용 (5 min)



S3. Practice (5 min)

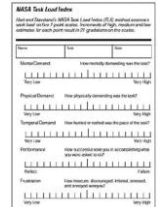
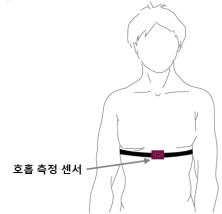


S4. Task 수행 (30 min)



S5. 휴식 (10 min)

- 실험 목적 설명
- 실험 참여 동의서 작성
- 피실험자 별 장비 설정
- 아이콘 친숙화
- Task 진행 연습
- Task 수행 (각 2min)
- 각 task 후 주관적 평가
- 각 평가 후 휴식 (2 min)



# 실험 참여자

□ **n = 30명**(연령: 20 ~ 50대, 남성: 15명, 여성: 15명)

□ 실험 참여자 모집 기준

- ✓ 정상 시력 및 교정 시력 정상
- ✓ 호흡기 질환 없음
- ✓ 뇌, 신경계 병력 없음

## 실험 참여 동의서

[POSTECH IRB 서식 4-1] 인간대상연구 피험자 동의서

### 인간대상연구 피험자 동의서

기본 정보			
승인번호			
연구 개시 명	연구 운동 측정을 통한 Smart TV 사용 시 인지 부하 평가		
연구 책임 자	설 명	소 속	직 위
	유희진	산업경영학과	교수
			인간공학
	전화번호: 054-279-2210		이메일: hyou@postech.ac.kr

본 연구는 Smart TV 사용에 대한 연구 운동 기반 인지부하 평가 측정 및 분석에 대한 연구입니다. 귀하는 본 연구에 참여할 것인지 여부를 결정하기 전에, 설명서와 동의서를 신중하게 읽어보셔야 합니다. 이 연구가 왜 수행되며, 무엇을 수행하는지 귀하가 이해하는 것이 중요합니다. 이 연구를 수행하는 권한은 연구원이 귀하에게 이 연구에 대해 설명해 줄 것입니다. 이 연구는 자발적으로 참여 의사를 밝히신 후에 한하여 수행 될 것입니다. 다음 설명을 신중히 읽어보신 후 참여 의사를 밝히기 주시길 바랍니다. 동의하시면 귀하나 연구원과 관련된 모든 동의서, 안건서(여단서) 문본이 있다면 해당 연구원에 지체없이 반환해 줄 것입니다.

귀하의 사항은 귀하가 본 연구에 대해 그리고 위험성에 대해 설명을 들었음을 의미하며, 이 문서에 대한 귀하의 사항은 귀하께서 자신으로는 변경대리인이 본 연구를 참가할 용의라는 것을 의미합니다.

1. 본 연구는 오로지 연구만을 목적으로 수행됩니다.

2. 연구의 배경 및 목적

본 연구는 기존제품 사용의 인지부하를 인공운동용 이용하여 측정 및 분석하는 프로토타입 개발을 위한 연구로서 Smart TV 제품을 대상으로 객관적 및 주관적 비교 평가결 과를 통해 인지부하 측정 및 분석 프로토콜을 확립하고자 하는 연구입니다.

본 연구에서 확인된 프로토콜을 이용하여 Smart TV 이외의 다른 전자제품에서도 활용 할 수 있도록 하는 목적에 기대 할 수 있습니다.

3. 핵심 참여조건 및 본 연구에 참여하는 대략의 전체 피험자 수

본 연구는 짧고 가벼운 Smart TV 사용에 대한 자진스러운 측정 측정하는 실험입니다. 핵심되는 참여조건은 2019년 4월 1일 부터 7월 31일까지 12주 연달아 15분씩 측정 대상으로 참가가 진행됩니다. 참가 시간은 약 1시간이 소요되며, 본 연구는 20~60세에 해당하는 30명을 대상으로 실험하게 됩니다.

## IRB 심사 승인

[POSTECH IRB 서식 14] 심의결정통보서

### 심의면제통보서

수심	책임연구자	성명	유희진	소속	산업경영학과	직위	교수
면제 번호	PIRB-2019-E010						
연구과제명	연구 운동 측정을 이용한 Smart TV 사용 시 인지 부하 평가						
연구종류	<input checked="" type="checkbox"/> 인간대상연구		<input type="checkbox"/> 인체유래물연구				
면제일자	2019년 3월 20일						

상기 연구자에게 대하여 본 위원회에서는 일체면제대상임을 확인합니다.

\* 모든 연구자들은 기밀성 사항을 준수하여야 합니다.

- 1) 연구자에게는 충분한 계획서에 따라 연구를 수행하여야 하며, 이를 따르지 않음은 전체가 될 경우 즉시 '탈락'된 전체에서 탈락 처리됩니다.
- 2) 위원회(소규)가 심의를 제하는 연구의 진행과 관련된 보고를 위원회에 제출하여야 합니다.
- 3) 연구윤리를 훼손할 행위가 발생 시 조사 및 감독 과정에서 행정처분을 실시할 수 있습니다.
- 4) 연구의 진행과 관련된 사항은 연구가 완료된 시점을 기준으로 최소 1년간 보관하여야 합니다.

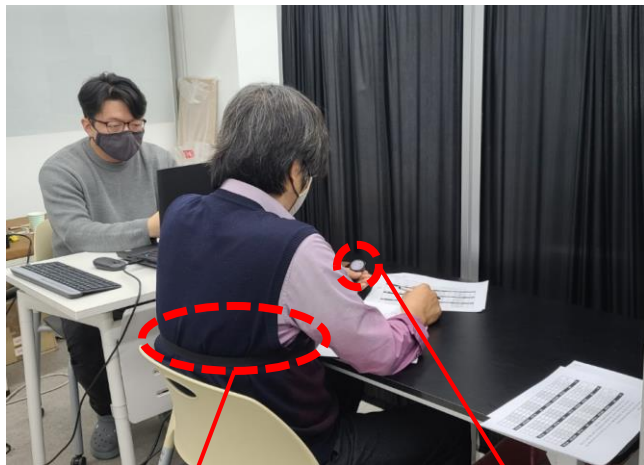


포항공과대학교 생명윤리위원회 위원장

ver 1.0 (Apr 2015)

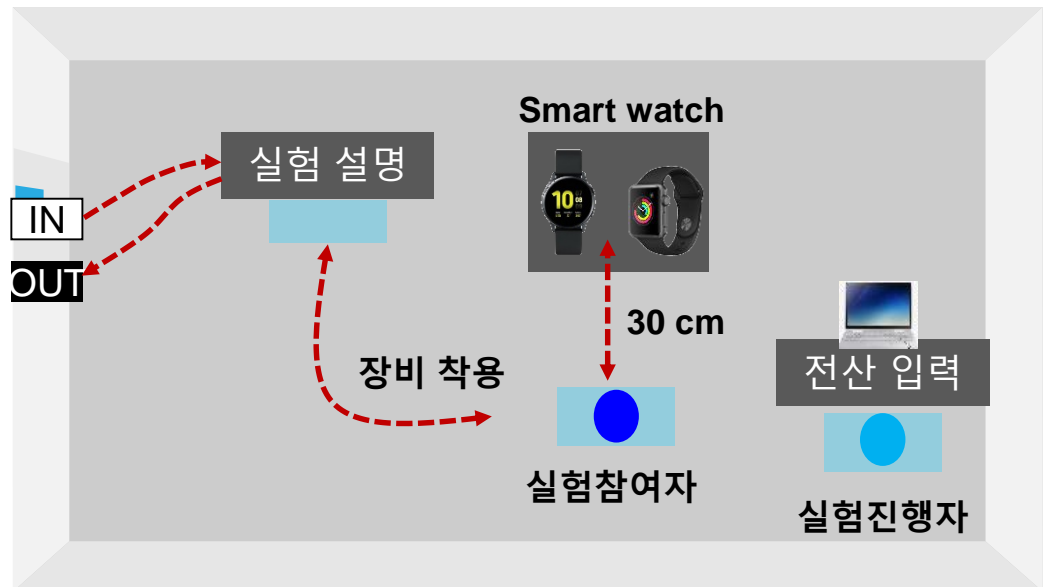
# 평가 환경

- 의자 위치 고정을 통해 **화면과의 거리(30cm) 유지**
- 조도계를 통해 **일정한 조명 밝기(약 300lx)를 유지**
- 실험 참여자의 흥부에 respiration belt를 착용하여 호흡 운동 관련 data 수집



호흡 측정 센서

스마트 워치



# 호흡 운동 측정 방법

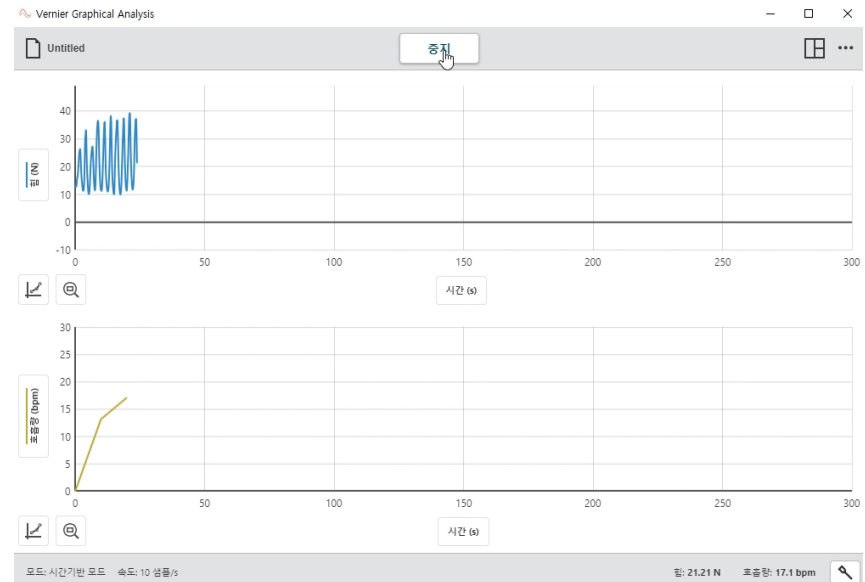
□ 평가 장비: respiration belt(Vernier, USA)

- ✓ Strain gauge 측정 방식: strap에 연결된 힘 센서를 이용하여 호흡 측정
- ✓ 호흡 주기, 호흡량, 들숨, 날숨 측정 가능

흉부 착용 예시



Data 측정 예시







# 주관적 평가 항목

□ NASA-TLX 문항 중 **스마트 가전제품 UI 평가에 적절한 항목 3종 선정**

평가 항목	내용	선정 여부
<b>정신적 요구 수준</b>	지각적/인지적 활동이 요구 되는 정도	○
신체적 요구 수준	신체적 활동이 요구되는 정도	×
<b>시간적 요구 수준</b>	Task 수행 시 느껴지는 시간적 압박감	○
임무 성취감	Task를 성공적으로 완수했다고 생각하는 정도	×
<b>노력 수준</b>	목표 달성을 위해 정신적/신체적으로 노력한 정도	○
불쾌감 수준	부정적인 감정을 느낀 정도	×

# Experimental Design: Factors

- Factor: (1) icon 제시 여부, (2) text 제시 여부

		Factors	
		Icon 제시 여부	Text 제시 여부
Factor level (2-level)	+ 수준	<p>음악</p>  <p>Icon 제시</p>	<p>음악</p>  <p>Text 제시</p>
	- 수준	<p>음악</p>  <p>Icon 미제시</p>	 <p>Text 미제시</p>



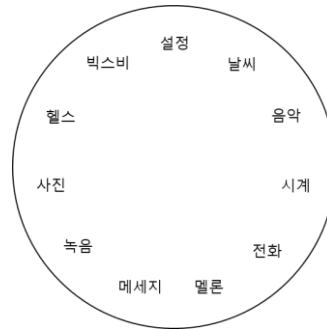
# 스마트 워치 UI 평가 Task

- 평가 대상: 스마트 워치
- 평가 task
  - ✓ 1분 동안 화면에 나타나는 아이콘 외우기
  - ✓ 배치에 따른 암기 난이도 변화를 없애기 위해 3회 반복 실험
- Factors: 아이콘 제시 방법
  - ✓ 아이콘 제시 방법: icon only, text only, icon + text

## 아이콘 제시 방법



Icon



Text



Icon + text

# 호흡 운동 Data 분석 방법

## □ Peak detection을 통해 task 수행 시간 동안의 호흡 수 추출

- ✓ 안정기 동안의 호흡 수 추출
- ✓ Task 수행 시간 동안의 호흡 수 추출
- ✓ 안정기 대비 호흡 수 증가량 확인

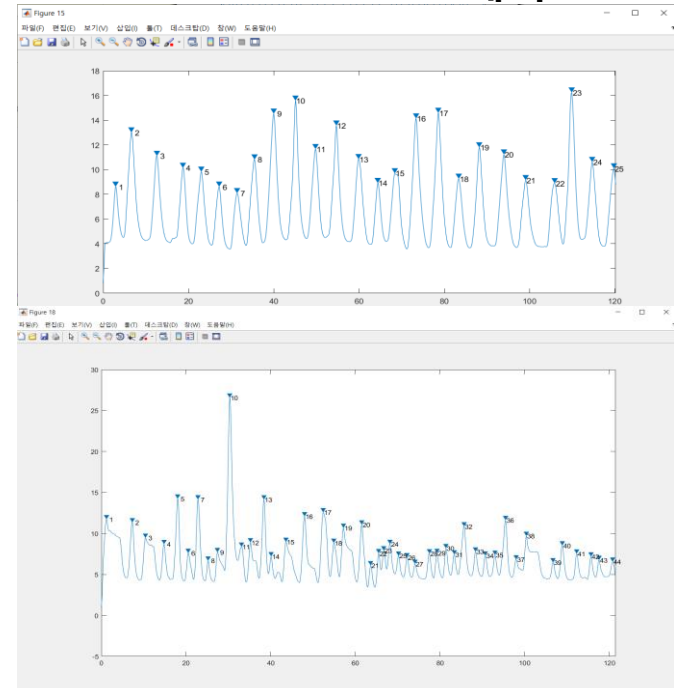
### Code 예시

```

1 clear all;
2
3 % 변수 선언
4 % 파일 경로 지정
5 % 데이터 로드
6 % 데이터 크기 확인
7 % 윈도우 크기 설정
8 % 화면 중심화
9 %
10 % Peak를 찾기 위한 파라미터 설정
11 %
12 % 데이터 로드
13 %
14 % 데이터 크기 확인
15 %
16 % (x >= 1 && x <= 100) && (y >= 1 && y <= 100)
17 %
18 %
19 %
20 %
21 %
22 %
23 %
24 %
25 %
26 %
27 %
28 %
29 %
30 %
31 %
32 %
33 %
34 %
35 %
36 %
37 %
38 %
39 %
40 %
41 %
42 %
43 %
44 %
45 %
46 %
47 %
48 %
49 %
50 %
51 %
52 %
53 %
54 %
55 %
56 %
57 %
58 %
59 %
60 %
61 %
62 %
63 %
64 %
65 %
66 %
67 %
68 %
69 %
70 %
71 %
72 %
73 %
74 %
75 %
76 %
77 %
78 %
79 %
80 %
81 %
82 %
83 %
84 %
85 %
86 %
87 %
88 %
89 %
90 %
91 %
92 %
93 %
94 %
95 %
96 %
97 %
98 %
99 %
100 %

```

### Peak Detection 예시



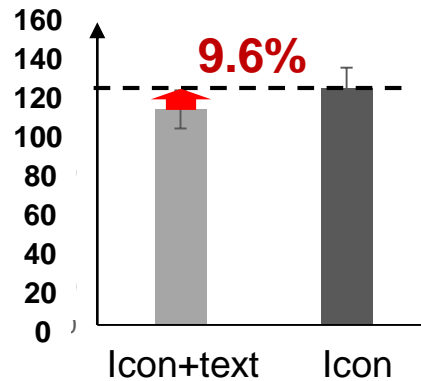
# 결과: Icon+text 제시 대비 Icon 제시( $n = 5$ )

□ **Icon 제시**는 icon+text 제시 대비 **호흡 수 9.6%, 주관적 요구 수준 14.3% 상승**

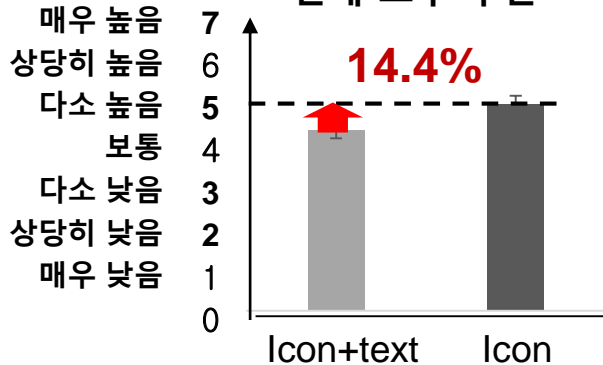
✓ **Baseline 대비 호흡수 증가량:** icon 제시( $124.8 \pm 11.3$ ) > icon + text 제시( $113.9 \pm 10.1$ )

✓ **전체 요구 수준:** icon 제시 ( $5.0 \pm 0.2$ ) > icon + text 제시 ( $4.3 \pm 0.2$ )

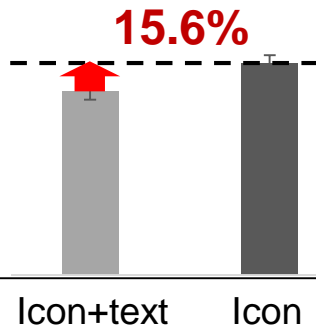
Baseline 대비 호흡수 증가량 (%)



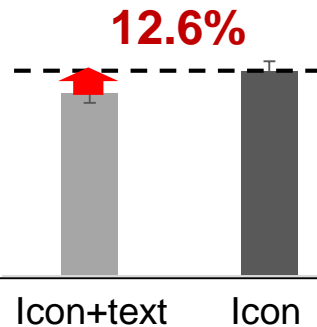
전체 요구 수준



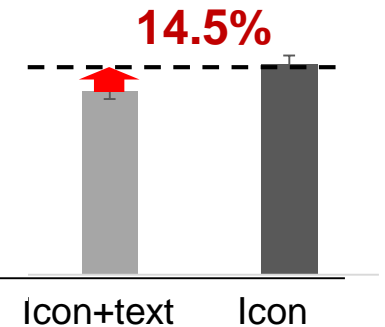
정신적 요구 수준



시간적 요구 수준



노력 수준



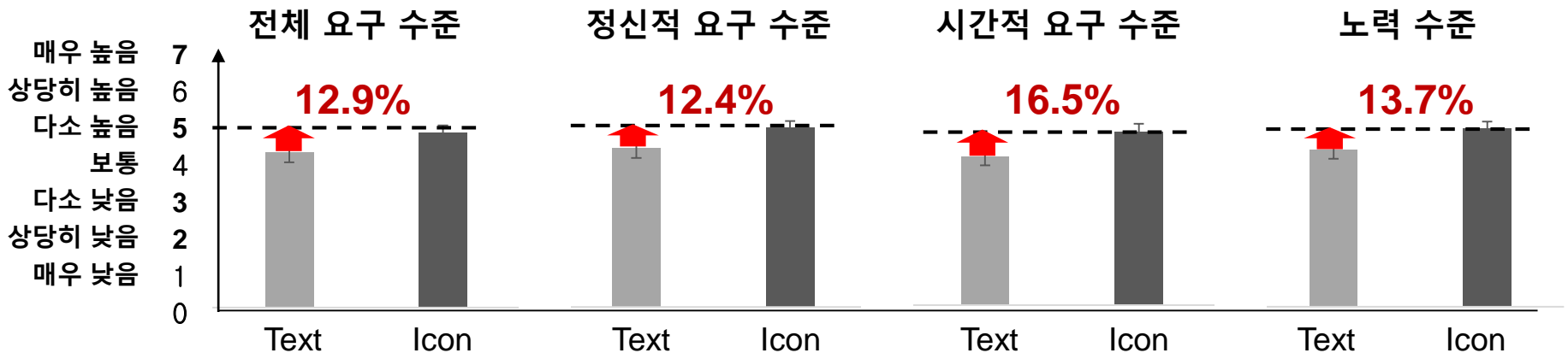
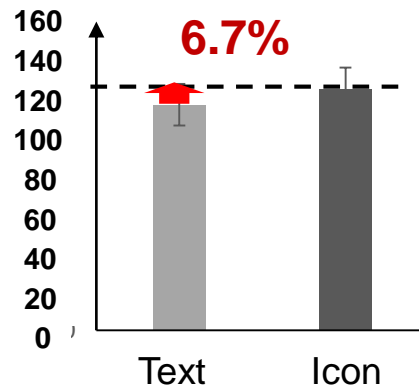
# 결과: Text 제시 대비 Icon 제시( $n = 5$ )

□ **Icon 제시**는 text 제시 대비 **호흡 수 6.7%, 주관적 요구 수준 13.9% 상승**

✓ **Baseline 대비 호흡 수 증가량**: icon 제시( $124.8 \pm 11.3$ ) > text 제시 ( $113.9 \pm 10.1$ )

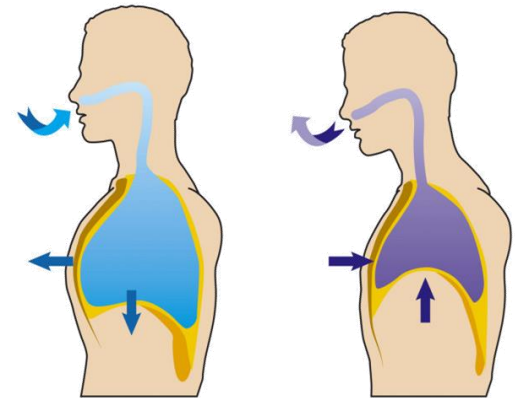
✓ **전체 요구 수준**: icon 제시 ( $5.0 \pm 0.2$ ) > text 제시 ( $4.3 \pm 0.2$ )

Baseline 대비 호흡수 증가량 (%)



# 호흡 운동 기반 스마트 가전제품 UI 평가 Protocol 개발

- 실험 참여자: 정상 시력/ 교정 시력, task 경험 고려
- 평가 장비: 호흡 운동을 측정하기 위한 장비를 **대상에 따라 적합한 장비 선정**
- 평가 환경: (1) 평가 대상 사용 환경, (2) **호흡 운동 영향 환경 요인 control**
- 인지 부하 평가 척도: 인지 부하를 **호흡 운동으로 정량화 가능한 척도** 선정



# Contribution & Limitation

## □ Contribution

- ✓ 호흡 운동을 활용하여 **UI 설계 요소별 인지 과부하 요인을 탐색**하여 UI 설계안에 대한 **평가와 개선에 활용**
- ✓ 인지 부하가 적게 발생되도록 개발된 제품은 **사용성이 개선**되고 이는 **제품 경쟁력을 강화**하여 **판매량 증가에 기여**할 수 있음
- ✓ 어린이 또는 노인과 같이 스마트 가전제품에 익숙하지 않은 사람들에게도 **사용성이 높은 universal design**을 가능하게 함

## □ Limitation

- ✓ 실험 참여자 ↑
- ✓ **성별, 나이, 사용 경험** 등과 같은 요인에 의한 호흡 운동 기반 인지 부하 분석
- ✓ 호흡 운동과 task 수행 시간, 주관적 평가 간의 상관성 분석



# Q&A

경청해 주셔서 감사합니다.

