

초음파 도플러 센서 기반 삼킴 운동 모니터링 서비스 개발



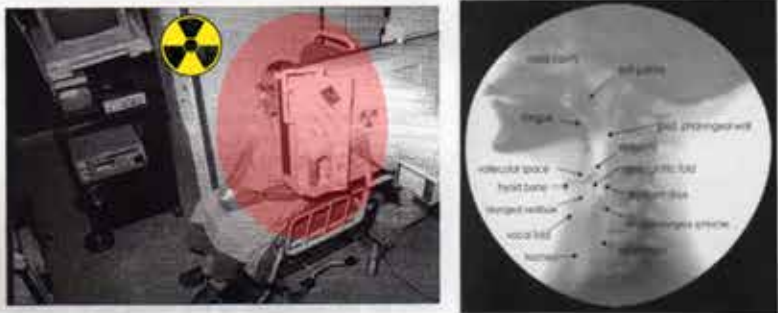
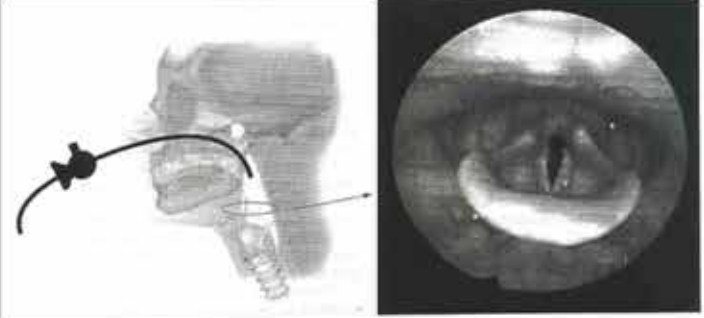
2018. 10. 15

Contents

- 연구 목표
- 연구 추진 내용
- 삼킴 운동 모니터링 서비스 예

삼킴문제에 대한 비침습적 & 객관적 측정 필요

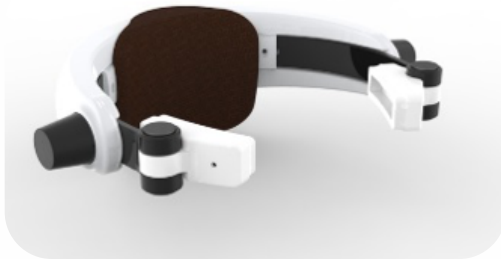
- ❖ **비디오 투시 조영 삼킴 검사**(VFSS, Videofluoroscopic Swallowing Study)와 **비디오 내시경 검사**(FEES, Fiberoptic Endoscopic Evaluation of Swallowing)는 **방사능에 노출되거나 체내에 내시경을 삽입하는 침습적 방법**으로 환자의 안전과 편의성이 저해됨

	비디오 투시 조영 검사 장치 (Videofluoroscopic Swallowing Study, VFSS)	비디오 내시경 검사 장치 (Fiberoptic Endoscopic Evaluation of Swallowing, FEES)
Illustration		
Method	<ul style="list-style-type: none"> ▪ X-ray를 이용하여 형광 screen의 투시되는 영상 기록 ▪ 삼키는 동작의 기능적인 이상 여부를 평가 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유연한 내시경(flexible endoscope)을 코를 통해 구강에 삽입하여 음식을 삼키기 전과 후를 비교
Limitation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 임상가: 삼킴에 관여하는 해부학적 구조를 육안으로 확인 ▪ 환자: 방사선에 노출되어야 함 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 임상가: 삼킴 시의 구강 및 인두 기능에 대한 확인이 어려움 ▪ 환자: 코에 내시경을 삽입하는 침습 검사
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고가의 범용 장비 ▪ 일상생활 중의 삼킴 특성 측정 불가 ▪ 삼킴 장애 치료 효과의 적시 확인 불가 	

연구 목표

- ❖ **초음파 도플러 센서 기반 실시간 삼킴 모니터링 기술 및 응용 솔루션 개발**
 - ✓ 삼킴 신호 **정량 분석 기술 개발**
 - ✓ 삼킴 초음파 신호 **데이터 베이스 구축**
 - ✓ 삼킴 장애 **예측 및 선별 기술 개발**
 - ✓ 삼킴 모니터링 기술 기반 **wellness & medical 서비스 개발**

실시간 삼킴 모니터링 및 분석 기술 개발



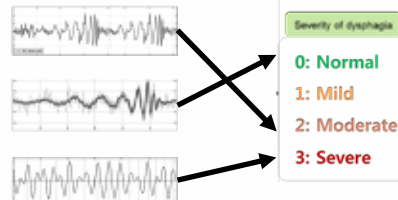
삼킴 데이터 베이스 구축 및 선별 기술 개발



삼킴 모니터링 기술 기반 서비스 개발

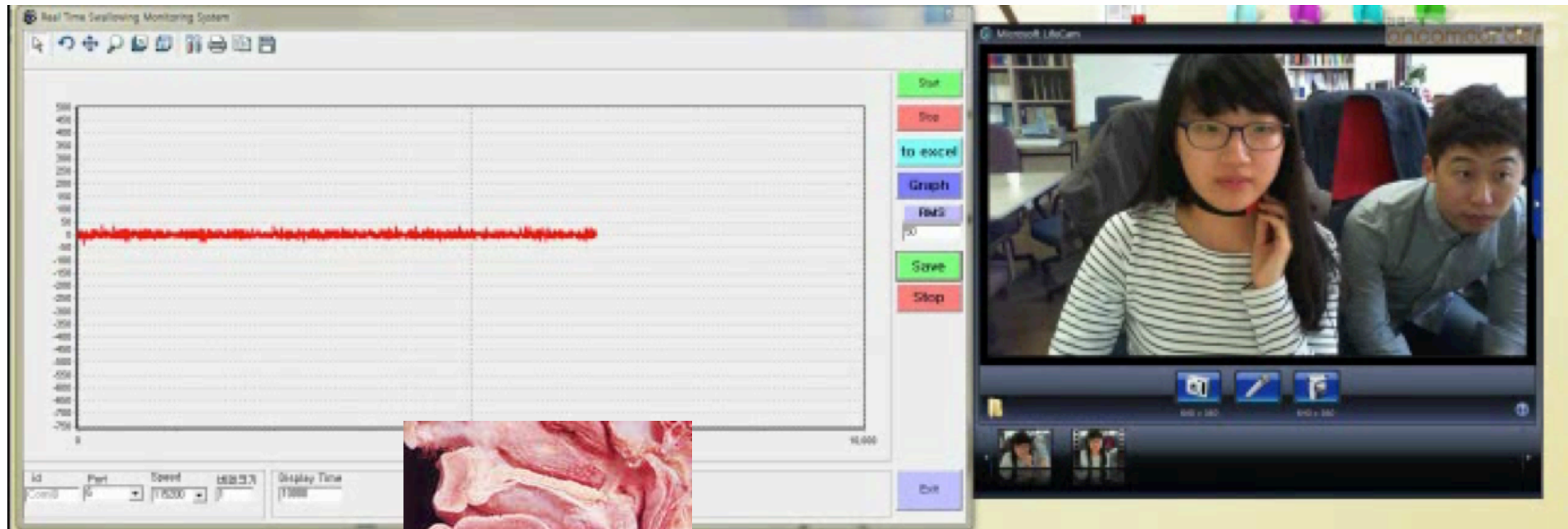


삼킴 장애 선별



초음파 도플러 센서 기반 삼킴 Monitoring

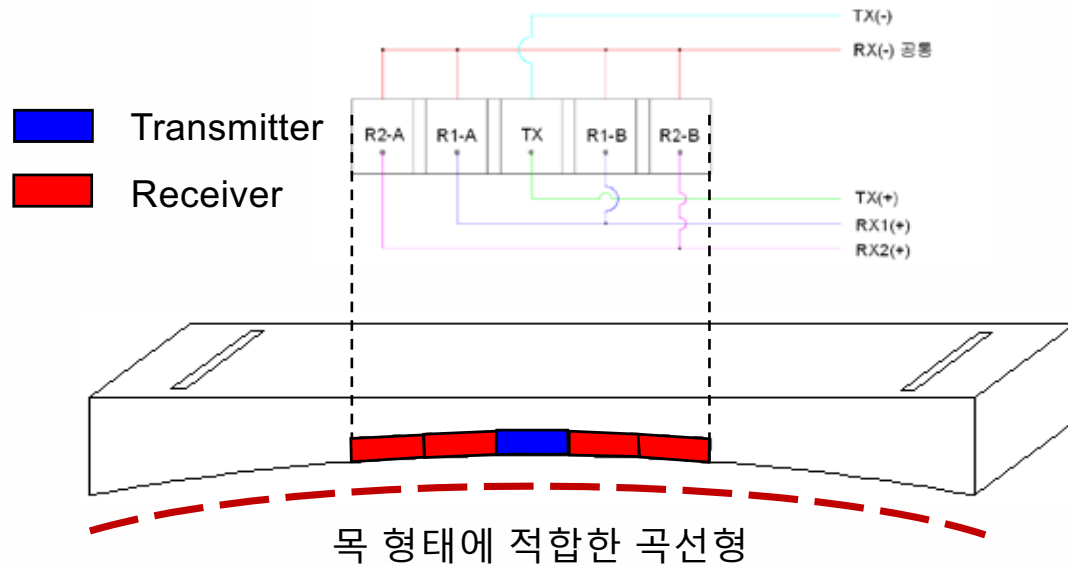
- ❖ 삼킴 시 초음파 도플러 센서로 측정된 **목 내부 움직임 중 인후두(laryngopharynx) 상하 움직임을 전기적 신호로 변환**



laryngopharynx

Neck Band형, Single US Stripe, Wired

- ❖ 1개의 transmitter와 4개의 receiver로 구성된 밴드형 제품
- ❖ USB 케이블로 직접 PC와 연결



Frequency	2 MHz
Element count	3
Element length	5 mm
Kurf	1 mm

Pitch	6 mm
Element width	6 mm
Wire	Micro coaxial cable (100pF)
Transducer surface radius	158R

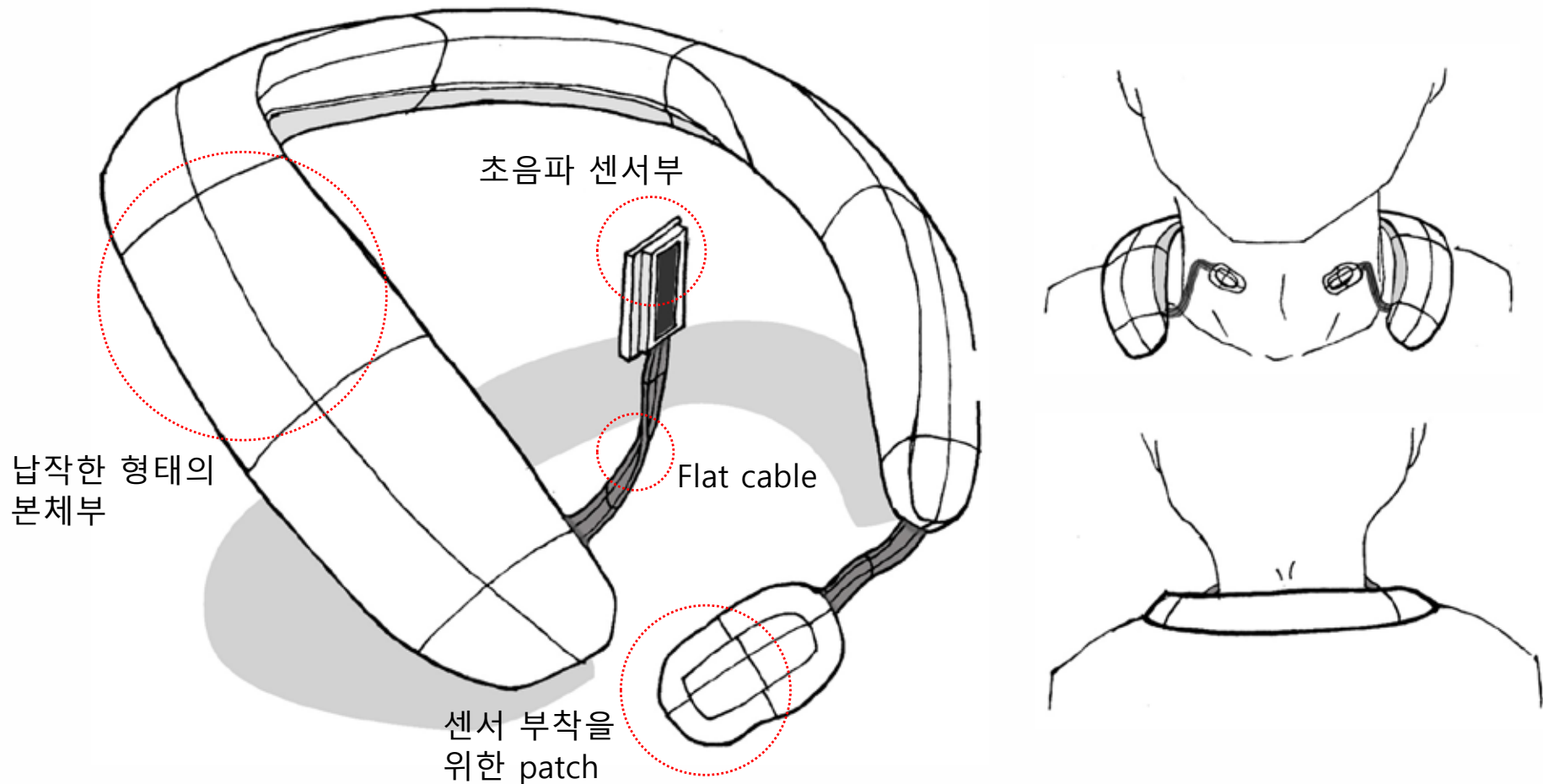
Neck Brace형, Dual US Stripes, Wireless

- ❖ 다양한 목둘레의 사용자들이 **쉽고 편안하게 착용 가능한 neck brace형** 설계
- ❖ 초음파 sensor가 목의 양쪽에 위치하여 **삼킴 운동의 대칭성을 확인**할 수 있음



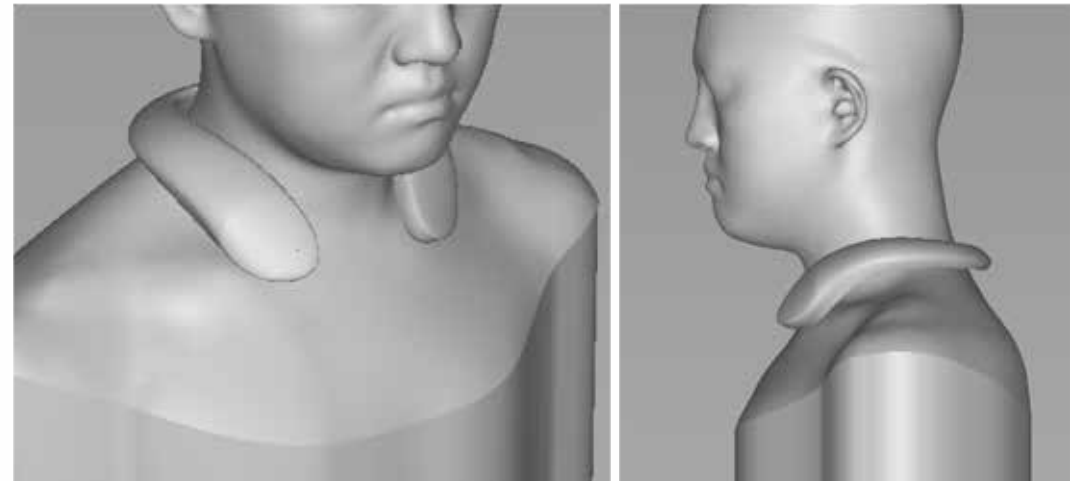
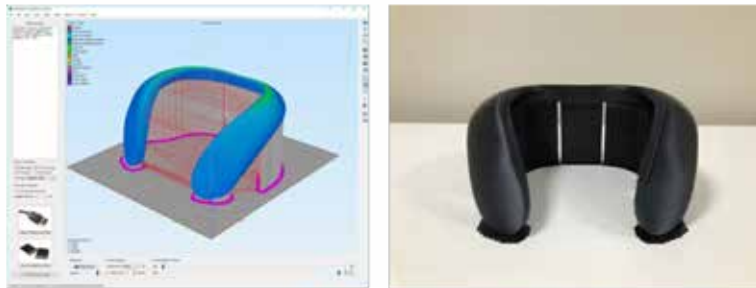
신규 시제품: 어깨 거치형, Gel Pad US Sensor (1/4)

- ❖ VFSS 영상과의 간섭을 최소화하도록 slim한 hard-band type
- ❖ 적절한 위치에 부착하기 용이하도록 flexible cable이 적용된 sensor



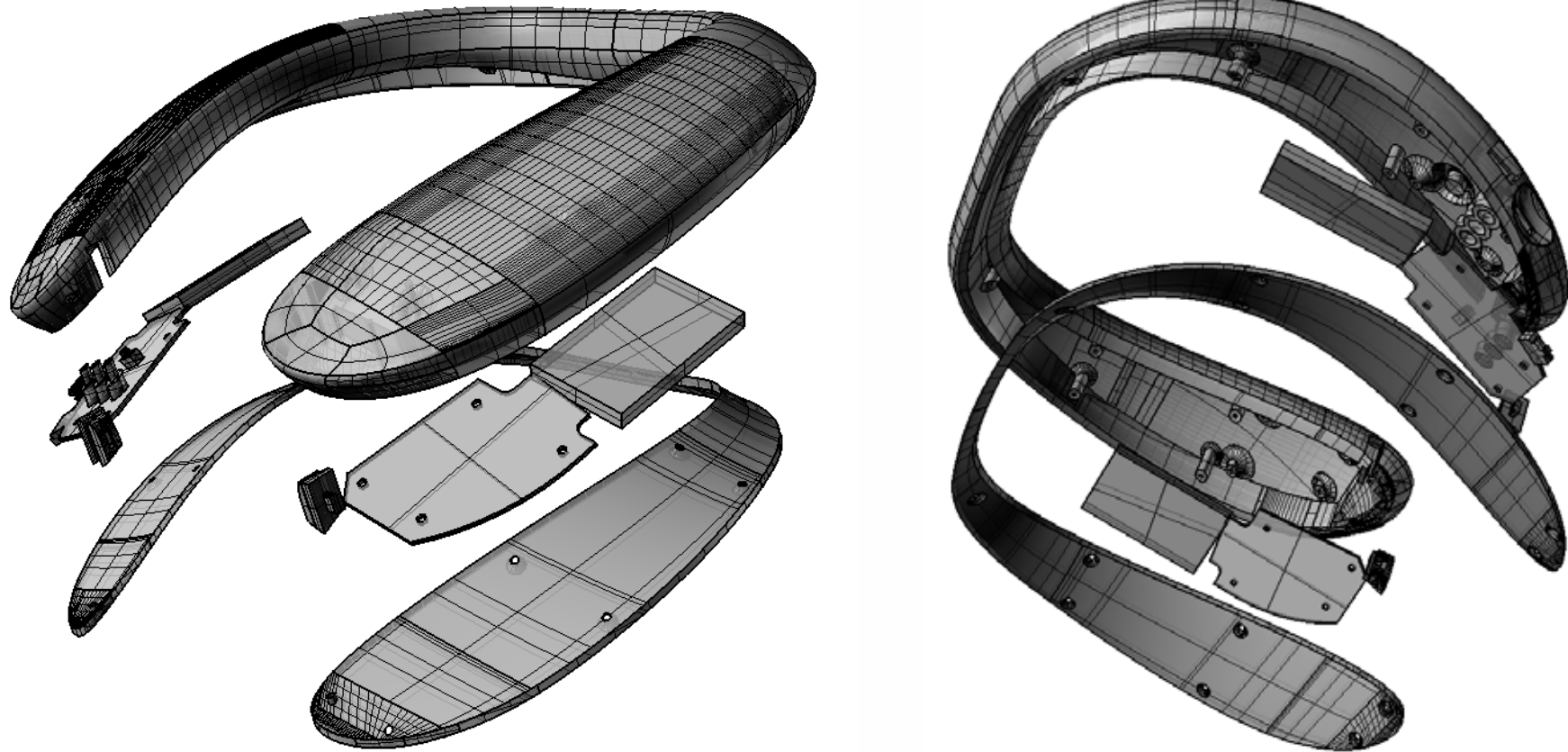
신규 H/W 시제품 개발: 외형 설계 (2/4)

- ❖ 3D printing 기반 mock-up을 제작하여 대략적인 크기 검토 및 개선점 도출
- ❖ 연질 PVC로 제작하여 다양한 목 크기의 사용자들을 수용할 수 있도록 개발



신규 H/W 시제품 개발: 기구 설계 (3/4)

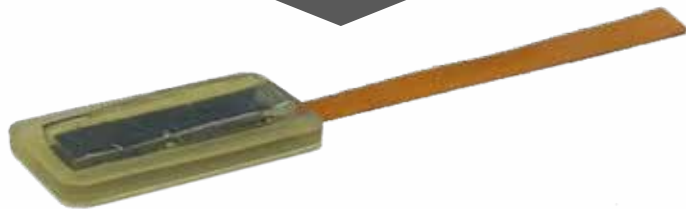
- ❖ 제품 내부의 회로와 배터리 등 부품을 배치하고 조립할 수 있는 형태로 제품의 내부를 설계함



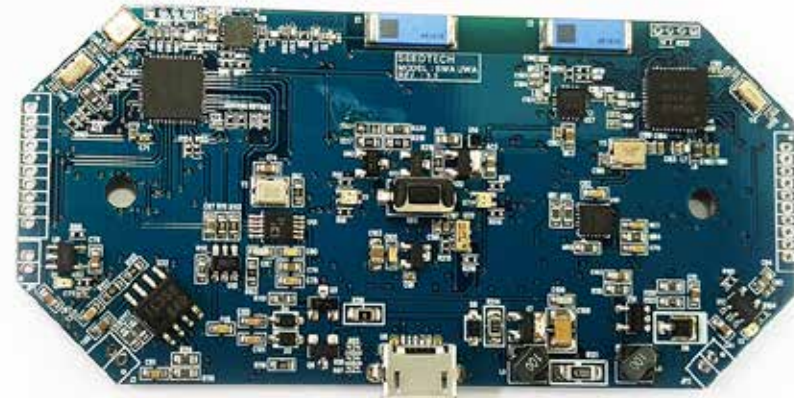
신규 H/W 시제품 개발: 초음파 센서 회로 설계 (4/4)

- ❖ 피부에 밀착될 수 있는 gel pad를 포함한 초음파 Doppler sensor를 개발함
- ❖ 초음파 Doppler sensor가 초음파를 송수신, processing, PC로 전송하는 일련의 과정을 수행할 수 있도록 회로를 구성하고 firmware를 개발함

초음파 Doppler sensor

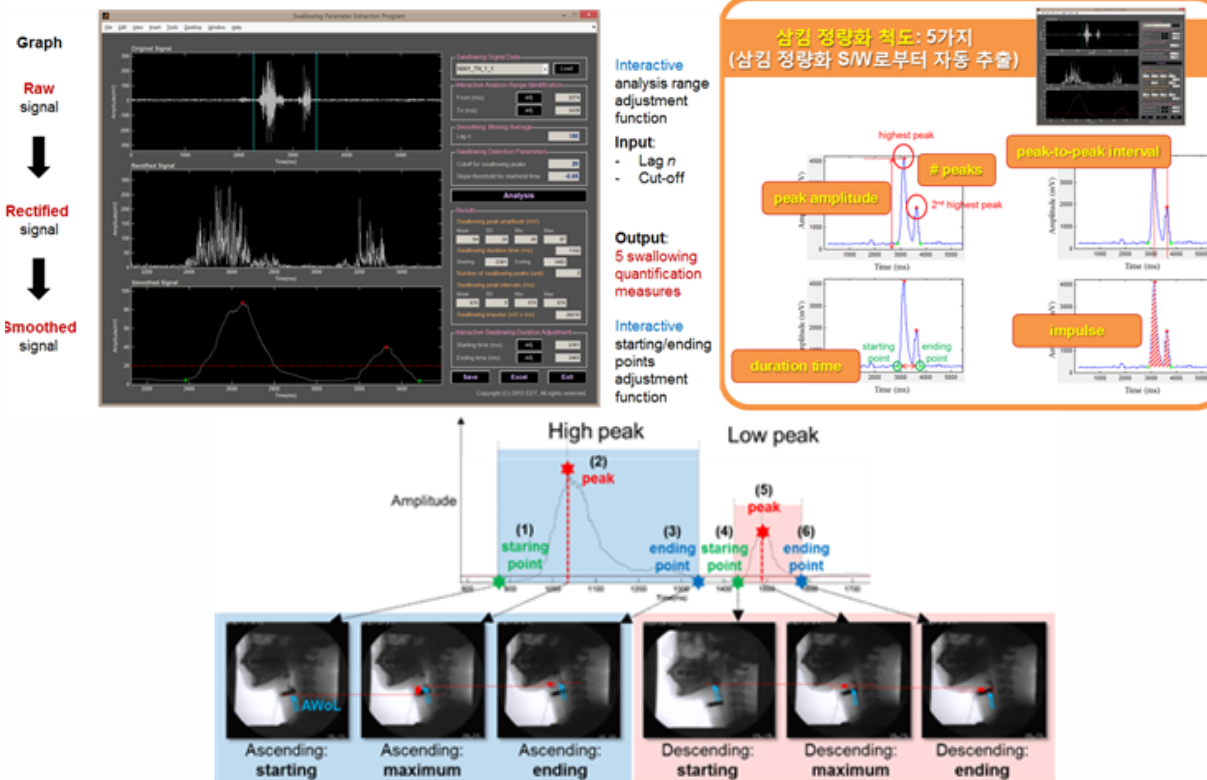


회로 설계

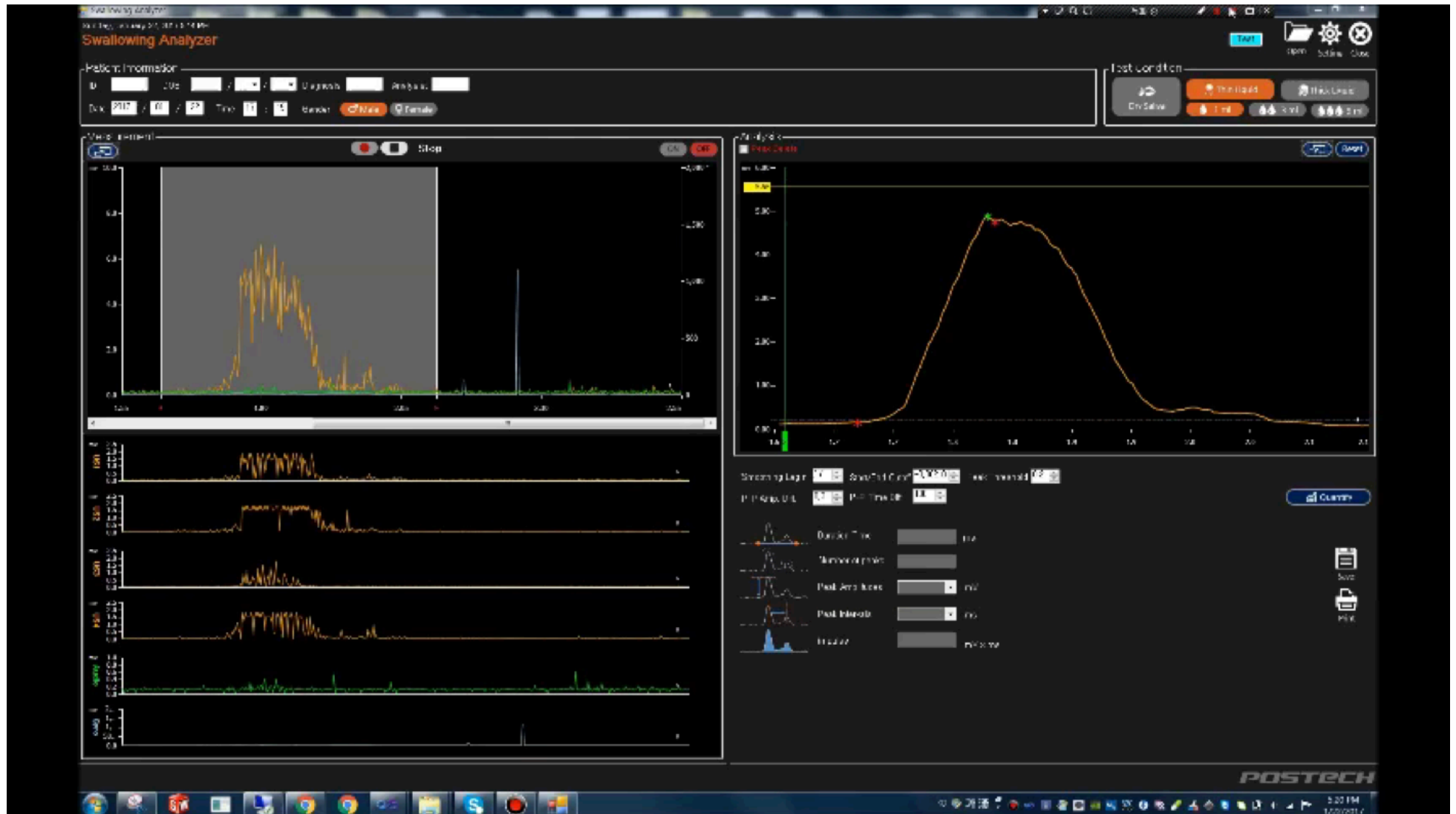


신규 시제품 개발: 삼킴 신호 분석 알고리즘

- ❖ **초음파 도플러 센서를 사용하여 삼킴 시 인두 내부기관의 움직임을 측정할 수 있는 삼킴 측정 장비 시제품과 분석 시스템 개발**
- ✓ **삼킴 신호와 VFSS영상을 연동 분석을 통해 5가지 삼킴 정량화 척도**(Number of peaks, Peak amplitude, Peak to Peak interval, Duration time, Impulse) 정립
- ✓ **입력된 삼킴 신호에 따른 정량화 척도를 자동 추출하여 분석하는 삼킴 분석 S/W 개발**



기존 삼킴 신호 분석 S/W UI



신규 삼킴 신호 분석 S/W UI

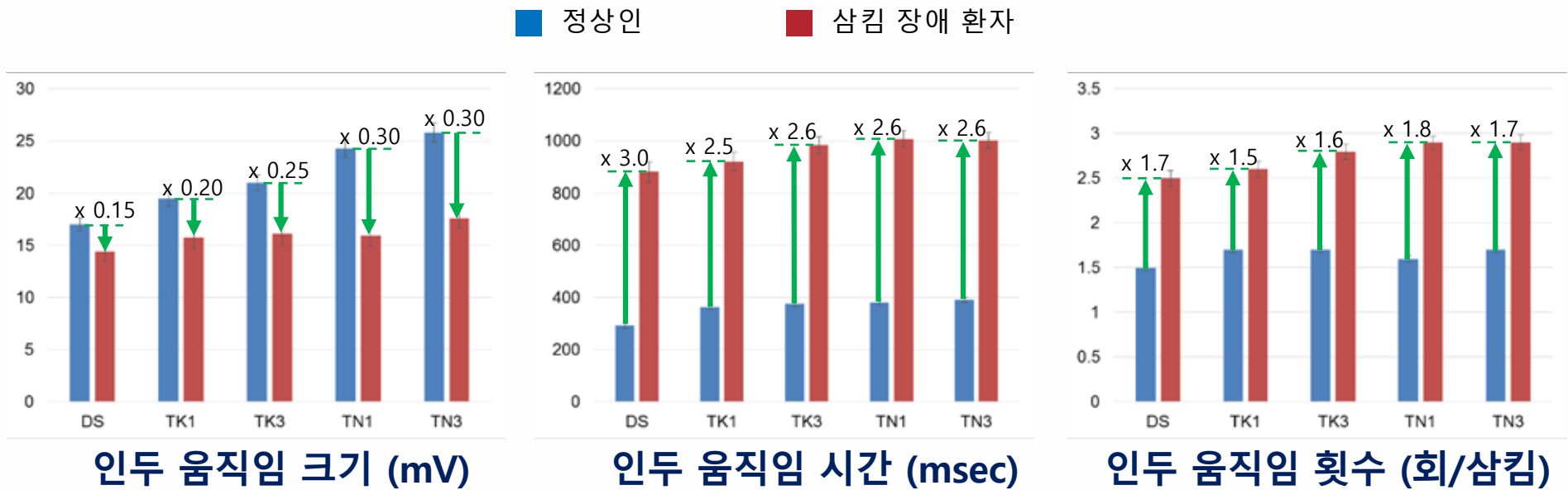
- ❖ 삼킴 신호를 체계적으로 측정, 분석, 보고할 수 있는 사용 시나리오 개발
- ❖ Dual direction monitor의 신호를 분석하기 위한 **user interface (UI) 개선**
- ❖ 소량에 대한 단일 삼킴(single-gulp) 외에도 대량(예: 물 90 ml)을 여러 번에 나누어 삼키는 **반복 삼킴(multiple-gulp)에 대한 측정 및 분석 기능** 개발 중



기존 연구: 삼킴 특성 분석 임상시험

- ❖ 40 ~ 60대 정상인 120명, 삼킴 장애 환자 36명을 대상으로 초음파 기반 삼킴 정량 분석 결과 인두의 움직임 크기, 시간, 횟수에서 통계적으로 유의한 차이가 나타남을 파악하였음

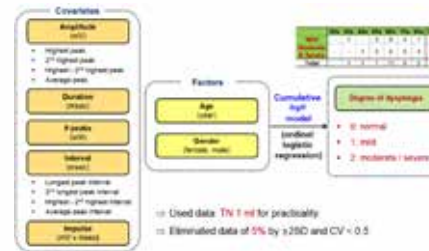
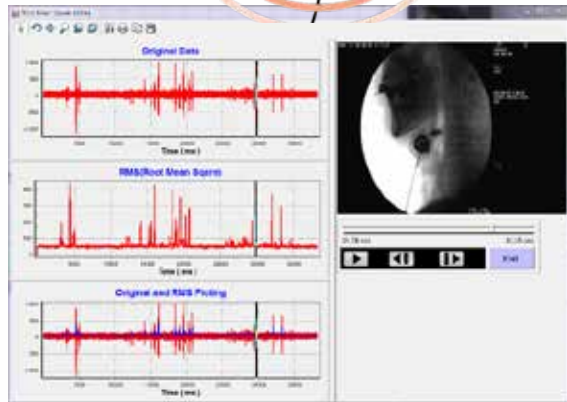
정상인과 삼킴 장애 환자 특성 비교



(note) DS: dry saliva; TK1 & TK3: 1 ml & 3 ml of thick liquid; TN1 & TN3: 1 ml & 3 ml of thin liquid

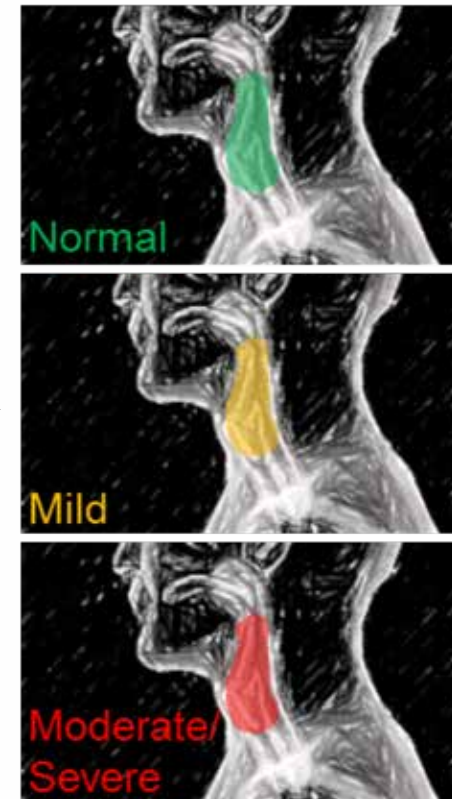
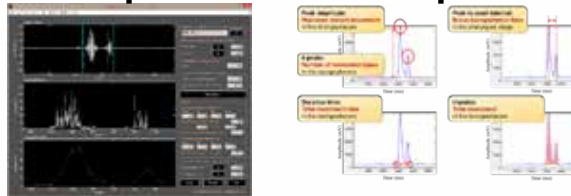
삼킴 장애 진단 모형 개발

- ❖ 측정된 삼킴 신호에 **logistic regression**을 적용하여 삼킴 장애 진단 모형 개발
- ⇒ 초음파 도플러 센서기반의 삼킴 측정 장비의 삼킴 장애 진단 유용성 검증



통계적 삼킴 장애 판별 모형

↑ 삼킴 정량화 ↑



삼킴 모니터링 서비스 기획

- ❖ 일상 생활 중 건강관리를 위한 **wellness** 서비스와 의료 기관에서도 활용할 수 있는 **medical** 서비스를 구분하여 기획함

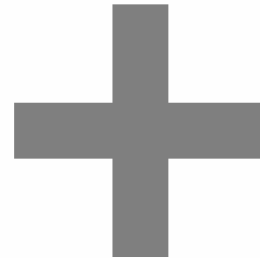


삼킴 모니터링 서비스 예 (1/2)

❖ VFSS 검사 이전 **임상 검사, 설문 조사와 함께 정량적 기초 능력 평가에 활용**



임상 검사



Department of Rehabilitation Services
Swallowing Disturbance Questionnaire

Questions	0	1	2	3
1. Do you experience difficulty chewing solid food like an apple, cookie, or cracker?	0	1	2	3
2. Are there any food residues in your mouth, throat, under your tongue, or stuck to the roof of your mouth after swallowing?	0	1	2	3
3. Does food or liquid come out of your nose when you eat or drink?	0	1	2	3
4. Does chewed up food dribble from your mouth?	0	1	2	3
5. Do you feel you have too much saliva in your mouth (do you drool or have difficulty swallowing your saliva)?	0	1	2	3
6. Do you swallow chewed up food several times before it goes down your throat?	0	1	2	3
7. Do you experience difficulty in swallowing solid food (do apples or crackers get stuck in your throat)?	0	1	2	3
8. Do you experience difficulty in swallowing pureed food?	0	1	2	3
9. While eating, do you feel as if a lump of food is stuck in your throat?	0	1	2	3
10. Do you cough while swallowing liquids?	0	1	2	3
11. Do you cough while swallowing solid food?	0	1	2	3
12. Immediately after eating or drinking, do you experience a change in your voice, such as hoarseness or wetness?	0	1	2	3
13. Other than during meals, do you experience coughing or difficulty breathing as a result of saliva entering your windpipe?	0	1	2	3
14. Do you experience difficulty breathing during meals?	0	1	2	3
15. Have you suffered from a respiratory infection (such as pneumonia, bronchitis) in the past year? (Circle one)	YES	NO		

설문 조사

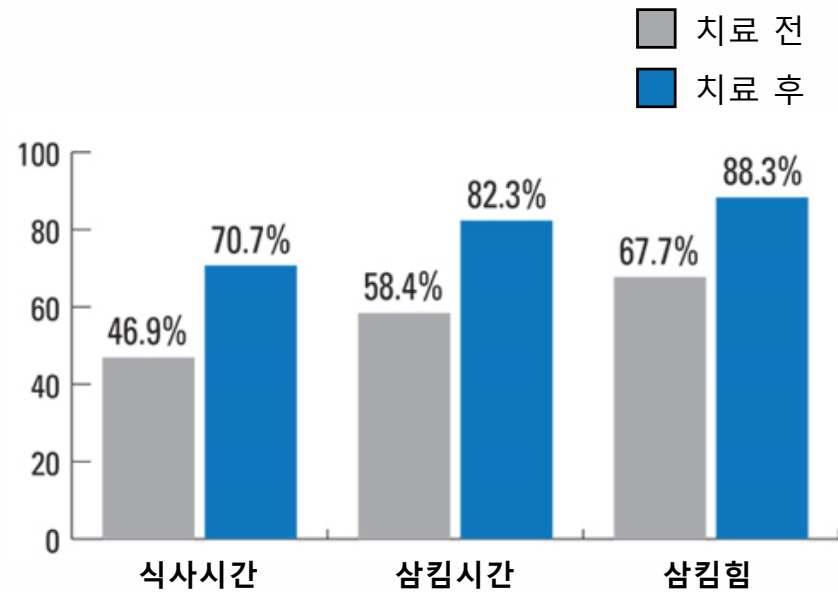


삼킴 모니터링 서비스 예 (2/2)

- ❖ **일일 치료 전과 후의 삼킴 능력 정보를 정량적으로 제공**하여 치료 참여 의지를 증진 시킬 수 있음



할아버지, 오늘
치료 했더니
이렇게
좋아지셨네요~



삼킴 모니터링 시스템 일상생활 적용 예

연구 개발 종료 3년 후

CASE1 김명숙



Q&A

감사합니다!



부 록

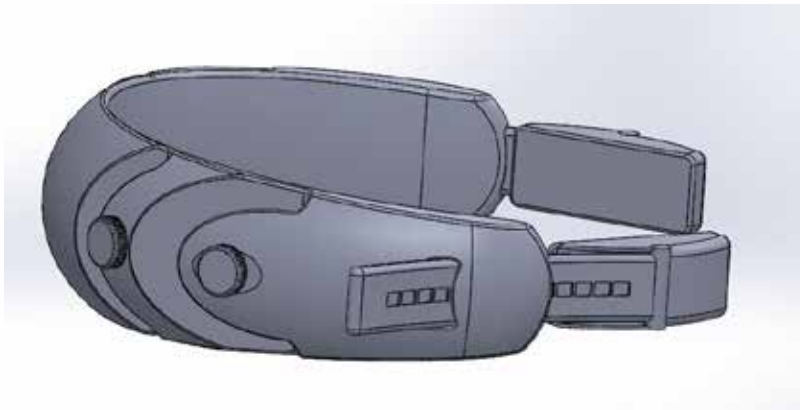
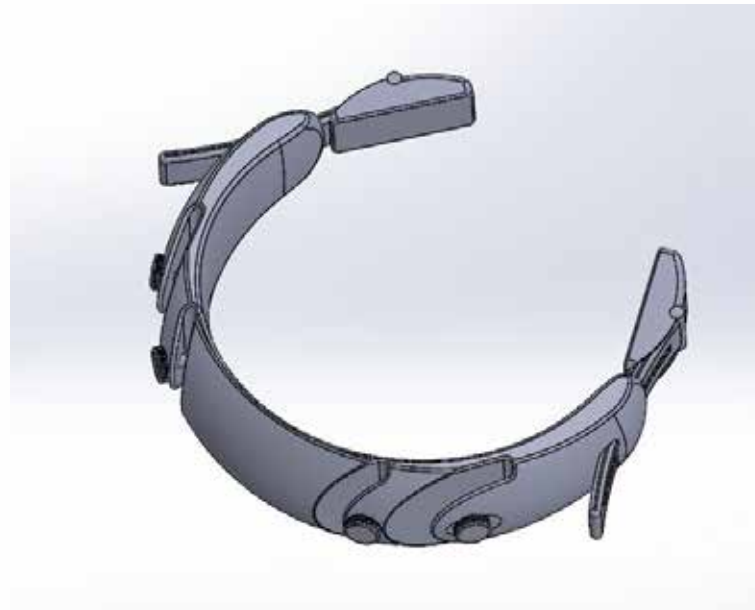
Neck Brace, Dual US Stripes, Wireless (2/2)

- ❖ VFSS와 연동한 pilot test를 통해 설계 보완점이 발견됨
 - ✓ 초음파 **sensor**를 **정확한 위치에 부착**하기 어려움
 - ✓ HW의 부피가 두꺼워서 **VFSS의 영상을 가리는 현상**이 있음



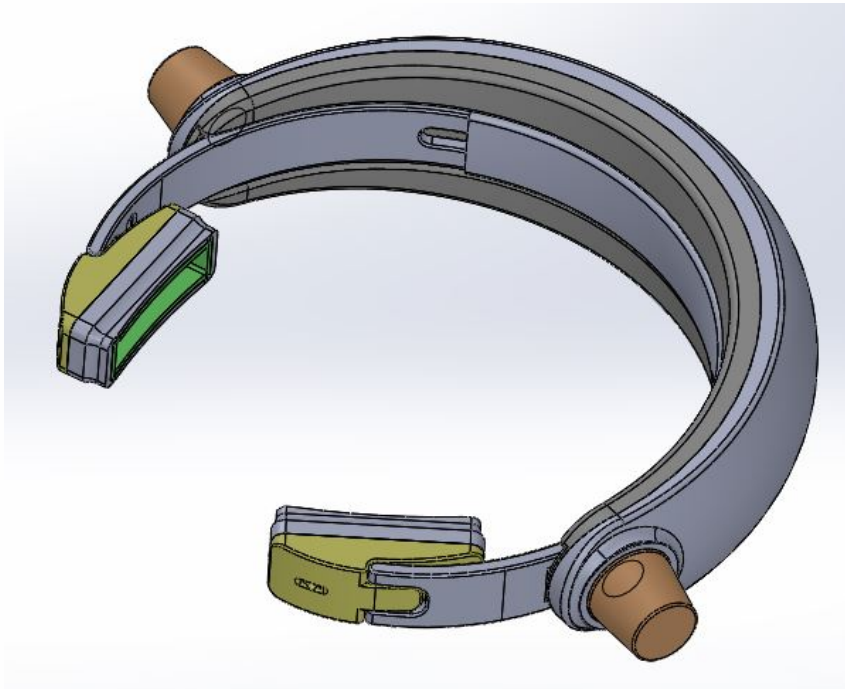
H/W 시제품 Idea 개발: 넓은 밴드형

- ❖ 기기를 전반적으로 넓게 설계해서 목 뒷부분을 잘 감싸도록 설계함



H/W 시제품 Idea 개발: 1차 시제품

- ❖ 센서부의 내구성을 높인 형태로 설계



H/W 시제품 Idea 개발: 1차 시제품 문제점

- ❖ 목이 두꺼운 사용자의 경우 착용 과정 중 너비가 좁을 수 있음
- ❖ 목이 얇은 사용자의 경우 센서부의 조정량이 부족할 수 있음

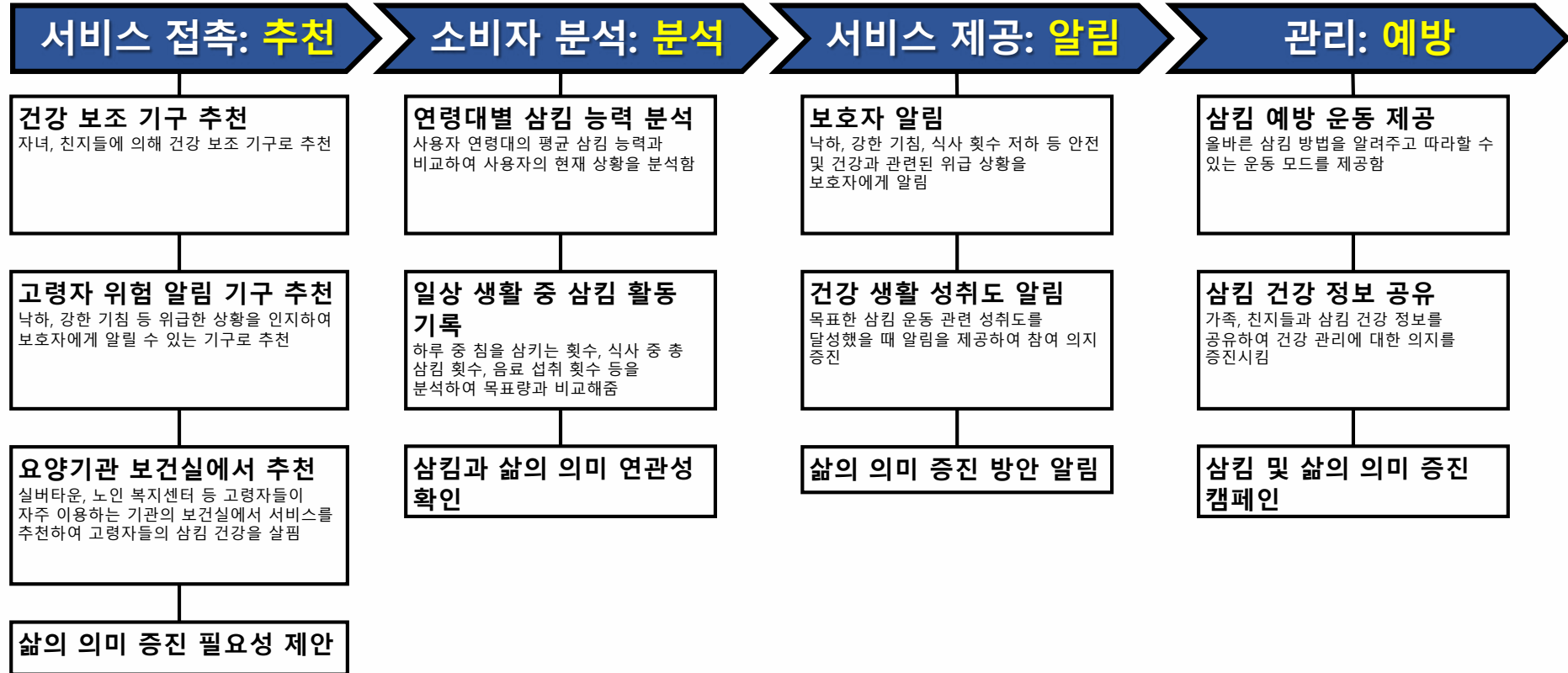


H/W 시제품 최종안

- ❖ 쉽고 편안하게 착용 가능한 밴드형 외관
- ❖ 초음파 sensor가 목의 양쪽에 위치하여 삼킴 운동의 대칭성을 확인할 수 있음
- ❖ 다양한 목둘레의 사용자들이 사용 가능한 크기 및 형태



서비스 기획: Wellness Service



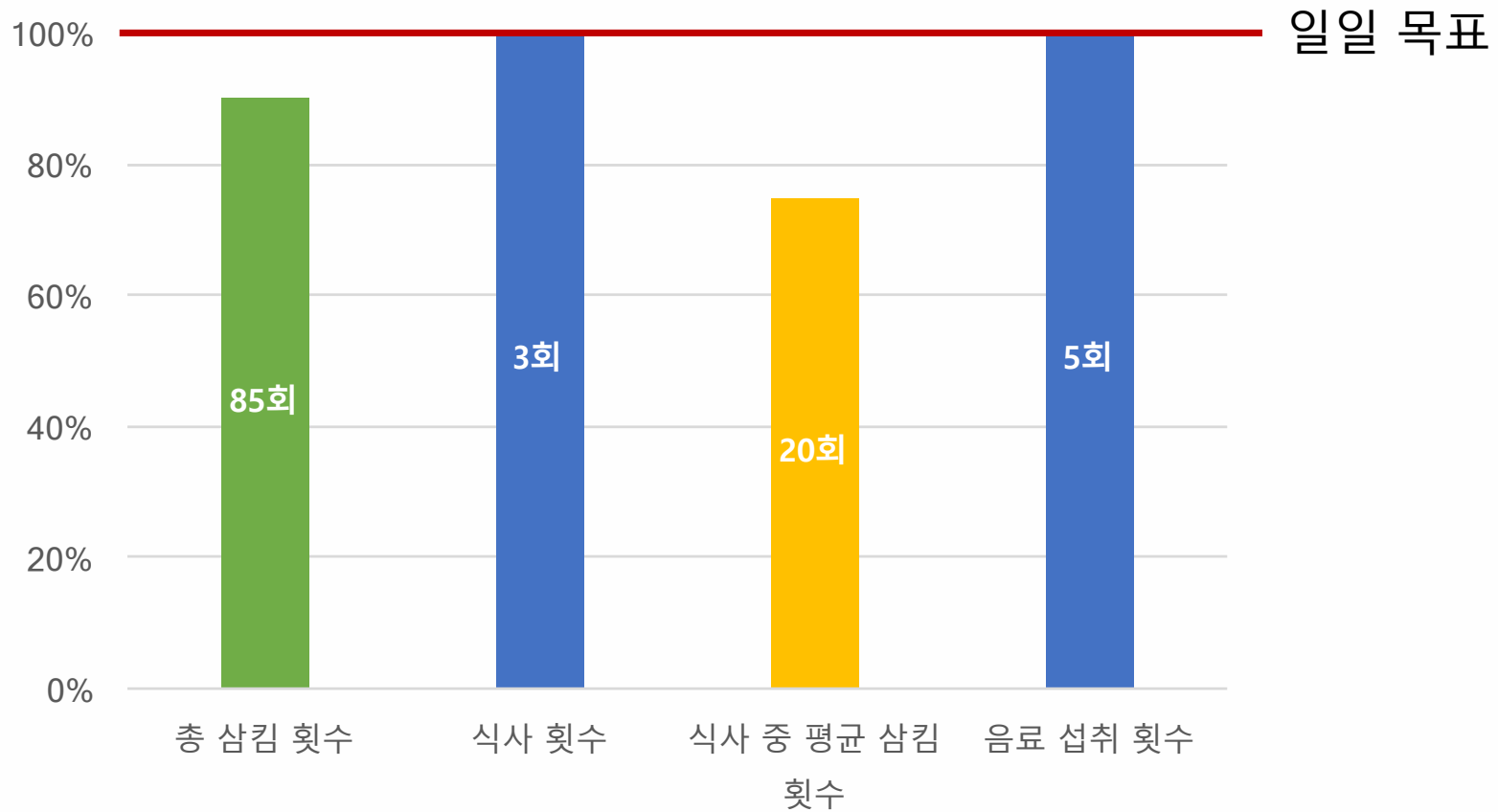
Wellness Service: 추천 – 요양기관 보건실에서 추천

- 실버타운, 노인 복지센터 등 고령자들이 자주 이용하는 **노인 요양 기관의 보건실에서 서비스를 추천**하여 고령자들의 삼킴 건강을 살핌



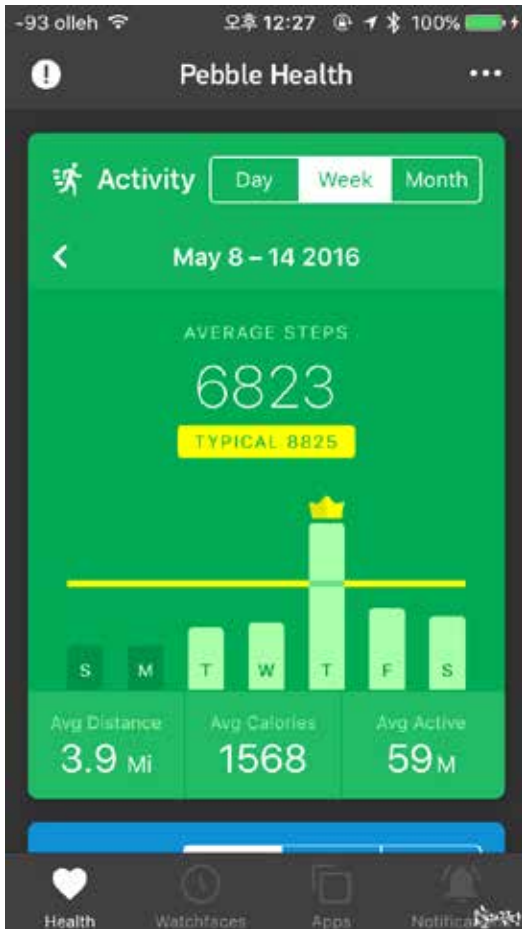
Wellness Service: 분석 - 일상 생활 중 삼킴 활동 기록

- 하루 중 침을 삼키는 횟수, 식사 중 총 삼킴 횟수, 음료 섭취 횟수 등을 분석하여 목표량과 비교해줌

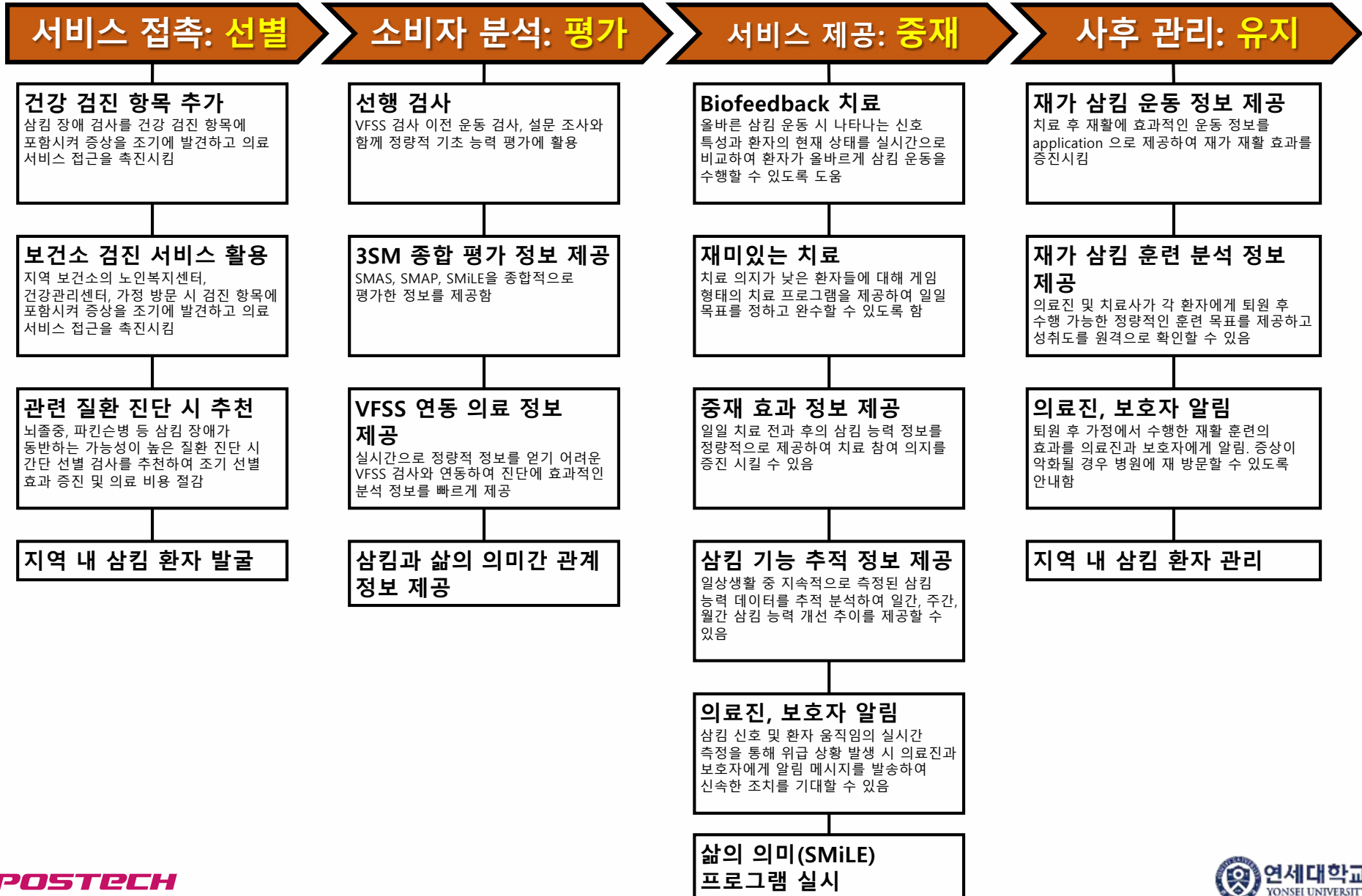


Wellness Service: 예방 – 삼킴 건강 정보 공유

□ 가족, 친지들과 삼킴 건강 정보를 공유하여 건강 관리에 대한 의지를 증진시킴



서비스 기획: Medical Service



Medical Service: 선별 - 건강 검진 항목 추가

- 삼킴 장애 검사를 **건강 검진 항목에 포함**시켜 **증상을 조기에 발견**하고, **예방적 차원의 보건적 서비스 접근**을 촉진 시킴

전 연령 필수
일반 건강검진

필수라구~!

- 신장
- 체중
- 비만도
- 시력
- 청력
- 혈압측정
- 혈액검사
- 소변검사
- 흉부 방사선촬영
- 심전도 검사



Medical Service: 선별 - 방문 검진 서비스 활용

- 지역 보건소/장기 요양 기관/주민센터의 방문 검진 담당자가 노인복지센터, 건강관리센터, 가정 방문 시 검진 항목에 포함시켜 사회복지/보건/의료 서비스 접근을 촉진시킴

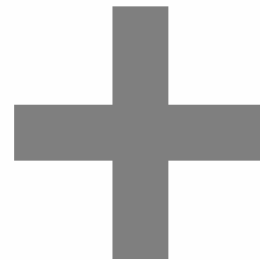


Medical Service: 진단 - 선행 검사

□ VFSS 검사 이전 **임상 검사, 설문 조사와 함께 정량적 기초 능력 평가에 활용**



임상 검사



Department of Rehabilitation Services
Swallowing Disturbance Questionnaire

Questions	0	1	2	3
1. Do you experience difficulty chewing solid food like an apple, cookie, or cracker?	0	1	2	3
2. Are there any food residues in your mouth, throat, under your tongue, or stuck to the roof of your mouth after swallowing?	0	1	2	3
3. Does food or liquid come out of your nose when you eat or drink?	0	1	2	3
4. Does chewed up food dribble from your mouth?	0	1	2	3
5. Do you feel you have too much saliva in your mouth (do you drool or have difficulty swallowing your saliva)?	0	1	2	3
6. Do you swallow chewed up food several times before it goes down your throat?	0	1	2	3
7. Do you experience difficulty in swallowing solid food (do apples or crackers get stuck in your throat)?	0	1	2	3
8. Do you experience difficulty in swallowing pureed food?	0	1	2	3
9. While eating, do you feel as if a lump of food is stuck in your throat?	0	1	2	3
10. Do you cough while swallowing liquids?	0	1	2	3
11. Do you cough while swallowing solid food?	0	1	2	3
12. Immediately after eating or drinking, do you experience a change in your voice, such as hoarseness or wetness?	0	1	2	3
13. Other than during meals, do you experience coughing or difficulty breathing as a result of saliva entering your windpipe?	0	1	2	3
14. Do you experience difficulty breathing during meals?	0	1	2	3
15. Have you suffered from a respiratory infection (such as pneumonia, bronchitis) in the past year? (Circle one)	YES	NO		

설문 조사



Medical Service: 진단 - 인지 환자 대상 간이 진단

- 일상 환경과는 다른 **VFSS** 검사에 거부반응이 있는 인지 능력이 저하된 환자들에 대해 **간이 진단 수행**



Medical Service: 치료 - Biofeedback 치료

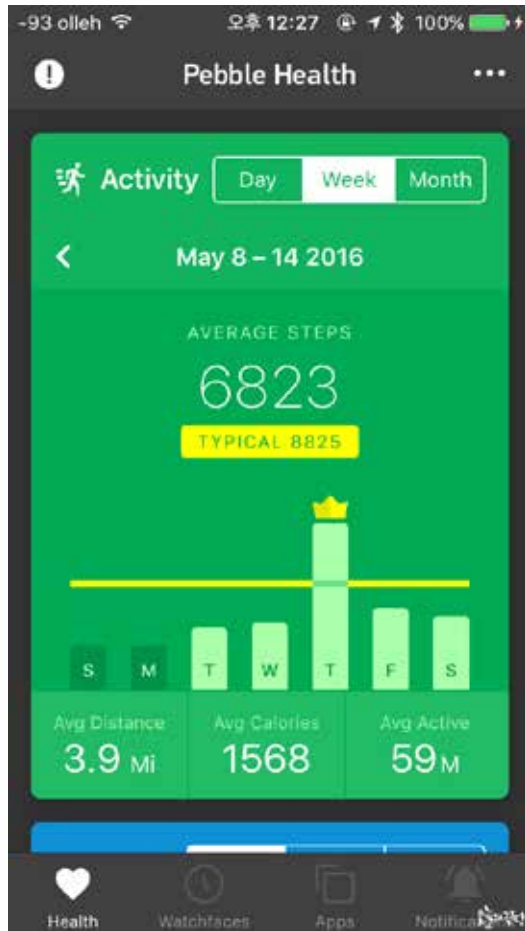
- 올바른 삼킴 운동 시 나타나는 신호 특성과 환자의 현재 상태를 실시간으로 비교하여 환자가 올바르게 삼킴 운동을 수행할 수 있도록 도움

할아버지, 여기 그래프가 이렇게 되도록 하시면 되는 거예요~



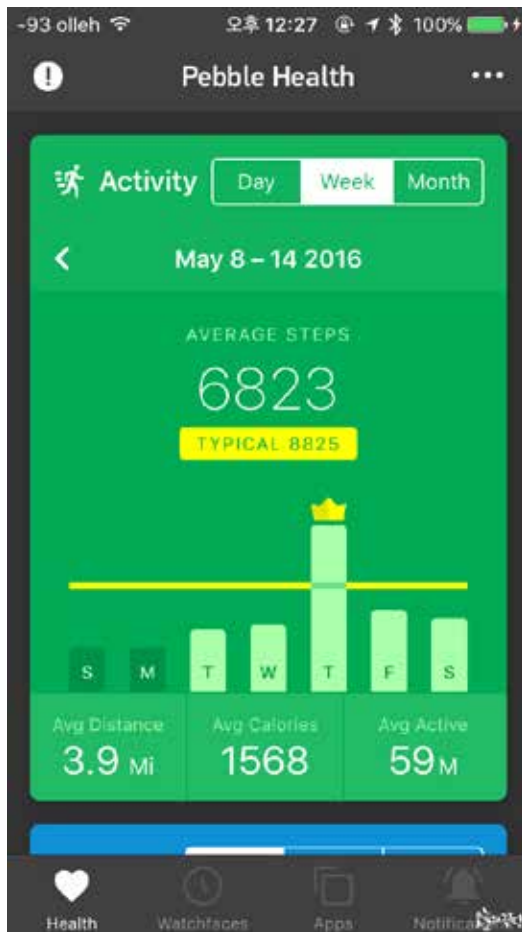
Medical Service: 치료 - 삼킴 능력 추적 정보 제공

- 일상생활 중 지속적으로 측정된 삼킴 능력 데이터를 추적 분석하여 **일간, 주간, 월간 삼킴 능력 개선 추이를 제공**할 수 있음



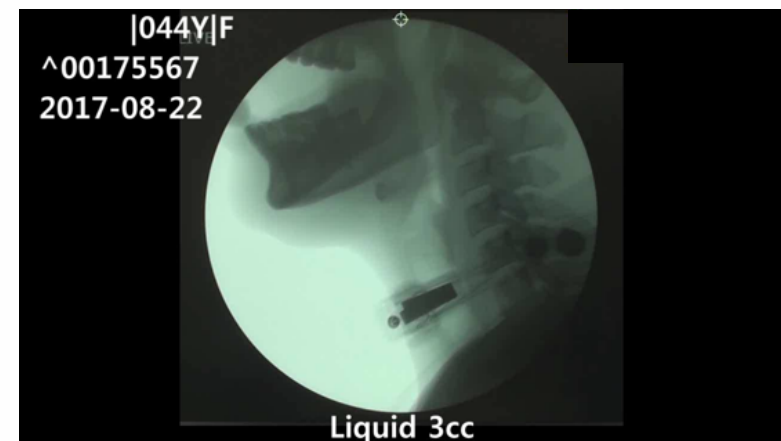
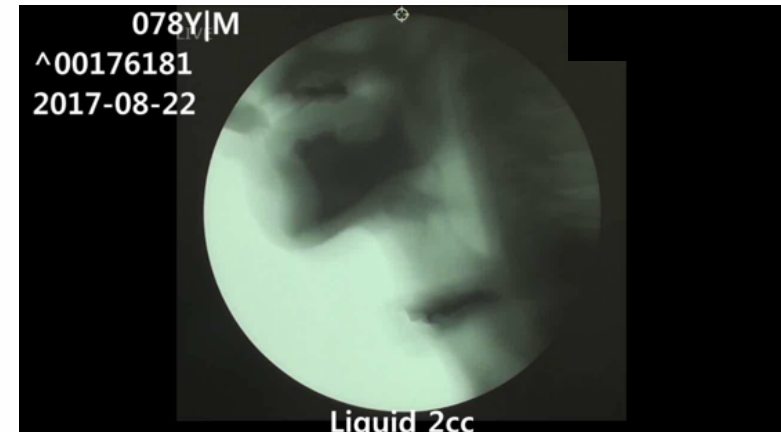
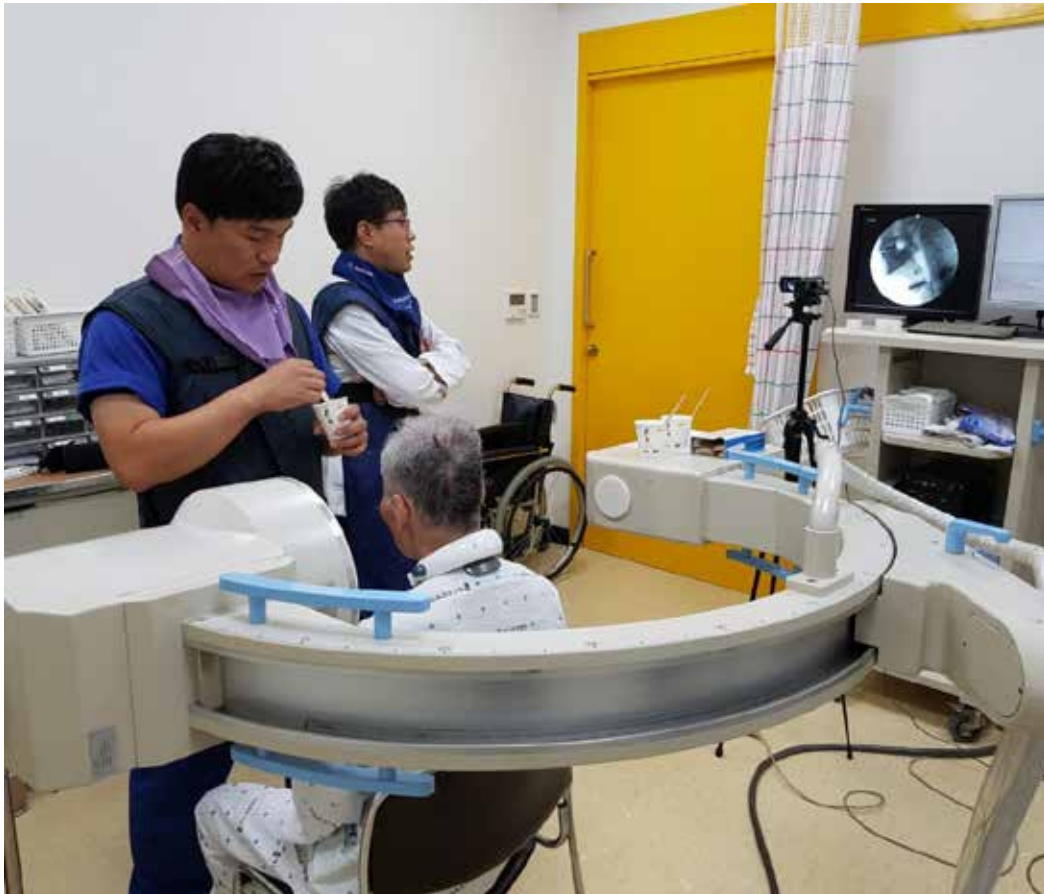
Medical Service: 재활 - 의료진, 보호자 알림

- 퇴원 후 가정에서 수행한 재활 훈련의 효과를 의료진과 보호자에게 알림
- 증상이 악화될 경우 병원에 재 방문할 수 있도록 안내함



SMAS-VFSS 연동

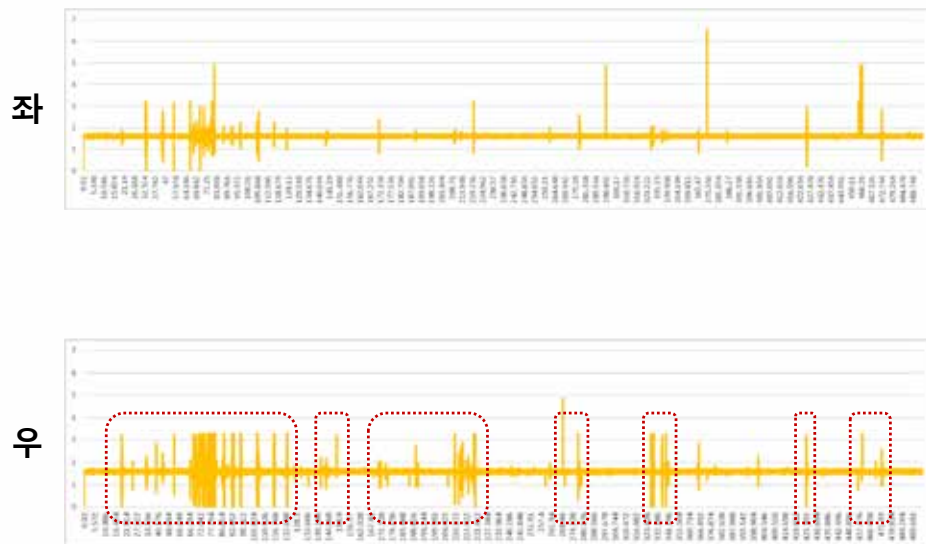
- ❖ 삼킴 장애가 있는 환자와 정상인에 대해 SMAS 장비를 착용한 상태에서 VFSS를 수행함



SMAS-VFSS 연동: 분석 결과

- ❖ **삼킴 장애 환자가** 정상인에 비해 **좌우의 대칭성이 낮음**
- ❖ 삼킴 장애 환자의 경우 검사식이 제공되었을 때 **한 번에 완전히 삼키지 못하고 여러 번에 나누어 삼킨 것을 확인**할 수 있음

환자



정상인

