

섬유근접센서를 이용한 삼킴장애 재활 모니터링 시스템

손은철¹, 왕창원², 나예지², 호종갑², 김영¹, 민세동²

¹순천향대학교 ICT융합재활공학과

²순천향대학교 의료IT공학과

Development of dysphagia rehabilitation monitoring system using the textile proximity sensor

Eun-Chul Son¹, Changwon Wang², Ye-Ji Na², JongGab Ho², Young Kim¹, Se Dong Min²

¹Department of ICT Convergence Rehabilitation Engineering, Soonchunhyang University

²Department of Medical IT Engineering, Soonchunhyang University

Abstract - 삼킴은 음식물이 구강과 인·후두와 식도를 거쳐 안전하게 위까지 전달되는 과정이므로 이러한 부분에 문제가 생기는 것을 삼킴장애(dysphagia)라고 한다. 치료는 실제 식사시간에 맞춰 시행되면 좋지만 재활 치료기관의 환경적 문제로 식사시간에 맞춰 치료를 받기가 어려우며 또한 관리가 어려워 자택에서 요양을 하는 환자들은 주기적으로 외래치료를 받게 된다.

이에 본 연구에서는 섬유 근접센서를 이용하여 혀의 움직임과 고개의 움직임, 삼킴에 따른 데이터를 분류하여 삼킴장애 재활 모니터링 시스템을 구축하고자 한다. 패드는 6x3 cm² 크기로 제작하였고, 턱 아래와 갑상연골(thyroid cartilage) 사이에 부착하여 움직임(혀 내밀기, 혀 뒤쪽 당기기, 혀 좌측 움직임, 혀 우측 움직임, 혀 입천장 닿기, 턱 당기기, 침 삼키기)에 따른 데이터를 분류하였다. 연구 결과를 통해 각각의 움직임에서의 차이를 확인하였으며, 이를 통하여 추후에는 섬유 근접센서를 사용하여 삼킴장애 재활치료 기구 개발의 기반이 되리라 사료된다.

송·수신부로 구성된다. 수신된 데이터는 실시간으로 모니터링이 가능하며, C# 언어 기반 통신 프로그램을 이용해 측정보드 간 통신을 하였다. Sampling rate는 100Hz로 설정하였다.



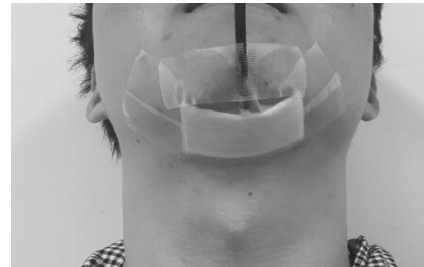
〈그림 2〉 시스템 구성도

1. 서 론

삼킴(swallow)은 음식물이 구강과 인·후두, 식도의 움직임이 짧은 시간에 조절되어 일어남으로써 안전하게 위까지 전달시키는 일련의 과정이다[1]. 뇌졸중 환자의 33%~73%는 삼킴장애를 겪고 있다고 한다[2]. 또한 이러한 삼킴장애는 영양실조 및 탈수의 위험성을 높인다[3]. 삼킴장애 재활 치료는 이상반사의 억제와 삼킴반사의 촉진, 감각자극, 삼킴 관련근육의 강화운동, 가동범위증진운동, 근육 신장운동과 비정상적인 근긴장도를 떨어뜨리는 치료 등으로 이루어진다[4]. 재활 치료는 재활치료기관에서 대부분 이뤄지지만 치료가 실제 식사시간에 맞춰 시행되면 좋지만 재활 기관의 환경적 문제로 식사시간에 맞춰 시행하기가 어려우며 또한 자택에서 요양을 하는 환자들은 관리가 어려워 주기적으로 외래치료를 받게 된다. 본 연구에서는 이러한 삼킴장애 환자의 고통을 덜어주고자 섬유 근접센서를 이용하여 삼킴장애 재활 치료 도구 개발에 앞서 삼킴장애 재활에 관한 모니터링 시스템을 구축하고자 한다.

2.1.1 섬유 근접센서 부착 부위

제작한 섬유 근접 센서는 턱 아래 갑상연골 위에 부착하며 의료용 테이프를 덧 붙여 센서를 고정시켜 측정보드를 통해 실시간으로 데이터를 송·수신하여 데이터를 획득하였다<그림 3>.



〈그림 3〉 섬유 근접센서 패드 부착 부위

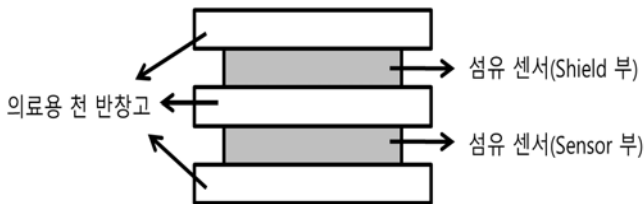
2. 본 론

2.1 섬유 근접센서 제작

본 연구에서는 삼킴장애 재활 모니터링 시스템 구축을 목적으로 자세와 혀의 움직임에 따른 데이터 측정을 위해 6x3 cm² 크기의 섬유 근접센서를 제작하였다. 섬유 근접센서는 Sensor부와 Shield부로 구성되며 5x2 cm² 크기로 센서를 개발하였다. 섬유 센서 사이의 물질은 6x3 cm² 크기의 의료용 천 반창고를 사용하였다. 그리고 측정 신호의 Saturation을 방지하기 위해 센서의 상·하에 의료용 천 반창고를 덧대었다<그림 1>.

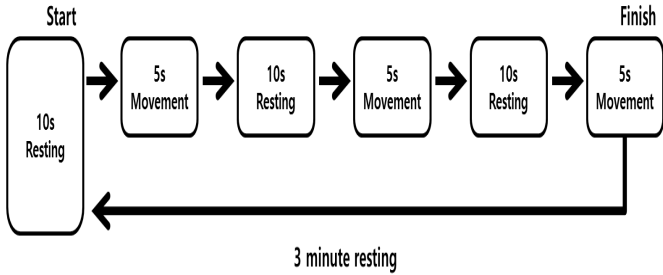
2.1.2 실험 프로토콜 설계

피험자는 삼킴장애가 없고 신체가 건강한 성인 남성 1명으로 선정하였고, 바르게 앉은 자세(upright position)에서 데이터를 측정하였으며, 실험에 적용되는 움직임은 삼킴장애 재활치료에서 적용되는 움직임 중 7가지의 움직임으로 구성하였다. 혀는 먹는 기능에 있어 음식물의 덩어리를 만들고 삼키는 데 관여하는데 이러한 혀의 기능을 고려하여 혀의 움직임 4가지로 '혀 내밀기(protraction), 혀 당기기(retraction), 혀 좌·우 움직임(lateralization)' 그리고 삼킴장애 재활치료에서 음식덩어리가 기도도로 들어가는 것을 방지하기 위해 적용되는 방법인 턱 당기기(chin tuck)와 혀의 기저부 뒤쪽 움직임을 향상시켜 후두개곡(epiglottic vallecula)에 음식덩어리를 제거하는 방법인 노력삼킴(effortful swallow) 동작으로 이러한 움직임을 위한 '턱 당기기', '입천장 혀 닿기'의 2가지 움직임. 마지막으로 삼킴 정도를 데이터 하기 위해 '침 삼키기(saliva swallowing)' 동작까지 포함하여 총 7가지 움직임을 측정하였다. 실험 순서는 휴식과 움직임 순서로 반복되며, 실험 시작 전 10초 휴식을 취하고 5초간 움직이면서 7가지 움직임에 대하여 데이터를 측정하였다. 움직임의 순서는 혀의 움직임(내밀기, 뒤쪽 당기기, 좌·우 움직임)부터 시작하여 혀 입천장 닿기, 턱 당기기, 침 삼키기로 진행하였다. 하나의 동작을 완수하고 다음 동작으로 넘어갈 때 데이터 수집의 방해로 최소화하기 위해 3분간 휴식하고 다음 동작을 진행하였다<그림 4>.



〈그림 1〉 섬유 근접 센서 구성도

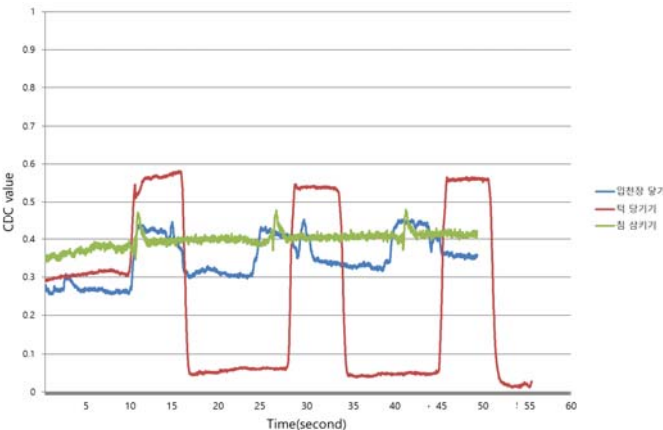
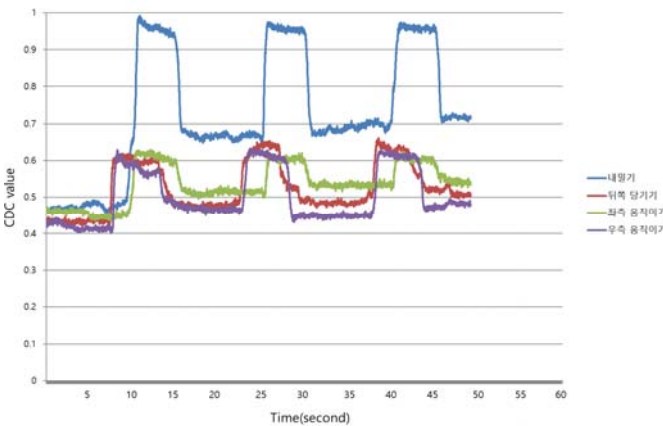
또한 본 연구에서 사용한 Capacitance 측정보드는 기존에 선행연구에서 사용한 제품으로 55mm x 75 mm 크기이며, 입력 전원은 5~12 V, 동작 전원은 3.3 V, 5 V이다[5]. Capacitance to Digital converter 및 I2C 통신 역할인 TI사의 FDC1004와 UART 기능을 담당하는 Atmel사의 Atmega128 Microprocessor, PC와의 무선통신을 위한 TI사의 CCC2420 Zigbee module



<그림 4> 실험 프로토콜 순서

2.2. 데이터 신호 처리 및 비교

획득한 데이터는 섬유 근접센서가 민감하여 데이터의 범위를 일치시키고 분포를 유사하기 위해 정규화를 실시하였다. 그리고 데이터의 잡음을 줄이기 위해 이동평균필터를 거쳐 혀의 움직임 간의 비교와 턱 당기기, 삼킴의 데이터를 비교를 하였다. 혀의 움직임에 따른 비교와 턱 당기기와 침 삼킴기의 데이터 출력 결과는 다음과 같다<그림 5>.



<그림 5> 움직임 데이터 비교

혀의 움직임과, 턱 당기기, 삼킴의 움직임에 대한 데이터를 비교하기 위해 움직임이 나타나는 시기인 10초에서 15초, 25초에서 30초, 40초에서 45초 사이의 움직임이 일어나는 시기의 평균을 통해 각각의 움직임의 CDC value를 비교해보았다<표 1>.

움직임	CDC value
혀 내밀기	0.958444
혀 뒤쪽 당기기	0.622996
혀 좌측 움직임	0.607912
혀 우측 움직임	0.581831
혀 입천장 당기기	0.421431
턱 당기기	0.553419
침 삼키기	0.469432

<표 1> 움직임 데이터 신호 분류

2.3. 실험 결과

섬유 근접센서가 민감하여 여러 움직임에 대한 차이를 비교하기 위해 동작이 행하는 시간인 10초에서 15초, 25초에서 30초, 40초에서 45초의 움직임 당시의 평균을 구하여 비교해하였다. 먼저 혀의 움직임에서는 혀 내밀기(0.958444), 뒤쪽 당기기(0.622996), 혀 좌측 움직임(0.607912), 혀 우측 움직임(0.581831)로 각각의 움직임에서 차이를 보였다. 그리고 혀 입천장 당기(0.421431), 턱 당기기(0.553419)와 침 삼키기(0.469432) 움직임도 각각의 움직임들에서 구별되는 CDC value 데이터가 측정되었다. 섬유 근접센서를 통해 7가지 움직임 전체에서 다른 CDC value 데이터를 확인하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 섬유 근접센서를 이용하여 삼킴장애 재활을 위한 모니터링 시스템을 구축해보았다. 섬유 근접센서를 통해 삼킴장애 재활치료에서 적용되는 움직임 중 7가지의 움직임을 실험해 보았다. 실험 결과 각각의 다른 CDC value 데이터를 확인하였고, 이러한 차이를 보이는 이유로 먼저 혀의 움직임들과 혀 입천장 당기 동작을 비교하여 보면 혀를 내밀거나 좌·우 움직이는 동작 수행시 혀가 입술 밖으로 나오게 되어 하악골과 턱이 아래로 내려가게 되어 입을 다문상태에서 혀를 입천장에 닿는 동작보다 CDC value 데이터에 영향을 주는 것으로 판단된다. 또한 혀의 움직임 중에서도 혀 내밀기에서 데이터가 가장 높게 나오는 이유로 내미는 동작에 관여하는 근육이 섬유 근접센서 패드 부착부위의 표면에 분포하고 있어 이러한 결과가 나온 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점은 섬유 근접센서가 민감하여 약간의 자세 변경이나 고개 움직임에 따라라도 초기 시작 값의 차이가 발생하는 것이다. 이러한 부분을 해결할 수 있는 알고리즘의 구축과 잡음을 줄일 수 있는 시스템 설계와 측정 보드 없이 섬유센서만으로 수행 할 수 있도록 하는 장치 개발에 대한 연구가 필요하다. 지속적인 연구를 통해 추후에는 혀의 움직임을 통해서 능동적으로 훈련 할 수 있는 혀 움직임 훈련 치료 기구의 개발과 입천장 당기 동작을 통해서 혀가 입천장에 닿게 되면 음성 또는 영상 장치를 환자에게 피드백을 통해 노력 삼킴을 할 수 있도록 하는 훈련장치나 적절하게 턱 당기기를 수행하면 훈련 안전하고 정확하다는 피드백을 줘서 삼킴 훈련을 할 수 있도록 하는 삼킴장애 재활 치료 기구의 개발하는 것을 목표로 할 것이다.

4. 감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT융합고급연구 과정지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2016-H8601-16-1009).

[참 고 문 헌]

[1] Il Soo Kim, "Evaluation and management of dysphagia", Korean Journal of stroke, Vol. 8(1), pp.40~48, 2006
 [2] Halas, A. Marlene, Depippo et al., "Aspiration and relative risk of medical complications following stroke", Archives of Neurology, Vol 51, No. 10, pp. 1051-1053, 1994.
 [3] Vose, Alicia, et al., "Dysphagia management in acute and sub-acute stroke.", Current physical medicine and rehabilitation reports, Vol.2(4), pp. 197-206, 2014
 [4] You Chul Kim, "Rehabilitation management outcome of dysphagia", Journal of Korean Acad. of Rehab. Med, Vol. 18(3), pp.24, 1994
 [5] Jong Gab Ho, "A study of medication adherence using textile proximity sensor", The Transactions of the Korea Institute of Electrical Engineers, Vol. 65(7), pp.1257-1262, 2016