

논문 2016-53-12-23

# 이중 체임버 구조가 내장된 뇌졸중 환자용 컵의 개발과 3차원 동작분석을 통한 운동 형상학적 유용성 검증: 전향적 예비연구

(Development and Tree-Dimensional Kinematic Analysis of the Dual Chamber-based Drinking Aid for Stroke Patients: A Prospective Pilot Study)

허서윤\*, 김경미\*\*

(Seo Yoon Heo<sup>Ⓞ</sup> and Kyeong-Mi Kim)

## 요약

본 전향적 예비 임상연구를 통하여 이중 체임버 구조를 기반으로 하는 뇌졸중 환자용 컵을 개발하고 임상적으로 유용한지 검증하고자 했다. 체계적 과정을 거쳐 컵을 개발하고, 남녀 동수의 뇌졸중 환자 16명을 대상으로 개발된 컵을 사용하여 이들의 제한된 운동기능을 보완 할 수 있는지 3차원 동작 분석(3-dimensional motion analysis), 표면 근전도 검사(surface electromyography; sEMG), 3차원 체간 움직임 분석(3-dimensional trunk movement analysis)의 운동 형상학적 방법을 통하여 검증하고자 했다. 실험 결과, 이중 체임버 컵(dual chamber based assistive cups; DC) 데이터 그룹에서 플라시보 컵(placebo-cups; PC)의 경우 보다 어깨부위의 ROM(range of motion)이 더 적게 사용되었고, sEMG에서는 상부 승모근, 삼각근, 삼두근에서 근 활성도가 낮게 나타났다. 체간 분석에서 전방, 후방의 방향에서 체간의 개입이 더 적게 관찰되었다.

## Abstract

This prospective pilot clinical trial mainly focuses on developing dual chamber-based assistive cups which are suitable for stroke patients who have struggled with using their affected arms. It is unable to provide motor and sensory enhancement during drinking activities and to examine the feasibility of the devices for acute phase, even for chronic stroke survivors. The stroke patients(n=16; male=8, female=8), in this trial, were provided informed consent to the investigation. All the individuals participated in 1 week of training for using cups, randomized over dedicated dual chamber based assistive cups(DC) or placebo-cups(PC) training. All the participants were assessed within 1 week before and after the intervention period. 3-dimensional motion analysis, sEMG(surface electromyography) and 3-dimensional trunk movement were assessed. The result presents DC data group compared with PC showed, they needed lesser ROM(range of motion) at the phase of drinking in shoulder movements and lesser muscle activities on upper trapezius, deltoid middle fiber and triceps brachii muscles, lesser tilting movement on front and back side in drinking phase, the differences were statistically significant(p<.05). Dual chamber-based assistive cup could be one of efficient way to complete ADLs(activities of daily living), especially drinking tasks, and these evidence data may contribute to determine certain rehabilitation policies related to assistive device usage.

**Keywords :** Assistive Cup, 3D motion analysis, Drinking, Assistive technology, ADLs, Stroke

## I. 서론

뇌졸중(Stroke)환자에게서 발생하는 문제점들은 다양하지만 상지(팔, 손)의 손상으로 인한 일상생활수행능력의 저하는 그 중에서도 매우 큰 비중을 차지하고 있다<sup>1-2)</sup>. 이는 뇌졸중으로 유발된 신경학적 손상이 팔을 이용한 모든 활동들을 비정상적인 움직임패턴으로 유도하게 되

\* 정희원, 보건복지부 국립재활원 재활보조기술연구과  
(Department of Rehabilitative & Assistive Technology, National Rehabilitation Center)

\*\* 정희원, 인제대학교 의생명공학부  
(College of Biomedical Sciences and Engineering, Inje University)

Ⓞ Corresponding Author (E-mail: kmik321@naver.com)

Received : October 27, 2016 Accepted : November 30, 2016

기 때문이고 결국 환자의 일상적인 생활의 영위에 부정적인 영향을 초래하게 된다<sup>[3-4]</sup>. 또한 뇌졸중으로 인한 병리적 현상인 감각운동과정(sensorimotor process)의 결손과 근육약화(muscle weakness)는 일상적인 동작이 진행될 때 수행시간이나 전략적인 움직임에 손실을 가져온다<sup>[5]</sup>. 이 중에서도 상지의 움직임의 제한으로 인해 발생하는 먹고 마시는 식이행위의 불편함은 환자의 삶의 질을 저하시키는 주요 원인이다<sup>[6]</sup>. 이러한 마시기 동작을 정상적으로 수행하기 위해서는 적절한 관절 가동범위, 체간과의 연동, 근육의 상태, 연결된 관절 간 생체역학적 관계, 근 긴장도 등이 요구된다<sup>[7]</sup>.

마시기 행위에 있어 뇌졸중 환자들이 겪는 어려움 중 중요한 원인으로 견갑골의 상방회전근들 사이의 불균형이 보고되었다<sup>[8-10]</sup>. 견갑골 상방회전근들 중에서 전거근(serratus anterior)의 낮은 근활성도로 견갑골이 상지의 움직임에 따라 일정한 비율로 움직이지 못하거나 상방으로 적절히 회전하지 못하게 된다. 그 보상작용으로 상부승모근(upper trapezius)이 과도하게 이용되고, 연쇄적으로 견봉(acromion)과 상완골두(humerus head) 사이의 공간이 좁아져서 충돌증후군이 발생하기 때문이라고 알려져 있다<sup>[9]</sup>. 따라서 환자들은 제한된 각도와 낮은 근활성도를 보완하기 위해 주로 이러한 보상작용 혹은 비정상적인 패턴, 저마다 체득된 전략적 움직임을 통해 매우 어려운 방식으로나마 식수나 음식의 음용이 가능해질 수 있다<sup>[10]</sup>.

일반적으로 환자들은 뇌졸중을 겪은 후 운동기능의 회복이 일어나더라도 발병 이전의 건강하고 기능적인 상태로 완전히 돌아가기는 어려우며, 평생 장애를 안고 살아가게 되는 특징이 있기 때문에 전술한 문제를 보완할 수 있는 보조 장치는 신체에서 발생하는 역학적 문제의 해결 방법들 중 하나로 고려된다<sup>[11]</sup>.

그동안 제한된 팔 기능을 가진 뇌졸중 환자를 위한 보조도구가 개발되었고 많은 종류의 상용 제품들이 소개되고 있으나 환자가 직접 컵을 이용해서 마시는 동작을 보조하기 위한 도구는 찾아보기 힘들었다<sup>[12]</sup>. 국가인권위원회(2014)의 '장애인 건강권 증진 방안에 관한 연구'에 따르면, 국내 장애인이 사용하는 보장구에 식사하기, 음용 등에 관한 보조기는 지원되지 않고 있으며 이용하지 못하고 있는 보조기구에 대해서는 '지원가능 품목이 제한되어 있어서(34.1%)', '지원 사업 품목에 필요한 보조 기구가 해당되지 않아서(25.0%)'로 보고된 바 있다. 특히, 장애인 보조기구 교부사업에서 가장먼저 개선해야 할 점으로 '지원되는 품목의 종류가 적음'이 대두되었고

특히 이중에서 음용에 대한 보조기구는 없었다.

국내외에서도 이러한 필요성을 인지하여 마시기와 관련한 연구가 이루어져 왔으나 이들은 실험실 환경에서 동작자체의 역학적 분석이나 전략적 움직임에 대한 기초자료 조사에 대한 것들이 대부분이었으며, 일반 컵으로는 실험이 불가하여 각 연구마다 독자적으로 고안한 실험용 컵을 사용했다는 특징이 있다<sup>[13-20]</sup>.

이러한 국내외 상황에서 상지 기능이 저하된 환자들은 통상 환자용 스트로와 같은 도구를 이용하거나 간병인이나 보호자의 직접적인 도움으로 음용 행위를 해결하는 실정이다<sup>[21-24]</sup>. 스트로의 사용은 제한된 관절 가동범위의 문제를 해결 할 수는 있지만 두개내압 상승(increased intra-cranial pressure; IICP)을 유발시킬 수 있고 구개에 상처를 줄 가능성이 있어 지양된다<sup>[25]</sup>. 그리고 구강 내에서 들숨과 함께 빨아들일 경우 기도내로 액체가 유입될 위험이 큰 것으로 알려져 있다<sup>[26]</sup>. 특히, 재활치료 과정에서 실제 활동(real-world activities)의 수행을 통한 목표 지향적(task-oriented)훈련이 중요시되고 있는 상황<sup>[27]</sup>에서 이를 위한 전문 도구의 개발은 의학 분야에서 치료적인 의미가 클 것으로 예상된다.

따라서 본 연구는 상지의 기능이 약화된 뇌졸중 환자가 비정상적인 패턴을 보이는 보상작용으로부터 받는 영향을 최소화 하고 적은 신체적 노력으로 마시는 동작을 해결 할 수 있는 제품인 보조 컵을 개발하여 운동형상학적 분석을 통해 임상적 유용성을 평가하는데 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 이중 체임버 구조를 가진 컵의 개발

본 연구는 '보조도구의 개발' 부분을 수행한 후 운동형상학적 분석을 통한 역학적 검증은 하는 '임상적 유용성 평가'의 두 단계 절차를 거쳤다. 개발 단계에서는 지적재산권 전문가와 함께 연구자가 기존의 특허, 디자인, 기술평가서 등을 토대로 유사한 기술적 부분이 있는지 검증한 후 신규성을 확인 했다. 현직 임상의, 의료기사, 교수 등 전문가 그룹을 통해 시제품에 대한 의견을 수렴한 후 뇌졸중 환자를 대상으로 실제 컵을 사용한 마시기 행위를 통한 역학적 분석을 토대로 임상적 유용성을 확인하는 체계적 과정을 거쳤다(그림 1). 본 연구는 인체대학교 연구윤리심의위원회(Institutional Review Board; IRB)의 승인을 받아 수행되었다.

기존 선행 문헌의 고찰을 위해 PubMed, MEDLINE, Cochrane, OTseeker, RISS, 제품소개서, 전문 기술검색

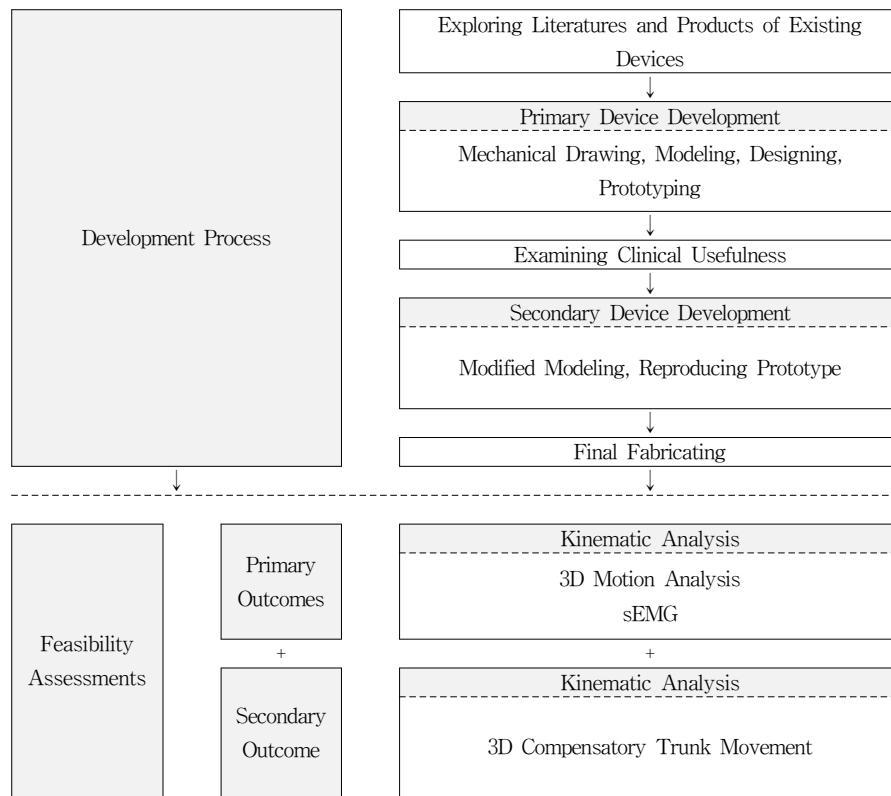


그림 1. 연구 과정  
Fig. 1. Entire study procedure.

사이트(KIPRIS, Wips ON)와 구글 등의 검색 엔진을 통하여 1970년부터 2016년 현재까지 비슷한 목적과 기능을 가진 제품이나 보조도구가 공개되었는지 1차적으로 확인했다. 유사한 도구의 목적, 장단점, 대상, 나이, 용도, 구조, 소재 등을 체계적으로 조사했다. 검색 키워드로 “assistive cup OR drinking aid OR drinking cup OR universal cup OR drinking products로 문헌검색을 하고, 제품검색의 키워드로 ”adaptive drinking aids, caring mug, cup for cereb, cup for cerebral palsy, cup for parkinsons, cup for tremors, cup with rotating handle, drinking aids, drinking aids disabled, drinking aids for disabled, drinking aids for disabled people, drinking aids for parkinson’s, drinking aids for quadriplegics, drinking aids for the disabled, drinking aids for the elderly, drinking aids uk, drinking cups for the disabled, geriatric drinking aids, handsteady, medical drinking aids, mobility drinking aids, safer drinking cups, stroke drinking aids, wheelchair drinking aids“ 로 검색작업을 수행했다. 기존 제품이나 문헌에 대한 분석 중 대표적 제품에 대한 결과를 요약하면 표 1과 같다. 분석을 통해 기존의 컵

이 가지는 문제점으로 가장 핵심적인 2가지는 와류현상 (turbulence)과 기울어진 구조(inclination)였으며 그 외, 용량부족 문제, 미관상 환자용으로 보이는 문제 등 모두를 해결 할 수 있도록 하고자 했다. 조사된 자료를 바탕으로 뇌졸중 환자가 사용하는 기존의 컵이 가지는 문제점을 해결하기 위한 구조를 기계제도 하고 이를 3D 기계제도 도구인 Catia V5, Solidworks 2015 소프트웨어를 이용하여 3차원 도면 설계를 수행했다(그림 2). 기존에 공개된 문헌들에서 제시되는 문제점들과 장점들을 통합하여 설계된 각 장치에 대한 부분과 해결하려고 한 문제 및 목적은 그림 3과 같다. 이중 체임버(double chamber)구조는 컵을 가져오는 동안 손의 흔들림에 의해 발생하는 컵 내부의 와류현상이나 액체이동을 방지하고, 경사진 내컵체(inclined inner cup)는 적은 각도를 기울여더라도 충분히 원하는 양을 마실 수 있도록 유도한다. 반분리된 외컵체(semi-divided outer cup)는 내컵의 경사진 구조의해 발생하는 컵 용량부족의 문제를 해결했고, 액체유도돌편(lead gutter)은 이중 체임버 구조 특성상 남는 액체의 해결을 위해 고안되었다. 에어홀(6개)(air holes)은 반복 실험을 통해 공기역학적 내컵체의 물이 외컵체로 이동하기 가장 용이하도록 장치

표 1. 선행 문헌과 제품의 체계적 분석  
Table 1. Previously developed assistive technology devices for drinking activity.

Device	Provenance	Target Subjects	Features	Limitations
HandSteady®	HandSteady Ltd (2012)	parkinson, stroke, elderly people	Rotatable Handle, large sized handle, lightweight (109g / 3.8oz)	user have to use their mouth of neck movement for drinking
Easi 2 Drink Mug with Anti Spillage Insert	NRS Healthcare	people with reduced grip, hand or arm functions	aid drinking without spilling, restricts wave motion and the tendency for the liquid to spill	small amount of capacity
Double Cup	Park, Yong Gil (2007)	anyone	need small range of motion(ROM)	small amount of capacity, turbulence of liquid
Wing Handled Drinking Beaker	Patterson	assists people with poor grip	large ridged handles for easy secure grip	closed upper side
cup that beverage can be easily discharged	Park, Yoon Sung (2011)	anyone	need small range of motion(ROM)	small amount of capacity, turbulence of liquid

하였다. 1차 제품개발과정에서 전문가 집단에 의해 지적된 문제들을 수정 및 보완하여 완성된 제품은 상부가 개방되고 내부에 수용공간을 형성된 외컵체 상기 외컵체의 내부에 설치되고 상부에서 하부로 갈수록 내부가 좁아지면서 설치되고 상부에서 하부로 갈수록 내부가 좁아지면서 하부가 상기 수용공간과 연통되게 개구된 형태를 가지는 내컵체 및 상기 외컵체, 바닥면에 상기 내컵체의 하부에 이르는 길이로 돌출이 형성되는 구조를 가졌다. 수용공간에는 수용된 내용물을 상기 내컵체의 내부로 유도하는 내용물 유도돌편을 포함하여 구성되는 것을 기술적 요지로 구성 했다. 형상의 실제적 검증과 임상 실험을 위한 시제품은 PLA(Poly Lactic Acid)를 전량 사용하였고, 출력은 Stratasys사의 Stratasys Objet Connex350로 3D 프린팅 했다. 350 × 350 × 200mm (13.8 × 13.8 × 7.9 inch) 빌드 트레이(Build Tray), 0.254mm 이내의 얇은 두께의 박막에서 고해상도의 16μ 레이어로 적층 작업 하였다.

2. 운동 형상학적 평가

가. 연구 대상

(1) 연구 대상자

국내 경남, 울산, 부산 지역에 소재한 대학병원 및 재활병원에 입원 또는 외래 치료를 받고 있는 뇌졸중 발병 후 6개월이 지나고 30세 이상 65세 미만인 2년 미만의 Brunnstrom Stage 팔과 손이 각각 4단계 이상이며

연구 참여에 동의한 우측 마비 환자(right hemiplegia) 16명(남녀동수)을 대상으로 했다.

(2) 목표 피험자 산출 근거

본 연구의 주 평가수단인 운동 형상학적 결과 분석과 관련된 데이터 중 정상인과 뇌졸중 편마비 환자 각 4명을 대상으로 한 자체 예비 연구결과를 토대로 G\*Power



그림 2. 3D 모델링 이미지  
Fig. 2. 3D modeling images for internal constitution of the dual chamber-based drinking aid.

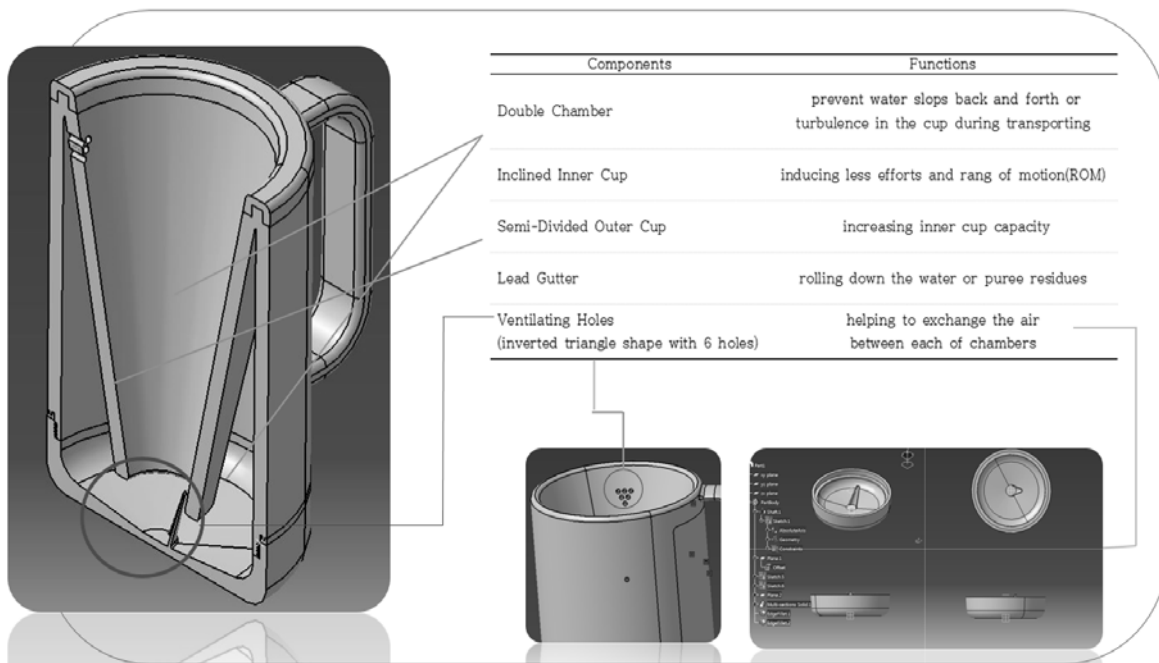


그림 3. 장치의 세부구조와 기능 및 목적  
Fig. 3. Detailed parts description and its images.

3.0.10(Franz Faul, Kiel University, Germany)로 확인해 본 결과 최소한 정상성인의 경우 20명과 뇌졸중 편마비 환자 26명의 sample size를 권장하고 있어( $\alpha$ -error=0.05,  $\beta$ =0.05(power=95%), effect size=1.08, drop-out rate=10%) 탈락률을 고려하여 본 연구를 위한 sample size를 25명으로 선정하였다. 환자의 거부, 변심, 전원, 외과적 수술을 사유로 9명의 탈락자가 발생하였기 때문에 16명을 대상으로 진행하였다.

(3) 대상자 선정 및 배제 기준

대상자 선정 기준 및 배제기준은 표 2와 같다.

나. 연구 설계

본 연구는 편마비 뇌졸중 환자를 대상으로 하는 횡단 연구 설계(cross-sectional design)를 토대로 하고 있으며, 다기관 전향적 임상 실험 연구(multi-center clinical trial)이다. 개발된 컵(DC)과 걸으로는 차이를 전혀 알 수 없는 플라시보 컵(PC)을 사용하여 1차적으로 연구자가 배정상황을 알지 못하도록 각각의 컵을 제3자 연구자가 통제했다. 첫 번째 마시기가 종료된 후, 다른 컵을 제공하여 실험을 2차로 시행했다. 이후 각각의 컵에 대한 데이터 상의 집단 내에서 운동 형상학적 변화의 차이를 알아보았다.

구체적 실험 방법으로, 치료용 매트에 체간 움직임 측정 장치인 sesamove NMC를 설치하고 환자의 대퇴부위의 중간지점에서 위로 팔꿈치가 90°각도를 형성하는 지점에 높이 조절이 가능한 60cm×60cm 크기의 책상을 설치했다. 우측 전방에 3차원 동작분석 기기를, 사용하는 상지에는 근전도 패드를 붙였다. 각 환자의 팔을 기능적으로 뻗을 수 있는 위치에 컵을 놓고 다시 돌아오는 지점에는 컵을 완전히 정확하게 놓았을 때 푸른

빛이 들어오는 센서가 장착된 패드를 설치했다. 손을 무릎 위에 올린상태에서 시작하여 ‘시작’하라는 연구자의 지시에 물을 마시고 다시 손을 원래 위치에 놓도록 했다. 각 컵에는 300ml의 생수를 채우고 3회(회당 1모금) 실시간 반복하여 마시도록 하며 회당 휴식시간은 충분히 삼키는 시간을 고려하여 10초를 부여했다. 물을 쏟거나 컵을 떨어뜨렸을 경우는 다시 실시하되 3번 이상 이 현상이 반복될 경우 실험을 중단하도록 했다. 예비연구에서 발생한 문제점인 ‘물 자체를 마시고 싶지 않은 경우’를 피하기 위해 식사 후 2시간 이후 실험을 진행하며, 실험 1시간 전 물 섭취를 제한한다. 컵 샘플은 16쌍을 만들어 제공하되, 한번 쓴 컵은 폐기하였다.

다. 운동 형상학적 측정 및 평가 도구

(1) 3차원 동작분석기

(3-dimensional motion analysis)

선행연구들에 따르면, 움직임 각 관절과 신체분절의 삼차원 동작분석을 위하여, 특히 상지의 보상작용을 평가하기 위한 방법으로 자동 측정 장비를 이용<sup>[28]</sup>하거나 3차원 정밀 스캐너를 이용하여 측정하는 방식<sup>[29~31]</sup>들로 나뉠 수 있는데 본 연구에서는 3차원 동작 분석기를 이용하였고 측정 장비로 Zebris Medical GmbH사의 Winarm을 사용했다. Winarm은 환측 팔과 손의 움직임을 3차원상의 좌표에서 원하는 역학적 정보를 취득하여 분석할 수 있는 기능적인 장비이다. 도구에는 움직임을 기록할 수 있는 측정 시스템인 Compact Measuring System10(CMS10), CMS 지지대(holding device), 싱글 마커(body surface markers), 접촉 패드(pads), 데이터 케이블(cables), 목표물(objects), 그리고 컴퓨터가 포함된다. 이를 통해 반복적 움직임(repetitive movement), 관절가동범위(range of motion), 최대속도 움직임

표 2. 대상자 선정 기준과 배제 기준  
Table 2. Inclusion criteria and exclusion criteria.

Inclusion criteria	Exclusion criteria
- informed consent	- inability to give informed consent
- alert and sufficient cognitive status for the instructions	- dysphagia with impaired oral or pharyngeal function
- < 6months and > 24 months after onset of stroke	- liquid aspiration without dysphagia
- more than stage 4 of Brunnstrom Stages of Stroke Recovery in arm and hand	- dermatological disease on periphery of lips
	- abnormal reflex in oral period
	- cervical herniated nucleus or spinal disease
	- no teeth, denture or dental prosthetics

(maximum speed movement), 조준 움직임(aiming movement)의 4가지 영역을 통합적으로 분석할 수 있다. 본 연구에서는 상지의 질적 움직임 평가를 위해서 조준 움직임(aiming movement) 측정을 통해 평균속도와 궤적비(trajjectory ratio)를 구하고, 관절가동범위(range of motion) 측정을 통해 상지 움직임의 운동 형상학적 자료를 구했다. 이때 3개의 삼자 싱글 마커(triple marker)를 부착하는데, 첫 번째 싱글 마커는 검지의 중간지절 등쪽(doral of index finger proximal interphalangeal)에 부착하고, 두 번째 마커는 검지의 손허리 손가락 관절(metacarpophalangeal joint)에 부착했다. 세 번째 싱글 마커는 손목(wrist)에 부착했다. ROM을 측정하기 위해서 다른 방법으로 3개의 싱글 마커(triple marker)를 부착했다. 첫 번째는 손목(wrist dorsal in the middle), 두 번째는 팔꿈치(elbow lateral epicondyle)에 부착하며 그리고 세 번째 마커는 어깨(insertion of deltoid muscle)에 부착했다. 마시는 동작 측정을 위한 구획의 정의와 측정 변수의 기준은 선행연구들을 참고로 본 실험의 환경에 맞게 정리 하였으며 표 3과 같다<sup>[32]</sup>.

(2) 표면 근전도 검사  
(surface electromyography; sEMG)  
컵으로 마시는 동안 상지의 근활성도 정도를 측정하기

위해 미국의 Trigno wireless EMG (Delsys, Boston, MA, USA), bipolar electrodes (Ag/AgCl)를 사용했다. 근전도기(electromyography)와 지름이 1cm, 전극간의 간격이 2cm인 이극표면전극(bipolar surface electrode)을 사용했다. 표본 추출률은 1200Hz이며, 잡음을 제거하기 위해 60Hz 대역 여과 필터(band stop filter)를 채용했다. 마시기 동작에서 사용되는 근육의 근전도 부착 위치는 상부 승모근(upper trapezius muscle), 삼각근 중앙섬유(middle fiber of deltoid muscle), 이두근(biceps brachii muscle), 삼두근(tricepsbrachii muscle), 장요측수근신근(extensor carpi radialis longus muscle)<sup>[33]</sup>로 통일시켰다. 표면전극 부착 부위에서의 피부저항을 감소시키기 위해 제모를 했고, 적정량의 전해질 젤을 도포하여 부착한 후 피부전용 테이프로 고정 시켰다. 근육간의 근활성도를 비교하기 위하여 Daniels and Worthingam's의 Muscle testing에서 제시한 기법을 기준으로 각 연구대상자의 근육별 MVC(maximum voluntary contraction) 값을 측정 하고, 각 수행 값은 3회 반복 측정하여 평균값을 이용했다<sup>[34]</sup>.

(3) 3차원 체간 움직임 분석  
(3-dimensional trunk movement analysis)  
상지의 비정상적인 보상작용을 평가하기 위한 다른 방법으로 체간의 불필요한 저항과 움직임을 측정<sup>[34]</sup>했

표 3. 마시기 동작의 구획 및 측정 기준의 정의  
Table 3. Phase definitions for drinking task.

	Start	Detected by	End	Detected by
<b>Reaching</b> (includes grasping)	Hand movement begins	Hand marker velocity surpassed 2% of the peak velocity	Hand begins to move towards the mouth with the glass	Elbow angle is in maximal extension
<b>Forward transport</b> (glass to mouth)	Hand begins to move towards the mouth with the glass	Elbow angle is in maximal extension/ LFSR turn off	Drinking begins	Hand marker velocity returned to (5 %) of the peak velocity
<b>Drinking</b>	Drinking begins	Hand marker velocity returned to (5 %) of the peak velocity/ lips contact the cup	Drinking ends	Hand marker velocity surpassed 5% of the peak velocity /take lips off from the cup
<b>Back transport</b> (glass to table, includes release of grasp)	Hand begins to move to put the glass back to table /take lips off from the cup	Hand marker velocity surpassed 5% of the peak velocity	Hand releases the glass and begins to move back to initial position/ LFSR turn on	Elbow angle is in maximal extension
<b>Returning</b> (hand back to initial position)	Hand begins to move back to initial position	Elbow angle is in maximal extension	Hand is back resting in initial position	Hand marker velocity returned to 2% of the peak velocity

Abbreviations: LFSR=luminous force sensing resistor

다. 본 연구에서는 이를 위해 Pedalo사의 sesameove NMC test를 사용했다. 주어진 목표물을 기본 위치로 자세 조절 유지에 필요한 움직임의 방향과 각도 등의 정보를 수치화 및 시각화하고 측정 기간 동안 마시는 동작에 대한 체간의 저항이나 움직임을 측정한다. 많은 움직임이 일어났을 경우 더 큰 보상작용과 비정상적인 움직임이 일어난 것으로 판단했다.

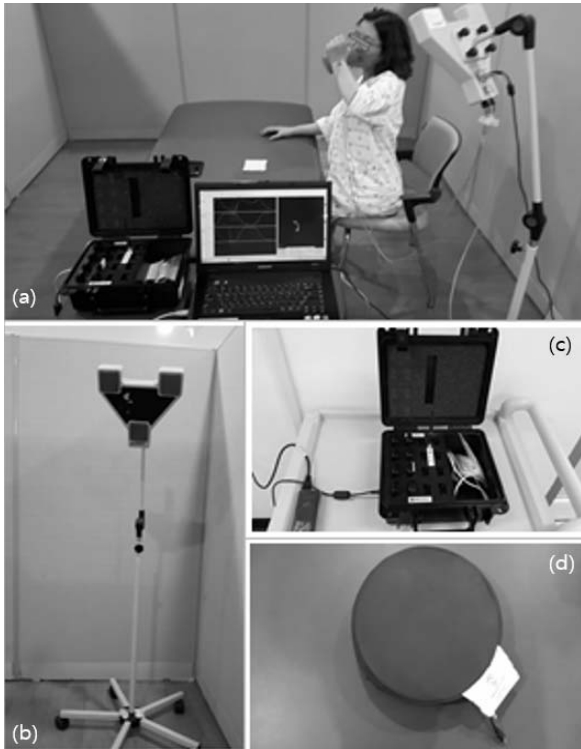


그림 4. (a) 실험 환경 구성 (b) 3차원 동작 분석기, (c) 표면근전도 분석기, (d) 3차원 체간 분석기  
Fig. 4. (a) Clinical trial setting, (b) 3D motion analysis, (c) sEMG, (d) 3D trunk movement analysis.

라. 통계적 분석 방법

본 연구의 분석은 SPPSS/PC 20 IBM 통계처리 프로그램을 이용했다. 연구 대상자의 일반적 특성을 기술통계

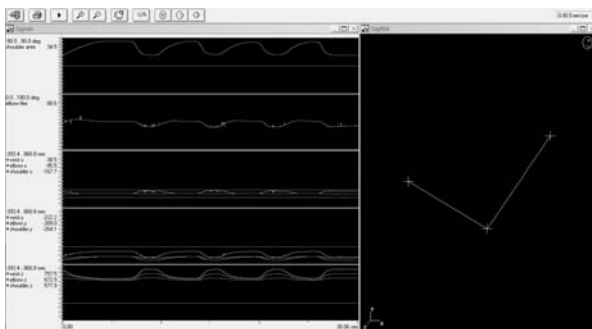


그림 5. 3차원 동작 분석 실시 화면  
Fig. 5. Execution screen of 3D motion analysis.

를 사용하여 제시하고, 두 컵 사용 간 운동 형상학적 정보의 변화량을 비교하기 위해 데이터는 independent-t-test로 통계분석 했다. 각 통계량 시행 시 마다 Shapiro-Wilk test등을 사용해 정규성 검정을 시행했으며 효과수준의 척도는 Cohen's effect size d값을, 모든 통계학적 유의수준은 .05로 설정 하였다.

III. 실험 결과 및 고찰

실험 연구에 참여한 대상자의 일반적인 특성을 표 4를 통해 제시했고 운동형상학적 분석 결과를 표 5를 통해 보고했다.

3차원 동작 분석기를 통한 측정 결과 어깨 파트에서 DC를 사용했을 때 PC를 사용 했을 때 보다 더 적은 ROM상의 운동기능을 보였다. 팔꿈치 부분에서는 유의한 차이가 없었다. 같은 조건에서 더 적은 어깨의 ROM이 사용되었다는 것은 더 적은 신체적 노력으로 과제를 완수했다는 의미이며 DC의 내부 구조적 장치가 팔 운동 기능의 제한 발생 시 물리적인 도움을 줄 수 있다는 것과 상동 한다. 팔꿈치의 ROM 변화의 차이가 없었으나 이는 마시기의 특성 상 보상적 움직임이 어깨근육과 견갑골(scapular)의 작용에 지배를 받는 원리<sup>[35]</sup>를 고려해 본다면 컵의 구조가 팔꿈치의 ROM에 미치는 영향은 적을 것으로 추론 할 수 있다.

표면 근전도 측정에서 상부 승모근, 삼각근 중앙 섬유, 삼두근에서 더 적은 근활성도를 보였으며 이는 통계적으로 유의한 수준에서 차이를 보였다. 이두근과 장요측수근신근에서 DC 사용 시 좀 더 큰 근 활성도가 나타났으나 통계적으로 유의하지 못했다. 팔의 비정상적인 운동 기능학적 패턴이 상부 승모근, 삼각근, 삼두

표 4. 대상자의 의학적 특성  
Table 4. General characteristics of the participants (n=16).

Categories		Values (Mean ± SD or % or N)
Sex	Male	50.0% (n = 8)
	Female	50.0% (n = 8)
Age(year)		55.06 ± 13.98
Vascular Territory	ACA	2 (12.5%)
	MCA	8 (50.0%)
	PCA	2 (12.5%)
	BA	4 (25.0%)
MMSE-K		27.44±1.71 (0%)
Paretic Side	Right	8 (50.0%)
	Left	8 (50.0%)

Abbreviations: SD=Standard Deviation; ACA=Anterior Cerebral Artery; MCA=Middle Cerebral Artery; PCA=Posterior Cerebral Artery; BA=Basilar Artery; MMSE-K=Mini Mental State Examination-Korean



근 등 견갑대 부위(shoulder girdle)의 기능제한에 기인한 것임을 감안하면<sup>[36]</sup> 이러한 선행연구와 일치하는 결과를 보였다고 할 수 있다. 이두근에서 나타난 근활성도의 변화 차이가 미약한 부분은 3차원 동작 분석시 ROM 변화의 차이가 없었던 부분과 일관성을 유지하는 경향을 보였다. 장요측수근신근의 경우 손잡이(handle)를 이용함으로써 손목의 신전근을 활성화 시킬 노력이 저하되었기 때문에 상기와 같은 결과를 보인 것으로 판단된다.

3차원 체간 움직임 분석기 결과에서 전방과 후방의 체간 움직임 개입이 DC 사용 그룹에서 더 적게 나타났다. 좌우 측면 범위에 대한 개입은 PC 사용 시 더 많은 수치를 기록 했으나, 통계적으로 유의미한 수준에서 형성되지 않았다. 마시기 과제의 수행 시 기본적인 팔과 손의 운동학적 움직임 외에 추가적인 체간의 개입은 어깨나 팔꿈치의 움직임이 적어지거나 ROM 제한이 생겼을 경우 증가하는 것으로 알려져 있다<sup>[37]</sup>. 본 연구는 이러한 근거를 토대로 DC를 사용 할 때 체간 움직임 개입에 대한 3차원 좌표상(x, y, z) 변화가 더 적은 것으로 보아 같은 조건에서 더 효율적인 상지의 움직임이 이루어졌다고 해석 하였다. 이러한 방법과 결과는 선행 연구와 대부분 일치 하였다.

좌/우 변화에 있어서 선행 문헌들과는 비교하기가 힘든 측면이 있었는데 이는 실험 조건과 환자 질환, 마비 측(좌/우)에 대한 통제부분이 상이했기 때문이라고 볼 수 있다.

#### IV. 결 론

뇌졸중에서 생존한 환자들이 겪는 대표적인 현상인 신경손상으로 인한 운동기능의 약화는 ADLs에 지대한 영향을 미치는 큰 문제이고 이를 해결하기 위해 보조도구로서 이중 체임버 구조를 골자로 하는 재활 보조도구인 컵을 개발 하였다. 임상적으로 타당한지를 알아보기 위해 운동형상학적 측정을 하였다. 3차원 동작 분석을 통해 상지에서 일어나는 움직임을, 표면 근전도 검사를 통해 해당 근육의 근 활성도를, 3차원 체간 움직임 분석을 통해 체간 움직임의 개입을 평가하였다. 개발 된 컵을 사용 했을 시 어깨와 견갑골 부위의 ROM이 더 적게 사용되었고, 표면 근전도에서는 상부 승모근, 삼각근, 삼두근에서 근 활성도가 더 낮게 나타났으며, 체간 분석에서 전방, 후방의 방향에서 체간의 개입이 더 적게 관찰되었다. 상기 결과를 통해 이중 체임버 구조를 가진 컵은 뇌졸중 환자의 마시기 동작에 운동역학적 측면에서 좀 더 효율적인 결과를 가져올 수 있음을 확인 하였다. 뇌졸중을 겪은 환자들은 정상인의 삶으로 돌아가고 싶어 하고 보조기구를 사용해야 할 경우에는 환자용 혹은 장애인용으로 보이는 것을 거부하는 심리적 부분이 있으며 본 연구를 통한 컵이 생존에 가장 우선시 되는 마시는 행위에 대한 부분을 어느 정도 보완해 줄 수 있을 것으로 기대된다. 이를 근거로 후속 연구의 임상적 근거 마련이 실현될 수 있을 것이며 의학 정책 수립 시 객관적인 지표 자료로 활용 될 수 있을 것이다.

표 5. 각 사용된 컵 간 운동 형상학적 분석 비교 결과  
Table 5. Comparison between two types of drinking aid.

(n = 16)

		Dual-Chamber Cup (DC)	Placebo-Cup (PC)	z	p
3D Motion Analysis	Drinking Phase-Shoulder (°)	99.80 ± 45.82	113.10 ± 42.03	-1.45	.018*
	Drinking Phase-Elbow (°)	139.02 ± 34.55	140.17 ± 23.02	-.659	.775
sEMG(%MVIC)	Upper Trapezius	11.01 ± 3.87	14.33 ± 5.97	-1.230	.029*
	Deltoid Middle Fiber	7.81 ± 0.13	9.12 ± 1.28	-.101	.037*
	Biceps Brachii	4.06 ± 1.45	3.99 ± 0.66	-2.031	.572
	Triceps Brachii	1.19 ± 0.33	2.00 ± 0.11	-.402	.022*
	Extensor Carpi Radialis	5.49 ± 0.97	4.87 ± 0.55	-2.339	.069
3D Trunk Movement Analysis	Longus				
	Front	8.07 ± 12.13	11.01 ± 9.15	-.219	.031*
	Back	9.12 ± 5.23	11.05 ± 4.66	-2.125	.014*
	Left	21.82 ± 8.05	22.17 ± 7.64	-.432	.698
	Right	19.02 ± 15.44	20.09 ± 11.19	-.985	.143

Abbreviations: sEMG=surface Electromyography; MVIC=Maximum Voluntary Isometric Contraction

\*p< .05

## REFERENCES

- [1] M. C. Cirstea, "Compensatory strategies for reaching in stroke," *Brain*, vol. 123, no. 5, pp. 940 - 953, May 2000.
- [2] G. Léonard and F. Tremblay, "Corticomotor facilitation associated with observation, imagery and imitation of hand actions: a comparative study in young and old adults," *Experimental Brain Research*, vol. 177, no. 2, pp. 167 - 175, Sep. 2006.
- [3] S. D. McPhee, "Functional Hand Evaluations: A Review," *American Journal of Occupational Therapy*, vol. 41, no. 3, pp. 158 - 163, Mar. 1987.
- [4] K. Petuskey, A. Bagley, E. Abdala, M. A. James, and G. Rab, "Upper extremity kinematics during functional activities: Three-dimensional studies in a normal pediatric population," *Gait & Posture*, vol. 25, no. 4, pp. 573 - 579, Apr. 2007.
- [5] D. Lee, H. Roh, J. Park, S. Lee, and S. Han, "Drinking behavior training for stroke patients using action observation and practice of upper limb function," *Journal of Physical Therapy Science*, vol. 25, no. 5, pp. 611 - 614, 2013.
- [6] S. H. Yang, W. I. Rhee, S. G. Son, S. Y. Kwon, & M. G. Kim, "Analysis of upper extremity motion during drinking using virtual reality motion analysis system(VRMAS)", *Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine*, vol. 22, no. 1, pp. 204-209, 1998.
- [7] A. M. Cools, "Evaluation of isokinetic force production and associated muscle activity in the scapular rotators during a protraction-retraction movement in overhead athletes with impingement symptoms," *British Journal of Sports Medicine*, vol. 38, no. 1, pp. 64 - 68, Feb. 2004.
- [8] J. Lin, W. H. Chen, P. Q. Chen, and J. Y. Tsauo, "Alteration in shoulder kinematics and associated muscle activity in People With Idiopathic Scoliosis," *Spine*, vol. 35, no. 11, pp. 1151 - 1157, May 2010.
- [10] A. M. Cook and J. M. Polgar, "Principles of Assistive Technology," *Assistive Technologies*, pp. 1 - 15, 2015.
- [11] National Human Rights Commission of Korea, *Study on Rights to Health Promotion*, Seoul, Korea, 2015.
- [12] K. O. Chang, "Consumer satisfaction with paid caregiving in general hospitals according to type of paid caregiver", *Journal of Korean Academy of Nursing Administration*, vol. 10, no. 3, pp. 375-386, 2004
- [13] S. M. Christopher and M. J. Johnson, "Task-oriented robot-assisted stroke therapy of paretic limb improves control in a unilateral and bilateral functional drink task: A case study," 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Aug. 2014.
- [14] W. Liu, S. McCombe Waller, T. M. Kepple, and J. Whittall, "Compensatory arm reaching strategies after stroke: Induced position analysis," *The Journal of Rehabilitation Research and Development*, vol. 50, no. 1, p. 71, 2013.
- [15] M. Rensink, M. Schuurmans, E. Lindeman, and T. Hafsteinsdóttir, "Task-oriented training in rehabilitation after stroke: systematic review," *Journal of Advanced Nursing*, vol. 65, no. 4, pp. 737 - 754, Apr. 2009.
- [16] S. Y. Yun, T. Y. Lee, S. Y. Park, & J. B. Yi, "Muscle activity and a kinematic analysis of drinking motion", *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, vol. 16, no. 1, pp. 77-88, 2011.
- [17] H. H. Gil and J. S. Choi, "Affecting factors of hospital caregivers on the level of practice, knowledge, and importance of work under no guardian," *Korean Journal of Occupational Health Nursing*, vol. 21, no. 1, pp. 55 - 65, May 2012.
- [18] S. J. You, J. H. Kim, S. H. Cho, & Y. K. Choi, *A demonstration project for the nursing care improvement*. Seoul, Korea: Korea Health Industry Development Institute, 2008.
- [19] P. S. Lum, S. Mulroy, R. L. Amdur, P. Requejo, B. I. Prilutsky, and A. W. Dromerick, "Gains in upper extremity function after stroke via recovery or compensation: potential differential effects on amount of real-world limb use," *Topics in Stroke Rehabilitation*, vol. 16, no. 4, pp. 237 - 253, Jul. 2009.
- [20] Phoebe R. Apeagyei, "Application of 3D body scanning technology to human measurement for clothing Fit," *International Journal of Digital Content Technology and its Applications*, vol. 4, no. 7, pp. 58 - 68, Oct. 2010.
- [21] J. M. Hockenberry, D. Wilson, Wong's *Essentials of Pediatric Nursing*, 9e. Maryland Heights, Missouri: Mosby, 2012.
- [22] H. J. Hislop and J. Montgomery, "Principes de testing manuel du muscle," *Le bilan musculaire de Daniels et Worthingham*, pp. 7 - 15, 2009.
- [23] Criswell, Eleanor, *Cram's introduction to surface electromyography*. Jones & Bartlett Publishers,

- 2010.
- [24] J. A. Logemann, Evaluation and Treatment of Swallowing Disorders: 2nd Edition. Austin, Texas: PRO-ED, 1999.
- [25] M. Snyder, "Relation of nursing activities to increases in intracranial pressure," Journal of Advanced Nursing, vol. 8, no. 4, pp. 273 - 279, Dec. 2006.
- [26] S. Michaelsen, S. Jacobs, A. Roby-Brami, and M. Levin, "Compensation for distal impairments of grasping in adults with hemiparesis," Experimental Brain Research, vol. 157, no. 2, Feb. 2004.
- [27] P. L. Tsaih, Y. L. Shih, and M.-H. Hu, "Low-Intensity Task-Oriented Exercise for Ambulation-Challenged Residents in Long-Term Care Facilities," American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, vol. 91, no. 7, pp. 616 - 624, Jul. 2012.
- [28] M. A. Murphy, K. S. Sunnerhagen, B. Johnels, & C. Willen, "Three-dimensional kinematic motion analysis of a daily activity drinking from a glass: A pilot study", Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, vol. 3, pp. 18-28, 2006.
- [29] S.-H. Kim, J.-H. Park, M.-Y. Jung, and E.-Y. Yoo, "Effects of Task-Oriented Training as an Added Treatment to Electromyogram-Triggered Neuromuscular Stimulation on Upper Extremity Function in Chronic Stroke Patients," Occupational Therapy International, vol. 23, no. 2, pp. 165 - 174, Feb. 2016.
- [30] D. A. M. M. Vanmulken, A. I. F. Spooren, H. M. H. Bongers, and H. A. M. Seelen, "Robot-assisted task-oriented upper extremity skill training in cervical spinal cord injury: a feasibility study," Spinal Cord, vol. 53, no. 7, pp. 547 - 551, Feb. 2015.
- [31] H. Chen, K. Lin, R. Liing, C. Wu, and C. Chen, "Kinematic measures of Arm-trunk movements during unilateral and bilateral reaching predict clinically important change in perceived arm use in daily activities after intensive stroke rehabilitation," J NeuroEngineering Rehabil, vol. 12, no. 1, Sep. 2015.
- [32] H.-I. Ma, K. Lin, F. Hsieh, C. Chen, S. F. Tang, and C. Wu, "Kinematic Manifestation of Arm-Trunk Performance during Symmetric Bilateral Reaching After Stroke," American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, p. 1, Jul. 2016.
- [33] P. L. Tsaih, Y. L. Shih, and M. H. Hu, "Low-Intensity Task-Oriented Exercise for Ambulation-Challenged Residents in Long-Term Care Facilities," American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, vol. 91, no. 7, pp. 616 - 624, Jul. 2012.
- [34] H. J. Hislop, J. Montgomery, Daniels and Worthingham's muscle testing: techniques of manual examination 6, 1995.
- [35] M. C. Cirstea, "Compensatory strategies for reaching in stroke," Brain, vol. 123, no. 5, pp. 940 - 953, May 2000.
- [36] M. F. Levin, J. A. Kleim, and S. L. Wolf, "What Do Motor 'Recovery' and 'Compensation' Mean in Patients Following Stroke?," Neurorehabilitation and Neural Repair, vol. 23, no. 4, pp. 313 - 319, Dec. 2008.
- [37] D. Beaumont, "Rehabilitation and retention in the workplace-the interaction between general practitioners and occupational health professionals: a consensus statement," Occupational Medicine, vol. 53, no. 4, pp. 254 - 255, Jun. 2003.
- [38] K. P. Simmons and C. L. Istook, "Body measurement techniques," Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal, vol. 7, no. 3, pp. 306 - 332, Sep. 2003.

---

 저 자 소 개
 

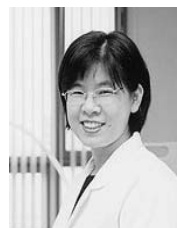
---



허 서 윤(정회원)  
 2010년 인제대학교 의생명공학대학  
 작업치료학 학사 졸업.  
 2013년 인제대학교 보건학 석사  
 졸업.  
 2017년 인제대학교 재활과학과 박사  
 졸업 예정

현 보건복지부 국립재활원 재활보조기술 연구과  
 연구원

<주관심분야 : 재활 보조기기, 3D 캐드설계, 역설  
 계, 생체역학, 운동형상학적 분석>



김 경 미(정회원)  
 1980년 연세대학교 보건 학사  
 1993년 연세대학교 보건학  
 (재활기술) 석사  
 1999년 가톨릭 대학교 보건학 박사  
 현 인제대학교 의생명공학대학  
 작업치료학과 교수

<주관심분야 : 재활과학, 감각통합>