

바이오 임피던스 분석을 이용한 뇌졸중 편마비환자의 상지 분석

Analysis on Upper Extremity of Hemiplegic Stroke Patients Using Bioelectrical Impedance

유찬욱*, 박주형**

한려대학교 작업치료학과*, 청주대학교 작업치료학과**

Chan-Uk Yoo(urijalhaja@naver.com)*, Ju-Hyung Park(juhyungi79@hanmail.net)**

요약

본 연구는 뇌졸중 편마비 환자 24명을 대상으로 마비측과 비마비측의 바이오 임피던스 값을 비교 분석하고자 하는 것이다. 본 연구에서는 2015년 10월부터 11월 까지 뇌졸중으로 진단 받은 편마비환자 24명을 대상으로 하였다. MultiScan 5000을 이용하여 바이오임피던스를 측정하였고 프래딕션마크(Prediction mark), 저항성분(resistance), 리액턴스(reactance), 위상각(phase angle)을 비교분석하였다. 뇌졸중 편마비 환자와 바이오임피던스 값의 비교분석을 위해 뇌졸중 편마비 가 아닌 일반인 6명의 오른쪽과 왼쪽을 비교분석하였다.

뇌졸중 편마비 환자의 마비측과 비마비측 부위에서 임피던스 값을 측정하여 정량화된 수치로 나타낸 결과 뇌졸중 편마비 환자의 마비측과 비마비측의 프래딕션마크(Prediction mark), 리액턴스(reactance), 위상각(phase angle)의 값의 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 일반인을 대상으로 오른쪽과 왼쪽의 프래딕션마크(Prediction mark), 리액턴스(reactance), 위상각(phase angle)의 값의 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).

본 연구 결과를 통해 뇌졸중 편마비 환자의 마비측과 비마비측의 임피던스값의 유의한 차이가 있다는 것을 알 수 있었고 또한, 이를 통해 임상 재활치료를 받는 뇌졸중 환자의 치료에 정량화된 수치로 측정할 수 있는 유용한 평가도구로서의 가능성을 제시하였다. 향후 연구에서는 임피던스 분석을 이용하여 뇌졸중 환자의 마비측과 비마비측의 분석뿐만 아니라 다양한 대상군, 다양한 신체부위 그리고 재활치료 중재의 효과 등을 측정하는 연구가 필요할 것으로 보인다.

■ 중심어 : | 바이오 임피던스 분석 | 뇌졸중 | 상지 |

Abstract

This study is to compare and analyze the bioelectrical impedance values on the upper extremity (affected and non-affected side) in hemiplegic stroke patients. Experimental subjects were 24 stroke patients with hemiplegia undergoing stroke rehabilitation between October to November, 2015. Prediction marker, resistance, reactance, and phase angle were measured in the upper extremity (affected and non-affected side) of hemiplegic stroke patients, using MultiScan 5000, and then they were expressed as quantified values. The affected and non-affected side of upper extremity in stroke patients with hemiplegia exhibited significant differences in prediction marker, reactance, and phase angle ($p < 0.05$). There were significant differences in the impedance values at the affected and non-affected side of hemiplegic stroke patients. Thus, the possibility of evaluating stroke patients undergoing clinical rehabilitation therapy was suggested.

■ keyword : | Bioelectrical Impedance Analysis | Stroke | Upper Extremity |

I. 서론

뇌졸중은 뇌에 공급되는 뇌혈관의 출혈이나 허혈 등의 문제로 인해 성인에게서 발생할 수 있는 가장 흔한 질병 중 하나이다[1]. 많은 뇌졸중 환자들에게서 운동 기능장애, 인지장애, 지각장애, 감각장애, 언어장애 등이 동반되기도 한다[2]. 특히, 뇌졸중 환자의 대부분은 신체 한쪽의 근력이 약화되고 비정상적인 근육긴장도를 보이는 등의 편마비가 특징적으로 나타나며[3], 30~60% 정도의 편마비환자에서 손과 팔등 상지의 마비로 인해 그들의 생활에 어려움을 보이기도 한다[4]. 이러한 상지기능의 장애는 식사하기, 옷 입기, 목욕하기 등 일상생활활동에서의 어려움을 발생시키게 되며[5], 이로 인해 재활치료에서는 뇌졸중 편마비 환자의 일상생활능력을 유지시키고 삶의 질을 높이는 데 목표를 두고 있다[6].

바이오 임피던스 분석(Bioelectrical impedance analysis)은 신체 조직의 성분을 분석하는 방법으로 안전하고, 실용적이며 비 침습 적인 분석방법으로 생체조직 및 생체 물질들의 요소를 측정함으로써 질병을 진단하거나 전반적인 건강상태를 확인할 수 있는 분석방법이다[7]. 이러한 바이오 임피던스 분석은 우리 신체 조직의 체수분량, 지방의양, 근육의양, 조직세포의 상태 등 우리 신체의 전반적인 건강상태를 확인할 수 있다[8].

바이오 임피던스 분석 데이터 중 몸의 건강상태를 나타내는 지표로 프래딕션마커(prediction marker), 저항 성분(resistance), 리액턴스(reactance), 그리고 위상각(phase angle)을 사용하용하고 있다[9]. 이때 프래딕션 마커(prediction marker)는 신체 세포의 건강도를 나타내고 저항성분(resistance)은 수분과 지방등의 함유량의 크기와 관련되고, 리액턴스(reactance)는 세포막의 견고함을 나타낸다고 볼 수 있으며 위상각(phase angle)은 전반적인 건강상태와 영양상태를 나타내는 지표로 쓰이고 있다[10].

뇌졸중처럼 신경계가 손상된 환자는 움직임이 감소되고 근육의 약화가 나타나는데 이때 신체 골격근의 감소와 함께 체지방이 축적되므로 수분의 함유량이 낮아

진기적 저항이 커지고, 근육섬유의 비대와 위축으로 인해 신체세포의 건강도가 떨어지게 된다[11].

최근 바이오임피던스분석을 통한 다양한 연구가 진행되고 있는데, Chumlea 등[12]은 임피던스를 이용한 신체조직의 세포내액과 세포외액의 분포를 조사하는 연구를 하였으며, Cho 등[13]은 수술환자의 몸통과 사지의 임피던스 분석을 이용한 심장과 허파의 부종을 측정하는 등 임상연구에서는 주로 수술환자, 암환자의 신체성분을 분석하거나 세포내액, 세포외액, 체수분 분석을 위한 연구가 중심을 이루고 있다.

최근 임피던스를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있는 상황이지만 재활영역에서 뇌졸중환자의 신체 상태를 정량적으로 나타낼 수 있는 신체성분 분석 도구로서 아직 널리 보급되어 있지 못하고 있으며 재활치료영역에서 쉽게 사용할 수 있고 신뢰도가 높은 신체 측정도구가 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 바이오 임피던스 분석기법을 이용하여 뇌졸중 편마비 환자의 마비측과 비마비측을 비교분석하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 2015년 10월부터 11월 까지 부산시 소재의 P재활병원에서 입원하여 뇌졸중 진단을 받고 재활치료를 받고 있는 뇌졸중 환자24명을 대상으로 하였다. 본 연구는 임상시험심사위원회를 통과하여 실험하였으며 모든 연구대상자는 연구의 목적을 이해하고 연구에 참여하기로 동의한 자로 하였다.

(document number: 2014250, project number: 201041024-AB-N-01 or 20141023-HR-109-02).

연구 참여환자의 선정기준은 뇌졸중으로 인한 편마비로 진단 받고 발병 후 6개월 이상인자, 연구자의 지시를 따를 수 있는 정도의 인지력이 있는 자, 뇌졸중 이외의 다른 신경학적 질환이 없는 자를 대상으로 하였다 [표 1].

뇌졸중 편마비 환자와의 상호비교를 위해 뇌졸중 편마비 환자가 아닌 일반인 6명을 대상으로 오른쪽 상지

와 왼쪽상지를 비교분석하였다[표 2].

표 1. 연구대상자의 일반적 특성(뇌졸중편마비환자)

		대상자(n=24)	범위
성별	남	8	
	여	16	
연령		71.9±8.8	62~89
체중		54.1±8.2	41~71
신장		161±6.4	152~176
발병기간		20.3±6.7	15~35
병변 유형	뇌경색	11	
	뇌출혈	13	
마비 부위	오른쪽	15	
	왼쪽	9	

표 2. 연구대상자의 일반적 특성(일반인)

		대상자(n=6)	범위
성별	남	5	
	여	1	
연령		61.9±5.5	45~70
체중		66.1±8.2	52~73
신장		169±5.2	155~178

2. 연구 도구

2.1 바이오 임피던스 분석시스템(Bioelectrical impedance analysis system) 연구는 미국국립보건원에서 바이오 임피던스 분석으로 추천되는 평가도구인 Multiscan 5000 (Bodystat Ltd., Isle of Man, UK) 바이오 임피던스 분석시스템을 이용하여 수행하였고, 시스템의 검사 재검사신뢰도는 0.95이며 검사타당도는 0.76 이다[14][15]. 바이오 임피던스 분석은 네 개의 전극을 부착하여 미세한 전류(800 μ A)를 인체에 흘려보낸 다음 주파수(5~1000 kHz) 범위에서 프래딕션마커(prediction marker), 저항성분(resistance), 리액턴스(reactance), 그리고 위상각(phase angle)값을 측정하게 된다[그림 1].



그림 1. 바이오 임피던스 분석 시스템 Bioelectrical Impedance Measurement System

3. 연구 과정

주변소음을 최소화하여 검사자와 피검자 1:1로 진행하였다. 피검자는 침대에 바로 누운 자세에서 몸에 있는 금속물질을 제거한 다음 측정을 진행하였다[그림 2]. 손과 발에 전극을 부착하여 측정하였으며 손은 손목과 손의 가운데 뼈와 기절골이 이루는 관절에 전극을 부착하였고[그림 3], 발에는 발목부위와 발가락의 가운데 뼈와 기절골이 이루는 관절에 전극을 부착하였다[그림 4]. 비마비측 그리고 마비측을 각각 1회 씩 측정 하였다. 먼저 비마비측 전신을 측정하고 마비측 전신을 측정하였으며 이후 비마비측 상지분절 그리고 마비측 상지분절 순으로 측정하였다. 소요시간은 한쪽 각 분절당 10초정도 소요되었으며 프래딕션마커(prediction marker), 저항성분(resistance), 리액턴스(reactance), 그리고 위상각(phase angle)값을 평가하였다. 측정된 결과 값의 평균 및 표준편차를 구하였다.

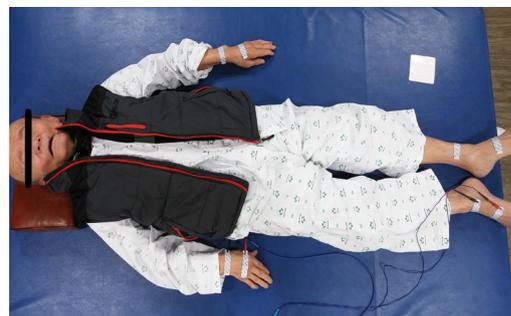


그림 2. 실험측정 자세



그림 3. 실험측정 위치(손)

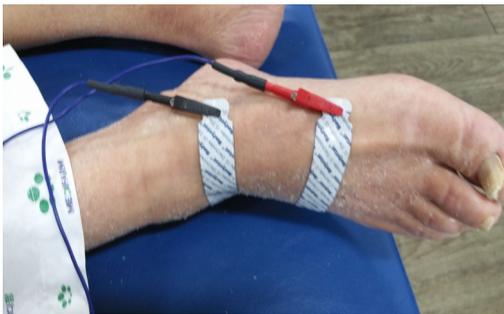


그림 4. 실험측정 위치(발)

4. 분석방법

본 연구의 통계적 분석은 PASW 18.0(Version 18.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 과 Excel program을 이용하였다. 대상자들의 일반적 특성을 분석하기 위해 기술 통계를 사용하였고, 대응표본 T검증(Paired t-test)을 이용해 마비부위와 비 마비부위의 값을 비교분석한다. 통계적 유의수준을 0.05로 하였다.

III. 연구결과

1. 뇌졸중 환자의 전신 바이오 임피던스 분석 측정 결과 비교

뇌졸중 환자의 전신 바이오 임피던스 분석 결과는 [표 3]와 같다. 마비측과 비마비측의 프래딕션마커(prediction marker)는 마비측 0.880, 비마비측은 0.862, 저항성분(resistance)은 마비측 615Ω, 비마비측 630Ω, 리액턴스(reactance)는 마비측 37.9Ω 비마비측 43.5Ω, 그

리고 위상각(phase angle)은 마비측 3.7°, 비마비측 4.2°로 나타났다.

프래딕션마커(prediction marker), 리액턴스(reactance), 그리고 위상각(phase angle)값은 마비측과 비마비측에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 하지만 저항성분(resistance) 값에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05).

표 3. 뇌졸중 환자의 마비측과 비마비측의 전신 바이오 임피던스 분석 결과 비교

	마비측 M±SD	비마비측 M±SD
Prediction Marker (score)	0.880±0.03	0.862±0.02*
Resistance (Ω)	615±172.4	630±114.8
Reactance (Ω)	37.9±11.2	43.5±9.5*
Phase Angle (θ)	3.7±1.0	4.2±0.7*

p(0.05)*

2. 뇌졸중 환자의 상지 바이오 임피던스 분석 측정 결과 비교

뇌졸중환자의 상지 바이오 임피던스 분석 결과는 [표 4]와 같다. 마비측과 비마비측의 프래딕션마커(prediction marker)는 마비측 0.881, 비마비측은 0.862, 저항성분(resistance)은 마비측 332Ω, 비마비측 330Ω, 리액턴스(reactance)는 마비측 20.4Ω 비마비측 22.7Ω, 그리고 위상각(phase angle)은 마비측 3.7°, 비마비측 4.2°로 나타났다.

프래딕션마커(prediction marker), 리액턴스(reactance), 그리고 위상각(phase angle) 값은 마비측과 비마비측에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 하지만 저항성분(resistance) 값에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05).

표 4. 뇌졸중환자의 마비측과 비마비측의 상지 바이오 임피던스 분석 결과 비교

	마비측 M±SD	비마비측 M±SD
Prediction Marker (score)	0.881±0.05	0.862±0.03*
Resistance (Ω)	332.3±52.5	330.5±59.3
Reactance (Ω)	20.4±5.8	22.7±4.8*
Phase Angle (θ)	3.7±1.1	4.2±0.8*

p<0.05*

3. 일반인의 전신 바이오 임피던스 분석 측정 결과 비교

대조군인 일반인의 전신 바이오 임피던스 분석 결과는 [표 5]와 같다. 연구 대상자의 전신측정에서 오른쪽과 왼쪽의 프래딕션마커(prediction marker)는 오른쪽 0.760, 왼쪽 0.770, 저항성분(resistance)은 오른쪽 510Ω, 왼쪽 519Ω, 리액턴스(reactance)는 오른쪽 56.9Ω 왼쪽 60.5Ω, 그리고 위상각(phase angle)은 오른쪽 7.6°, 왼쪽 7.4°로 나타났다.

프래딕션마커(prediction marker), 저항성분(resistance), 리액턴스(reactance), 그리고 위상각(phase angle)값에서 오른쪽 왼쪽에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05).

표 5. 일반인의 오른쪽 왼쪽의 전신 바이오 임피던스 분석 결과 비교

	오른쪽 M±SD	왼쪽 M±SD
Prediction Marker (score)	0.760±0.05	0.770±0.04
Resistance (Ω)	510±104.2	519±110.5
Reactance (Ω)	56.9±5.2	60.5±8.3
Phase Angle (θ)	7.6±0.3	7.4±0.5

p<0.05*

4. 일반인의 상지 바이오 임피던스 분석 측정 결과 비교

대조군인 일반인의 상지 바이오 임피던스 분석 결과는 [표 6]와 같다. 연구 대상자의 전신측정에서 오른쪽과 왼쪽의 프래딕션마커(prediction marker)는 오른쪽 0.755, 왼쪽 0.772, 저항성분(resistance)은 오른쪽 502Ω, 왼쪽 511Ω, 리액턴스(reactance)는 오른쪽 51.9Ω 왼쪽 60.8Ω, 그리고 위상각(phase angle)은 오른쪽 7.5°, 왼쪽 7.2°로 나타났다.

프래딕션마커(prediction marker), 저항성분(resistance), 리액턴스(reactance), 그리고 위상각(phase angle)값에서 오른쪽 왼쪽에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05).

표 6. 일반인의 오른쪽 왼쪽의 상지 바이오 임피던스 분석 결과 비교

	오른쪽 M±SD	왼쪽 M±SD
Prediction Marker (score)	0.7550±0.05	0.772±0.06
Resistance (Ω)	502±106.6	511±105.2
Reactance (Ω)	51.9±3.2	60.8±8.8
Phase Angle (θ)	7.5±0.4	7.2±0.3

p<0.05*

IV. 고찰

뇌졸중 편마비환자는 상지근육의 약화로 인해 감각, 움직임의 어려움이 발생할 수 있고 일상생활활동에서의 어려움이 발생되어 식사하기, 옷 입기, 목욕하기 등 자기관리능력에 어려움이 발생할 수 있다[16]. 바이오 임피던스 분석은 안전하고, 실용적이며 비 침습 적으로 신체 조직의 성분을 분석하는 방법이다.

본 연구에서는 재활치료를 받고 있는 뇌졸중 편마비 환자를 대상으로 마비측과 비 마비측의 전신과 상지 분절에 대한 바이오 임피던스 분석을 실시하였다. 환자의

조직상태 및 전반적인 건강상태를 알아볼 수 있는 지표인 프래딕션마커(prediction marker), 저항성분(resistance), 리액턴스(reactance), 그리고 위상각(phase angle)값을 측정해 보았다. 측정결과 뇌졸중 편마비환자에서 마비측과 비마비측의 프래딕션마커(prediction marker), 리액턴스(reactance), 그리고 위상각(phase angle)값에서 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다($p>0.05$).

본 연구결과는 Gupta 등[17]의 연구에서 위상각(phase angle)값의 감소는 암환자의 사망률과 비례한다는 연구결과와 유의하게 마비측의 위상각(phase angle)이 감소하는 결과를 나타냈다. 그러나 Nescolarde 등[18]이 연구한 운동선수의 부상 후 회복에 대한 연구를 보면 부상 후에 회복이 될수록 저항성분(resistance)과 리액턴스(reactance)가 감소하는 양상을 보였는데 이러한 결과는 외부충격으로 인해 조직에 수분이 발생하게 되고 점차 수분이 감소하기 때문에 저항성분이 유의하게 감소한 것으로 보이며 이는 중추신경계손상환자인 뇌졸중 환자와 단순히 비교하기에는 어려움이 있다.

뇌졸중 환자의 임피던스 연구에서 Hirayama 등[19]이 임피던스 분석을 이용해 연구한 급성기 뇌졸중 환자의 체질량지수(BMI), 와 지방제외체중(LBMD)에 관한 연구에서 기능적인 움직임이 있는 환자에서 체질량지수가 낮고 지방제외체중이 유의하게 증가한다고 하였다. 그리고 Yamashita 등[20]은 뇌졸중 환자를 대상으로 한 임피던스 분석에서 근육양의 수치와 근력이 비 마비측과 비교해 마비측이 유의하게 낮게 나타났다고 하였다.

이러한 뇌졸중 환자의 임피던스 분석들은 본 연구의 측정 지표인 저항성분, 리액턴스, 위상각등이 체수분량, 지방제외체중 비를 통해 나타나는 지표이기 때문에 뇌졸중 편마비 환자의 마비측 움직임의 저하로 인해 근육양이 감소되고 수분의 함유량이 낮은 지방이 많아지게 되어 프래딕션마커, 위상각등에서 비마비측과 마비측이 유의한 차이를 보이는 본 연구의 결과와 유의하다고 할 수 있다.

일반적으로 조직세포의 건강도를 나타내는 지표인 프래딕션마커(Prediction marker)값은 수치가 높을수록 세포의 건강도가 낮다는 것을 의미하는데 본 연구에서

는 마비측이 0.88, 비 마비측이 0.86으로 마비측이 비마비측에 비해 유의하게 높게 나타났는데 이는 마비측이 유의하게 세포의 건강도가 낮다는 것을 말하고 있다.

리액턴스(Reactance)는 세포막의 견고함을 나타내는 지표로 저항 수치가 높을수록 세포막의 견고함이 높을 것을 의미하는데 전신측정에서 마비측이 37.9 Ω 비마비측이 43.5 Ω 로 통계적으로 유의한 차이를 나타냈으며 ($p<0.05$), 상지측정에서도 마비측 20.4 Ω , 비마비측 22.7 Ω 로 역시 통계적으로 마비측 세포막의 견고함이 떨어지는 것으로 나타났($p<0.05$).

위상각(Phase angle)은 전반적인 건강상태와 영양 상태를 나타내는 지표로 여러 가지 임상상황에서 진단을 위해 사용되는데 낮은 위상각 값은 세포의 온전함이 약해지고 세포가 죽는 것을 의미한다. 본 연구결과 마비측이 3.7° 비마비측이 4.2°로 마비측이 비마비측에 비해 유의하게 낮은 것을 볼 수 있다($p<0.05$).

신체 수분량, 지방량과 관련된 저항성분(resistance) 값은 마비측과 비마비측의 통계적인 유의한 차이를 보이지 않았는데($p>0.05$) 이는 환자들의 특성에 대해 구분하지 않고 측정하여 통계적 유의성은 없었던 것으로 판단된다. 뇌졸중 환자와 비교해 일반인의 전신과 상지 바이오 임피던스 분석 결과는 프래딕션마커(prediction marker), 저항성분(resistance), 리액턴스(reactance), 그리고 위상각(phase angle)값에서 오른쪽 왼쪽에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 이는 뇌졸중 편마비 환자와 달리 일반인의 오른쪽과 왼쪽은 질병에 의해 한쪽이 약화되어 있지 않아 통계적 유의성이 나타나지 않았던 것으로 보인다.

본 연구를 통해 뇌졸중 편마비 환자의 비마비측이 마비측에 비해 건강도가 유의하게 높다는 것을 확인 할 수 있었다. 재활치료를 받고 있는 환자를 대상으로 재활에 대한 결과를 정량화하는데 어려움이 있는데 바이오 임피던스 분석은 뇌졸중 편마비환자와 같이 재활을 받는 대상에 객관적인 수치를 얻을 수 있다. 그러므로 재활을 받는 환자의 현재 상태 재활진행 상황과 환자의 상태 등을 확인할 수 있는 방법이 될 수 있을 것이다.

본 연구의 제한점은 뇌졸중 편마비환자의 대상자가 다소 수가 부족했던 점, 뇌출혈, 뇌경색, 뇌졸중 진단 기

간 등 환자의 특성에 따라 정확히 구분하지 못한 점, 그리고 재활치료를 받은 환자와 받지 못한 환자를 분석하지 못한 점이 있다. 향후 연구에서는 뇌졸중 편마비 환자의 특성에 따라 분류하여 측정하는 연구가 필요할 것이며, 재활치료 받기 전과 재활치료를 받은 후의 값을 비교분석한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구에서는 바이오 임피던스 분석법을 사용하여 뇌졸중 편마비 환자의 마비측과 비마비측을 비교 분석하였다. 그 결과 세포의 건강도, 세포막의 견고함, 전반적인 건강상태와 영양상태를 나타내는 지표인 프레딕션마커(prediction marker), 리액턴스(reactance), 그리고 위상각(phase angle)값이 마비측이 비마비측에 비해 통계적으로 유의하게 좋지 못한 것으로 나타났다($p < 0.05$). 본 연구결과는 뇌졸중 환자의 마비측과 비마비측의 건강상태와 영양 상태를 나타내는 지표로 사용이 가능할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] J. Adamson, A. Beswick, and S. Ebrahim, "Is stroke the most common cause of disability," *J Stroke Cerebrovasc Dis*, Vol.3, pp.171-177, 2004.
- [2] K. L. Reed, *Quick Reference to occupational therapy*, Aspen Publishers Inc, 1991.
- [3] F. R. Horak, "Clinical assessment of balance disorders," *Gait & posture*, Vol.6, pp.79-84, 1997.
- [4] H. S. Kwak, L. Mercier, T. Audet, and R. Hébert, "Impact of motor, cognitive, and perceptual disorders on ability to perform activities of daily living after stroke," *Stroke*, Vol.32, pp.2602-2608, 2001.
- [5] G. Kwakkel and B. Kollen, "Predicting improvement in the upper paretic limb after stroke: a longitudinal prospective study," *Restor Neurol Neurosci*, Vol.25, pp.453-460, 2007.
- [6] K. H. Cho and W. H. Lee, "Effects of inpatient rehabilitation on functional recovery of stroke patients: a comparison of chronic stroke patients with and without cognitive impairment," *J Phys Ther Sci*, Vol.24, pp.245-248, 2012.
- [7] A. Thomasset, "Bio-electrical properties of tissue impedance measurements," *Lyon Med*, Vol.207, pp.17-18, 1962.
- [8] H. C. Lukaski, "Methods for the assessment of human body composition: traditional and new," *The American journal of clinical nutrition*, Vol.46, pp.537-556, 1987.
- [9] H. C. Lukaski, "Biological indices considered in the derivation of the bioelectrical impedance analysis," *Am J Clin Nutr*, Vol.64, pp.397-404, 1996.
- [10] K. Norman, N. Strobaus, and M. Pirlich, "Bioelectrical phase angle and impedance vectoranalysis-clinical relevance and applicability of impedance parameters," *Clin Nutr*, Vol.31, pp.854-861, 2012.
- [11] K. Hachisuka, Y. Umezu, and H. Ogata, "Disuse muscle atrophy of lower limbs in hemiplegic patients," *Arch Phys Med Rehabil*, Vol.78, pp.13-18, 1997.
- [12] W. C. Chumea and S. S. Guo, "Bioelectrical impedance and body composition: present status and future direction," *Human Biology*, Vol.52, pp.221-234, 1999.
- [13] Y. C. Cho, M. S. Kim, and J. O. Yoon, "A study on the electrical difference for the limbs and thoracic impedance using real-time bio-impedance measurement system," *J Korea Industry Inf Syst Res*, Vol.18, pp.9-16, 2013.

- [14] National Institutes of Health, "Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference statement," *Am J Clin Nutr*, Vol.64, pp.524-532, 2006.
- [15] A. Aandstad, K. Holtberget, R. Hageberg, I. Holme, and A. Anderssen, "Validity and Reliability of Bioelectrical Impedance Analysis and Skinfold Thickness in Predicting Body Fat in Military Personnel," *Military Medicine*, Vol.179, pp.208-217, 2014.
- [16] R. E. Kelley and A. P. Borazanci, "Stroke rehabilitation," *Neurol Res*, Vol.31, pp.832-840, 2009.
- [17] D. Gupta, C. A. Lammersfeld, P. G. Vashi, J. King, S. L. Dahlk, J. F. Grutsch, and C. G. Lis, "Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic indicator in breast cancer," *BMC Cancer*, Vol.8, pp.249-256, 2008.
- [18] L. Nescolarde, J. Yanguas, H. Lukaski, X. Alomar, J. Rosell-Ferrer, and G. Rodas, "Localized bioimpedance to assess muscle injury," *Physiol. Meas*, Vol.34, pp.237-245, 2013.
- [19] K. Yamashita, H. Morita, and T. Kojima, "Assessment of muscle mass using segmental bioelectric impedance: analysis of hemiplegic stroke patients," *Rigakuryoho kagaku*, Vol.23, pp.105-109, 2008.
- [20] T. Fujita, M. Iwata, M. Fukuda, and M. Ikeda, "Relationship between Lower Extremity Muscle Mass, Leg Extension Strength and Muscle Power of Hemiplegic Stroke Patients," *J Phys Ther Sci*, Vol.23, pp.277-282, 2011.

저 자 소 개

유 찬 욱(Chan-Uk Yoo)

정회원



- 2008년 2월 : 연세대학교 인간공학치료학과(인간공학치료학 석사)
- 2016년 2월 : 인제대학교 재활학과 작업치료전공(이학박사)
- 2010년 9월 ~ 현재 : 한려대학교 작업치료학과 교수

<관심분야> : 바이오임피던스분석, 인지재활치료

박 주 형(Ju-Hyung Park)

정회원



- 2010년 2월 : 인제대학교 작업치료학과(작업치료학 석사)
- 2016년 2월 : 인제대학교 재활학과 작업치료전공(이학박사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 청주대학교 작업치료학과 교수

<관심분야> : 노인작업치료, 신경계작업치료