

근전도를 활용한 뇌졸중 환자의 상지 운동 및 기능 평가에 관한 고찰

이지연*, 이경아*, 정재휴**, 박지혁***

*연세대학교 일반대학원 작업치료학과 석사과정 학생

**경기의료원 안성병원 작업치료사

***연세대학교 소프트웨어디지털헬스케어융합대학 작업치료학과 교수

국문초록

목적 : 최근 3년간 국내 및 국외 학회지에 게재된 뇌졸중 편마비 환자의 상지 운동 또는 기능 평가에 근전도가 사용된 연구에 대해 알아보았다.

연구방법 : 뇌졸중 환자의 상지 운동 또는 기능 평가에 근전도가 사용된 연구를 검토하기 위해 데이터베이스 PubMed, EMBASE, Scopus, RISS, KISS를 사용하여 문헌을 검색하였다. 검색어는 ('stroke' OR 'hemiplegia') AND ('EMG' OR 'electromyography' OR 'electromyogram' OR 'muscle activity') AND ('Upper limb' OR 'Hand') 또는 (뇌졸중 OR 편마비) AND (근전도 OR 근활성도) AND (상지 OR 상지기능 OR 손)을 사용하였다. 검색 기간은 2018년 1월 1일부터 2021년 12월 31일로 설정하였다.

결과 : 최종적으로 15편의 연구가 도출되었으며, 뇌졸중 편마비 환자를 근전도를 사용해 평가할 때 근활성도를 평가하는 연구가 가장 많았으며, 일상생활과 밀접한 과제를 수행하는 증재, 보조도구를 사용한 증재, 단순 동작의 반복을 제공하는 증재 등이 가장 빈번하게 사용되었다.

결론 : 근전도 검사를 사용해 상지기능을 평가할 때, 연구 목적에 따라 함께 사용할 수 있는 평가도구를 제시하고, 평가 시 근전도 검사를 활용할 수 있는 증재를 설정하는 근거를 제공한다는 의의가 있다.

주제어 : 고찰, 근전도, 뇌졸중, 상지, 평가

I. 서론

뇌졸중이란 뇌의 혈액 공급이 중단되거나 뇌 조직으

로 출혈이 발생하여 뇌의 일시적 또는 영구적 기능의 소실을 야기하며, 주로 운동신경과 감각신경을 지배하는 뇌의 기능이 상실되는 뇌혈관 질환을 의미한다(Seo

et al., 2019). 뇌혈관 질환은 1990년대부터 2020년까지 사망 원인 5위 이내로 보고되고 있다(Statistics Korea, 2020). 15~20%는 사망하고, 약 10%는 이전과 같이 회복되고, 70~75%는 뇌의 침범 영역에 따라 비가역적 신체 기능 장애를 갖게 된다(Kim, 2005). 뇌졸중 발병 후 기능 회복은 만성기 이후 호전이 어려운 경우가 많아 영구적 장애를 가진다(Park et al., 2020).

뇌졸중 발병 이후 후유증으로 85% 이상이 편마비를 경험하며, 마비측 운동 기능 소실, 운동 협응 저하 등 마비측 사지 운동 능력이 현저히 저하된다(Luke et al., 2004). 이때, 상지기능의 손상은 가장 흔한 뇌졸중 후유증 중 하나이며 일상생활을 수행을 저해하고, 사회 복귀에 제한 원인이 된다(Feldner, 2021). 따라서 상지 기능의 회복을 위해 뇌졸중 후 편마비 환자의 집중적인 재활이 필수적이다(Seo et al., 2019). 이러한 이유로 양측성 상지 훈련의 효과성 연구, 과제 지향훈련의 효과성 연구, 가상현실 기반 중재의 효과성 연구 등 편마비 환자의 상지 기능 향상을 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다(Joo et al., 2016; Hwang et al., 2020; Kim & Park, 2017).

상지 기능 향상 정도를 측정하기 위해서는 정확한 측정 도구가 필요하다. 따라서 임상적으로 신뢰할 수 있는 평가를 위해 다양한 측정 도구와 기술이 사용되고 있다. 도수근력검사(Manual Muscle Test: MMT)는 재활 전후 근력 평가로 흔히 사용되는 도구이나, 평가자의 임상적인 판단에 의거해 등급을 부여해 측정 오차가 발생할 수 있고, 저항을 주는 각도에 따라 근력이 다르게 평가될 수 있으므로 다른 도구와 함께 사용되어야 한다(Naqvi & Sherman, 2021). 악력계는 손의 악력을 측정할 때 사용되는 대표적인 도구로 비침습적이고, 측정이 용이하다는 장점이 있으나, 쥐기 자세를 만들기 어려운 대상자에게는 적용하기 어렵다는 단점이 있다(Kawamoto et al., 2016; Mainous III et al., 2015).

재활분야에서 운동 기능을 분석, 평가 및 운동 기능 향상을 위한 중재에 자주 사용되는 도구 중 하나로 근전도 검사(Electromyography: EMG)가 있다. 근전도 검사

는 근전도 기기의 침전극이나 표면 전극을 통해 근골격근과 말초신경에서 발생하는 미세한 운동 단위의 전기 신호 양상을 감지해 전기적 파장을 분석하여 질병을 진단하는 도구이다(Paik, 2001). 신체가 마비된 경우 근력을 사용할 수 없으나 근활성도는 비교적 보존된 경우 근력 평가 결과를 보완 또는 대체할 수 있는 근전도 검사를 사용하고 있다(Bhagat, 2016).

근전도 검사는 비침습적이고, 기기 자체의 자극이 없어 비교적 안전하며, 근육 활성도에 인하여 발생하는 전기 신호로 움직임의 의도를 직접적으로 제공할 수 있어 신경근 골격계 병변 진단 시, 기본적 검사로 활용되고 있다(Oh, 2018; Jo et al., 2021). 근전도 검사가 상지 움직임에 제한이 있는 뇌졸중 대상자에게 유용하게 사용된다. 뇌졸중 후 중증 장애를 지니 움직임이 제한된 대상자에게 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-computer interface: BCI)를 이용하여 뇌파를 분석하는데, 이 기기는 준비 시간 길고, 부피가 크며, 장치 착용 시간이 오래 걸린다(Ramos-Murguialday, 2019). 그렇기 때문에 Ramos-Murguialday (2019)의 선행 연구에서는 BCI 대신 EMG를 이용해 손과 손목 등 움직임의 의도를 감지하여 움직임이 거의 없는 개인에게서 로봇 재활을 용이하게 하였다.

이처럼 근전도 검사가 상지 근활성도 검사 및 중재에 사용되고 있지만, 아직 뇌졸중 환자의 상지기능을 평가하기 위해 근전도 검사를 사용한 연구를 고찰한 연구는 미비한 실정이다. 뇌졸중 환자의 상지기능 근전도 측정을 사용한 다양한 연구가 이루어지는 현시점에서 근전도 측정에 관한 종합적인 분석이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 최근 3년간 국내 및 국외 학회지에 게재된 뇌졸중 편마비 환자의 상지 운동 또는 기능 평가에 근전도가 사용된 연구에 대하여 알아보고 근전도 측정을 위해 제공된 운동 및 중재, 표적 근육, 수치 분석 등을 제시함으로써 더욱 효과적인 측정 방향을 제안하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 문헌검색전략

뇌졸중 환자의 상지 운동 또는 기능 평가에 근전도가 사용된 연구를 검토하기 위해 데이터베이스 PubMed, EMBASE, Scopus, RISS, KISS를 사용하여 문헌을 검색하였다. 검색어는 ('stroke' OR 'hemiplegia') AND ('EMG' OR 'electromyography' OR 'electromyogram' OR 'muscle activity') AND ('Upper limb' OR 'Hand') 또는 (뇌졸중 OR 편마비) AND (근전도 OR 근활성도) AND (상지 OR 상지기능 OR 손)을 사용하였다. 검색 기간은 2018년 1월 1일부터 2021년 12월 31일로 설정하였다.

2. 문헌 선택 과정

문헌 선택을 위해 각 데이터베이스에서 검색된 문헌의 중복을 제거한 후, 포함·배제 기준에 따라 제목 및 초록을 검토한 후, 전문 검토를 진행하였다.

1) 포함 기준

- (1) 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구
- (2) 실험 연구
- (3) 상지 운동 또는 기능 평가에 근전도를 사용한 연구
- (4) 원문이 영어 혹은 한글인 연구

2) 배제 기준

- (1) 18세 미만을 대상으로 한 연구
- (2) 상지 운동 또는 기능 평가에 근전도가 사용되지 않은 연구
- (3) 고찰 및 메타분석 연구
- (4) 학위논문, 포스터 회의록
- (5) 전문을 볼 수 없는 연구

III. 연구 결과

1. 분석 대상 논문 도출

문헌검색전략에 따라 검색된 997편의 문헌 중 306편의 중복 문헌을 제거하였다. 제목 및 초록을 검토하여 배제 기준에 해당하는 648편의 문헌을 제거하였다. 이후 전문 검토를 통해 최종 15편의 문헌을 도출하였다 (Figure 1).

2. 임상적 특성

선정된 15개 연구의 임상적 특성은 다음과 같다 (Table 1). 연구 대상자 수는 1명에서 43명으로 범위가 다양했으며, 15개 연구 중 만성 뇌졸중 환자만을 대상으로 한 연구가 11편(73.33%)으로 가장 큰 비율을 차지했다. 연구 대상자는 18세에서 79.3세로, 다양한 연령대에서 뇌졸중 환자의 상지 운동 또는 기능 평가에 근전도가 사용되는 것을 확인하였다. 또한 실험 설계를 살펴 보았을 때, 무작위 배정 실험 연구가 9개로 가장 빈번하게 진행되는 연구 설계임을 확인할 수 있었다.

3. 근전도 평가

각 연구에서 근전도 평가를 사용한 목적, 측정 방법 등은 다음과 같다(Table 2).

1) 측정 목적

선정된 15개 연구에서는 상지기능의 근활성도를 측정하기 위해 근전도 평가를 사용하였다. Qian 등(2019)의 연구에서는 근활성도와 함께 근육 협응 패턴을 측정하였다. Shahar 등(2019)의 연구에서는 근활성도와 근 피로도를 측정하였다.

2) 측정 방법

das Neves 등(2020)의 연구에서는 위팔두갈래근 경

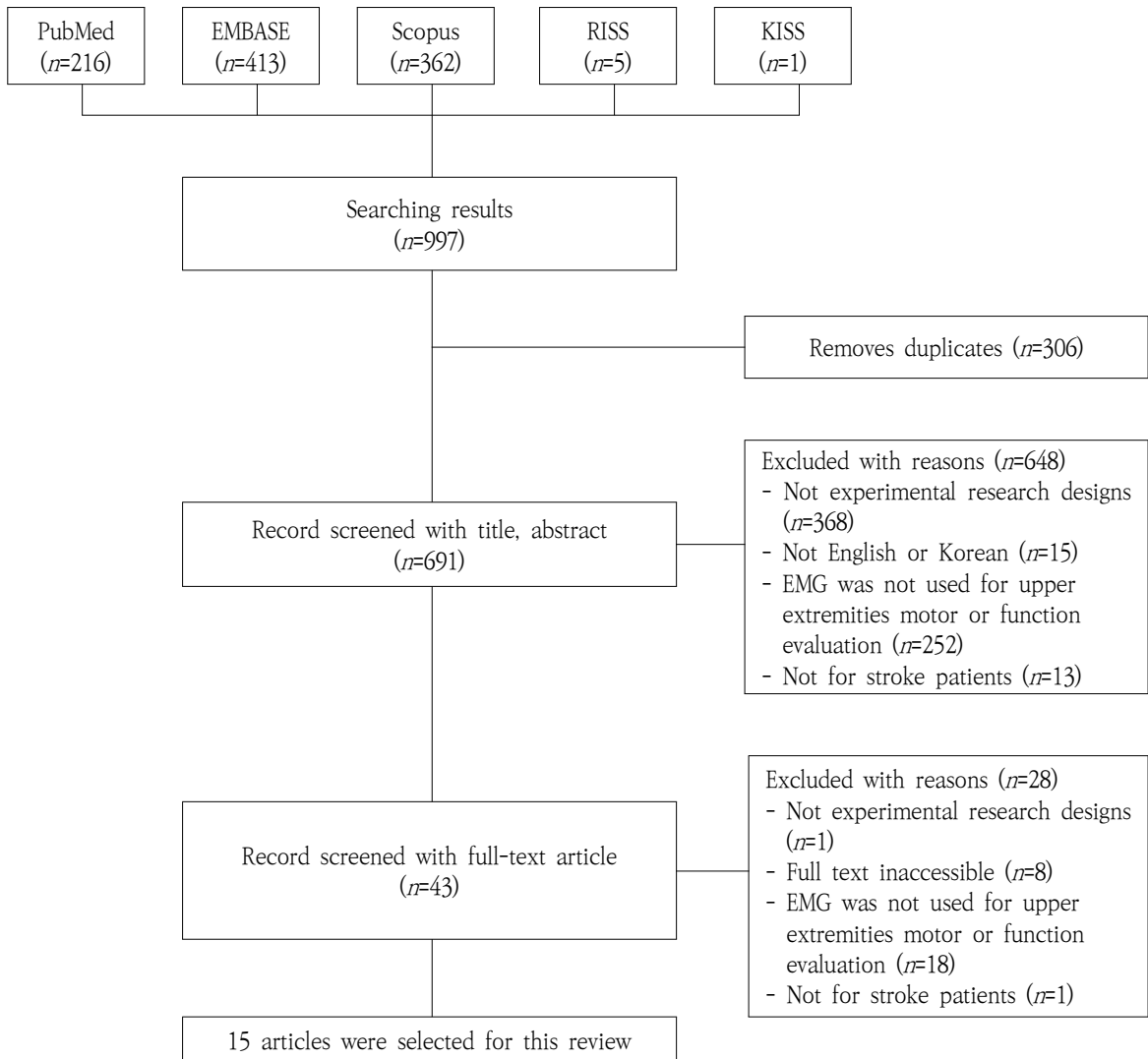


Figure 1. Flow Diagram for Search Process

직(Spasticity) 증재의 효과를 분석하기 위해 근활성도를 측정하였다. 근전도 전극은 위팔두갈래근에 부착하였다. 기준전극(Reference electrode)은 자뼈의 붓돌기에 부착하였다. 신호를 수집하기 위해 등속성 동력계(Isokinetic dynamometer)에서 위팔두갈래근의 최대 자발적 수축(Maximum voluntary contraction: MVC)을 60초간 수행하였다. 실효치(Root Mean Square: RMS)가 분석에 사용되었다.

Gandolfi 등(2019)과 Hsu 등(2019)의 연구에서는 만성 뇌졸중 환자에게 로봇 보조 상지 훈련이 미치는 효과

를 분석하기 위해 근활성도를 측정하였다. Gandolfi 등(2019)의 연구는 보툴리눔 독소 치료를 받는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 하였다. 전극은 deltoid scapular, deltoid clavicular, pectoralis major-clavicular head, 위팔세갈래근, 위팔두갈래근에 부착하였다. 대상자는 손바닥을 허벅지의 먼 쪽 부분에 두고 앉은 자세에서 허벅지에서 입으로 손바닥을 가져가는 동작을 반복했다. 휴식 30초 동안과 과제를 하는 5초 동안의 근활성도를 측정하였다. 대상자는 과제 수행 동안 최대 자발적 수축(Maximal voluntary isometric contraction: MVIC)

Table 1. Clinical Characteristics of Included Trials

No.	Study	Design	<i>n</i>		Subjects	Age (<i>M±SD</i>) (year)	
			Exp.	Con.		Exp.	Con.
1	Lirio-Romero et al. (2021)	RCT	19	19	Acute stroke MAS : Lower than 3 Minimum active GH abd. of 20°	35~48	36~50
2	Ogul et al. (2021)	Experimental study		1	Chronic stroke Any limited ROM and spasticity		18
3	das Neves et al. (2020)	Double-blinded placebo-controlled clinical trial	15	12	Chronic stroke MAS : 0~2 of spasticity in BB	59.9±12	58.6±9
4	Gámez et al. (2019)	RCT	20	20	Acute stroke MAS : 1 or 1+ Significant limitation in the Ext. of the hand without spasticity	78±2	79±3
5	Hwang et al. (2020)	RCT	16	15	Stroke Medical Research Council Indicator : more than 2 in wrist fl./ext. or forearm pron./sup.	54.13±11.34	51.60±9.94
6	Kim et al. (2020)	RCT	10	10	Chronic stroke BS : more than 3 in shoulder and hand	57.3±9.01	61.7±7.41
7	Yang & Song. (2020)	RCT	15	15	Chronic stroke FMA-UE : 48~57 in sensorimotor Able to actively ext. wrist Able to ext. thumb and more than 2 fingers	45.66±6.57	45.06±5.41
8	Gandolfi et al. (2019)	RCT	16	16	Chronic stroke MAS : 1+ to 3 in shoulder and elbow	59.31±14.40	59.31±14.97
9	Hsu et al. (2019)	RCT	22	21	Chronic stroke FMA-UE : 23~53 in motor	53.3±13.1	52.6±12.5
10	Ramos-Murguialday et al. (2019)	RCT	16	12	Chronic stroke No active finger ext.	49.3±12.5	49.3±12.5
11	Shahar et al. (2019)	A cross-sectional intra-subject study design	10	10	Sub-acute stroke NIHSS : 3~15	57.0-71.5 years	
12	Subramaniam et al. (2019)	experimental study	13	13	Chronic stroke	62.75±6.12	63.82±6.34
13	Qian et al. (2019)	RCT	15	15	Chronic stroke FMA-UE : 15~45 with maximal score of 66 in motor MAS : 0~3	57.3±8.87	57.7±5.93
14	Park & Lee. (2018)	Experimental study		16	Chronic stroke FMA-UE : less than 46	21~60 years	
15	Vinstrup et al. (2018)	Cross-sectional		18	Chronic stroke	56.8±7.6	

Abd.=Abduction; BB=Biceps brachii; BS=Brunnstrom stage; Con.=Control group; Exp.=Experimental group; Ext.=Extension; Fl.=Flexion; FMA-UE=Fugl-Meyer Assessment for Upper Extremity; GH=Glenohumeral; M±SD=Mean±Standard deviation; MAS=Modified Ashworth scale; NIHSS=National Institutes of Health Stroke Scale; Pron.=Pronation; RCT=Randomized Controlled Trial; Sup.=Supination

Table 2. Electromyography Evaluation of Included Trials

Study	Measurement method	Intervention	Target muscle	Analysis method	Results
Lirio-Romero et al. (2021)	<ul style="list-style-type: none"> Use amplitude signal value 	<ul style="list-style-type: none"> Perform three isotonic contractions and three maximal isometric contractions Re-learning scapulothoracic control during arm-reaching tasks involving shoulder abduction with sEMG-BFB 	MD, UT	<ul style="list-style-type: none"> Sampling rate: 1000Hz Amplified: $\times 1000$ Band pass filtered: 10-500 Hz, 8th Bessel filter 	<ul style="list-style-type: none"> Statistical differences between groups using Amplitude signal data : when A1 vs A0 were compared for all types of contractions of the UT ($p<.01$), isometric contraction of the MD ($p=.03$) Electrical activity in the MD increased in both groups In comparing A2 and A0, mean differences between the groups showed significant improvements in favour of the sEMG-BFB group only for concentric ($p<.01$) and eccentric contractions ($p<.01$) of the UT
Ogul et al. (2021)	<ul style="list-style-type: none"> Perform a grasping Cup: Cup test Use average EMG amplitude, average force, and the rate of force development 	<ul style="list-style-type: none"> Robot-assisted training by using HOH 	FDS	<ul style="list-style-type: none"> Bandpass filtered at 20-460Hz Force signal was detected by load cells Amplified Bandpass filtered: 5-100Hz. 	<ul style="list-style-type: none"> The average EMG measured from FDS increased from 0.093-0.133 mV
das Neves et al. (2020)	<ul style="list-style-type: none"> Perform maximum voluntary contraction of BB Use RMS 	<ul style="list-style-type: none"> PBMT Functional tasks simulated in a virtual learning environment on a computer screen 	BB	<ul style="list-style-type: none"> Sampling rate: 2000Hz Consisting of the band pass, fourth-order Butterworth filter, adjusted for corner frequency 1 and 2 Hz in 20 Hz and 400 Hz, respectively 	<ul style="list-style-type: none"> RMS values increased after PBMT+exoskeleton ($p=.0178$)
Gómez et al. (2019)	<ul style="list-style-type: none"> Perform isometric contraction of hand extensor Use %MVIC 	<ul style="list-style-type: none"> Upper limbs with a conventional sEMG programme, and an auto-induced (biofeedback) stimulation EMG, 15-minute 	Extensor muscles of the hand	<ul style="list-style-type: none"> Neurotrans Myoplus 2 Pro System Accuracy of the EMG signals: 0.1 uV 	<ul style="list-style-type: none"> EG showed a higher increase in the average EMG activity of the extensor muscle of the hand than CG ($p<.001$)
Hwang et al. (2020)	<ul style="list-style-type: none"> Perform the contraction posture of the FDS, BR, DM Use the %RVC 	<ul style="list-style-type: none"> Virtual reality-based upper limb rehabilitation using smart gloves 	FDS, BR, DM	<ul style="list-style-type: none"> Sampling frequency: 1,024Hz Band pass filter: 10-400Hz Notch filter: 60Hz 	<ul style="list-style-type: none"> EG : improvement in the average between pre-intervention and post-intervention Statistically significant difference in the BR ($p<.05$)
Kim et al. (2020)	<ul style="list-style-type: none"> Perform finger flexion, finger extension, reaching Use the %RVC 	<ul style="list-style-type: none"> Peripheral nerve sensory stimulation and task-oriented training 	ECR, FCR, AD	<ul style="list-style-type: none"> Sampling rate: 1000Hz Band pass filter: 10-500Hz Notch filter: 60 Hz 	<ul style="list-style-type: none"> EG : Muscle activity of ECR ($p=.041$) and FCR ($p=.008$) were significantly higher
Yang & Song. (2020)	<ul style="list-style-type: none"> Perform reaching arm Use the %RVC 	<ul style="list-style-type: none"> Bilateral activities intensive training on muscle activity, upper extremity function Tasks from AMPS 	AD, BB, TB, ECRL	<ul style="list-style-type: none"> Input Impedance: 10-12ohm Common Mode Regulation Ratio (CMRR): 90d (at 20Hz) 	<ul style="list-style-type: none"> EG : statistically significant difference in every muscles CG : Statistically significant difference in BB, TB, ECRL
Gandolfi et al. (2019)	<ul style="list-style-type: none"> Perform MVIC of hand-to-mouth task Use RMS 	<ul style="list-style-type: none"> Robot-assisted UL training and BoNT treatment 	DS, DC, PM, TB, BB	<ul style="list-style-type: none"> Bandpass filtered: 20-450Hz Smoothed using a 20-ms root mean square (RMS) algorithm 	<ul style="list-style-type: none"> Muscular activity showed a different enhancement of the BB activation after the robot-assisted training

AD=Anterior Deltoid; AMPS=Assignment of motor and process skill; BB=Biceps Brachii; BoNT=Botulinum toxin; BR=Brachioradialis; CG=Control group; CI=Co-contraction Index; DC=Deltoid Clavicular; DM=Deltoid Muscle; DS=Deltoid Scapular; ECR=Extensor Carpi Radialis; ECRL=Extensor Carpi Radialis Longus; ECU=Extensor Carpi Ulnaris; ED=Extensor Digitorum; EG=Experimental group; FC=Flexor Carpi; FCR=Flexor Carpi Radialis; FD=Flexor Digitorum; FDS=Flexor Digitorum Superficialis; HOH=Hand of Hope; Inf=Infraspinatus; MD=Middle Deltoid; MUAP=Motor Unit Action Potential; NMES=Neuromuscular electrical stimulation; nEMG=normalized to the maximal obtained EMG; PBMT=Photobiomodulation Therapy; PD=Posterior Deltoid; PL=Palmaris Longus; PM=Pectoralis Major; RAT=Robot-Assisted Training; RMS=Root Mean Square; RTBP=Robotic-assisted therapy with bilateral practice; RWF=Radial Wrist Flexor; SA=Serratus Anterior; sEMG-BFB=Surface Electromyographic Biofeedback; Sup=Supraspinatus; TB=Triceps Brachii; TST=Task-Specific Training; UL=Upper limb; UMF=Ulnar Wrist Flexor; UT=Upper Trapezius; %MVIC=% of the maximum voluntary isometric contraction; %RVC=% Reference Voluntary Contraction

Table 2. Electromyography Evaluation of Included Trials

(continued)

Study	Measurement method	Intervention	Target muscle	Analysis method	Results
Hsu et al. (2019)	<ul style="list-style-type: none"> Use RMS of MUAP for the detected muscles during MVC 	<ul style="list-style-type: none"> Usual care: 10-minute, sensorimotor stimulation session RTBP program: 40-minute program for the wrist and forearm Perform isometric maximum voluntary contraction of shoulder flexion, wrist extension and wrist flexion in randomized order 	AD, FCR, ECR	<ul style="list-style-type: none"> Amplified with a gain of 20 Sample frequency: 1000Hz Bandpass filtered: 10-400Hz 	<ul style="list-style-type: none"> EG demonstrated better outcomes in sEMG of wrist extensor ($p=.043$) following treatment and in sEMG of wrist extensor ($p=.017$) at follow-up compared to CG
Ramos-Murguialday et al. (2019)	<ul style="list-style-type: none"> Perform shoulder flexion, shoulder abduction, elbow extension, supination, wrist extension, and finger extension Use waveform length 	<ul style="list-style-type: none"> BMI training: voluntary desynchronization of ipsilesional EEG-sensorimotor rhythms triggering paretic upper-limb movements via robotic orthoses Physiotherapy Home-based training program after intervention 	ECU, ED, FCR, PL, FC, BB, TB, AD, PD	-	<ul style="list-style-type: none"> No significant difference between experimental and Sham groups in EMG waveform length delta (after-before difference) from Post 2 and Pre ($p=.33$) or Post 2 and Post 1 ($p=.89$) sessions
Shahar et al. (2019)	<ul style="list-style-type: none"> Perform RAT and TST Use RMS and frequency 	<ul style="list-style-type: none"> Subject received two 30-min RAT TST: conventional, repetitive, task-oriented training of the affected arm 	AD, MD, UT, TB, BB, SA	<ul style="list-style-type: none"> Frequency: 1500 Hz Filtering: 20-500 Hz (6th order Butterworth filter) 	<ul style="list-style-type: none"> During TST, the AD ($p=.001$), UT ($p=.002$) and Biceps ($p=.009$) were more active, while during the RAT, the Triceps ($p=.03$) was more active
Subramaniam et al. (2019)	<ul style="list-style-type: none"> Perform shoulder flexion, shoulder abduction Use reaction time, burst duration, movement time, and movement initiation time 	<ul style="list-style-type: none"> Reaching performance 	AD, MD	<ul style="list-style-type: none"> Sampled: 2000 Hz Band-pass filtered over a bandwidth of 20-450 Hz Rejection ratio: > 80 dB Smoothed: fourth order low-pass Butterworth filter with a cut-off frequency of 80 Hz 	<ul style="list-style-type: none"> Individuals with chronic stroke demonstrated significantly reduced performance outcomes and performance production ability for both flexion- and abduction-reaching movements ($p<.05$)
Qian et al. (2019)	<ul style="list-style-type: none"> Perform horizontal arm reaching, hand grasping, hand opening, and arm withdrawing tasks Use EMG parameters (EMG activation level and CI) 	<ul style="list-style-type: none"> Repetitive task-oriented motion practice assisted by the EMG-driven NMES-robots Motion tasks according to a visual cue on the screen for a total of 60 min 	BB, FCR, ECR, TB, ED, FD	<ul style="list-style-type: none"> Amplified with a gain of 1000 Band-pass filtered from 10 to 500 Hz Sampled with 1000 Hz for digitization 	<ul style="list-style-type: none"> Significant decrease of EMG activation levels ($p<.05$) of UE flexors was observed in both groups Significant decrease in CI values ($p<.05$) was observed in both groups in the muscle pairs of BB, TB, FCR, FD and TRI The EMG activation levels of the hand group exhibited faster reductions across the training sessions than the sleeve group ($p<.05$)
Park & Lee. (2018)	<ul style="list-style-type: none"> Perform wrist extension Use the muscle activity values of the flexor and extensor muscles 	<ul style="list-style-type: none"> Wrist extension 	Forearm extensor bundle, Forearm flexor bundle	<ul style="list-style-type: none"> Sampling rate: 1500 Hz High-pass filter: 10Hz Low-pass filter: 450Hz Band-stop filter: 60Hz 	<ul style="list-style-type: none"> Activity values of the flexor and extensor muscles: there was no significant difference between affected side only and both hands ($p>.05$)
Vinstrup et al. (2018)	<ul style="list-style-type: none"> Perform repetitions of finger flexion and extension Use nEMG 	<ul style="list-style-type: none"> Perform repetitions of finger flexion and extension, using 3 different elastic resistance levels 	FDS, ED	<ul style="list-style-type: none"> Sampling rate: 1500 Hz (with a bandwidth of 10-500 Hz to avoid aliasing) Common mode rejection ratio: >100 dB 	<ul style="list-style-type: none"> For the paretic hand, muscle activity was higher during finger flexion exercise than during finger extension exercise for both ED and FDS

AD=Anterior Deltoid; AMPS=Assignment of motor and process skill; BB=Biceps Brachii; BoNT=Botulinum toxin; BR=Brachioradialis; CG=Control group; CI=Co-contraction Index; DC=Deltoid Clavicular; DM=Deltoid Muscle; DS=Deltoid Scapular; ECR=Extensor Carpi Radialis; ECRL=Extensor Carpi Radialis Loungus; ECU=Extensor Carpi Ulnaris; ED=Extensor Digitorum; EG=Experimental group; FC=Flexor Carpi; FCR=Flexor Carpi Radialis; FD=Flexor Digitorum; FDS=Flexor Digitorum Superficialis; HOH=Hand of Hope; Inf=Infraspinatus; MD=Middle Deltoid; MUAP=Motor Unit Action Potential; NMES=Neuromuscular electrical stimulation; nEMG=normalized to the maximal obtained EMG; PBMT=Photobiomodulation Therapy; PD=Posterior Deltoid; PL=Palmaris Longus; PM=Pectoralis Major; RAT=Robot-Assisted Training; RMS=Root Mean Square; RTBP=Robotic-assisted therapy with bilateral practice; RWF=Radial Wrist Flexor; SA=Serratus Anterior; sEMG-BFB=Surface Electromyographic Biofeedback; Sup=Supraspinatus; TB=Triceps Brachii; TST=Task-Specific Training; UL=Upper limb; UMF=Ulnar Wrist Flexor; UT=Upper Trapezius; %MVIC=% of the maximum voluntary isometric contraction; %RVC=% Reference Voluntary Contraction

을 하도록 요청받았다. Hsu 등(2019)의 연구에서는 양측 로봇 보조 훈련을 시행했으며, 전극은 앞어깨세모근, 노쪽손목굽힘근, 긴노쪽손목편근에 부착하였다. 신호를 수집하기 위해 10초 동안 무작위의 순서로 어깨 굽힘, 손목 펴, 손목 굽힘을 최대 자발적 수축으로 수행하였다. 최대 자발적 수축 동안 감지된 근육의 운동단위 활동전위(Motor unit action potential: MUAP)의 실효치를 사용하였다.

Gómez 등(2019)과 Lirio-Romero 등(2021)의 연구에서는 표면근전도 바이오피드백(Surface electromyography-biofeedback: sEMG-B)이 뇌졸중 환자에게 미치는 효과를 분석하기 위해 근활성도를 측정하였다. Gómez 등(2019)의 연구에서는 편마비 뇌졸중 환자를 대상으로 하였다. 전극은 손의 펴 근육에 부착하였으며, 등척성 수축 활동을 통해 신호를 수집하였다. 등척성 수축 활동은 휴대용 디지털 동력계(Hand-held digital dynamometer)를 통해 측정되었다. 분석을 위해 최대 자발적 수축(% of the maximum voluntary isometric contraction: %MVIC)의 %가 사용되었다. Lirio-Romero 등(2021)의 연구에서는 아급성 뇌졸중 환자를 대상으로 하였으며, 전극은 중간어깨세모근, 위등세모근에 부착하였다. 신호를 수집하기 위해 휴대용 동력계를 사용하여 3번의 등장성 수축과 3번의 최대 등척성 수축을 수행하였다. 진폭 신호 값이 분석에 사용되었다.

Hwang 등(2020)의 연구에서는 가상현실 기반 상지 재활훈련의 효과를 분석하기 위해 근활성도를 측정하였다. 얇은 손가락 굽힘근, 위팔노근, 위어깨세모근에 전극을 부착하였다. 접지전극(Ground electrode)은 자뼈의 붓돌기에 부착하였다. 기준 수축을 측정하기 위해 대상자는 앉은 자세에서 팔을 편안하게 둔 후 5초간 각 근육의 수축 자세(물컵 쥐기, 아래팔 중립 자세에서 굽힘, 팔 앞으로 뻗어 위팔 90도 만들기)를 유지하였다. 특정 동작을 측정하기 위해 무게가 있는 컵을 잡고 입으로 가져가 마시는 동작을 한 후 팔을 앞으로 뻗어 책상 위에 두는 동작을 수행하였다. 근육별 근전도 신호

를 5초간 측정 후 원시 데이터(Raw data)를 실효치로 변환하고 자발적 기준 수축백분율(% Reference voluntary contraction: %RVC)로 사용하였다.

Kim 등(2020)의 연구에서는 상지기능 개선을 위한 말초감각신경자극과 과제 지향적 훈련의 동시 적용 효과를 분석하기 위해 근활성도를 측정하였다. 긴노쪽손목편근, 노쪽손목굽힘근, 앞어깨세모근에 전극을 부착하였다. 근전도 신호를 수집하기 위해 대상자는 편안하게 앉은 자세 15초, 손가락 굽힘과 펴, 팔 뻗기 활동 10초를 수행하였다. 3번 반복하여 신호를 측정 후 평균값을 계산하여 자발적 기준 수축백분율(% Reference voluntary contraction: %RVC)로 정규화하였다.

Ogul 등(2021)의 연구에서는 근전도 구동 로봇 치료(Electromyography-driven robotic treatment)가 만성 뇌졸중 환자의 손 회복에 미치는 효과를 조사하고자 근활성도를 측정했다. 전극은 얇은손가락굽힘근에 부착하였다. 대상자는 4초 동안 컵을 쥐도록 요청받았으며, 컵을 쥐는 힘과 근전도 신호가 측정되었다. 분석에 평균 근전도 진폭, 평균 힘과 힘 발생 속도가 사용되었다. Qian 등(2019)의 연구에서는 근전도 구동 신경근 전기자극 로봇(Electromyography-driven neuromuscular electrical stimulation-robotic)을 사용한 관절 지지 전략의 효과를 분석하기 위해 근활성도와 근육 협응 패턴을 측정하였다. 전극은 위팔두갈래근, 노쪽손목굽힘근, 노쪽손목편근, 위팔세갈래근, 손가락편근, 손가락굽힘근에 부착하였다. 신호를 수집하기 위해서 대상자는 평행하게 팔 뻗기, 손 쥐기, 손 펴기와 팔 빼기 과제를 3회씩 반복 수행하였다. 근활성 수준과 근육 상호수축 지수는 분석을 위해 정규화되어 사용되었다.

Park과 Lee(2018)과 Yang과 Song(2020)의 연구에서는 양측성 운동의 효과를 분석하기 위해 근활성도를 측정하였다. Park 등(2018)의 연구에서는 근활성도를 측정하기 위해 전극을 손목편근 근육다발과 손목굽힘근 근육다발에 부착하였다. 신호를 수집하기 위해 손목

땀 동작을 실시하였다. 손목 땀을 실시하는 동안 활성화 되는 근활성도의 중앙 1초 동안의 값의 평균을 근활성도 값으로 사용하였다. 20번의 손목 땀 동작 중 중간 5번의 근활성도만을 측정하였다. Yang과 Song(2020)의 연구에서는 위앞어깨세모근, 위팔두갈래근, 위팔세갈래근, 긴노쪽손목땀근의 근육힘살(Muscle belly)부위에 근섬유방향과 평행하게 센서를 부착하여 신호를 측정하였다. 접지전극(Ground electrode)은 7번째 목뼈에 부착하였다. 근전도 신호를 수집하기 위해 앉은 자세에서 팔 뻗기를 실시하였다. 자발적 기준 수축백분율을 분석에 사용하였다. %RVC 값의 증가는 많은 활성도가 이루어졌다는 것을 의미한다.

Ramos-Murguialday 등(2019)의 연구에서는 뇌-기계 인터페이스(Brain-machine interfaces) 중재와 물리치료의 장기적 효과를 분석하기 위해 근활성도를 측정하였다. 전극은 자쪽손목땀근, 손가락땀근, 노쪽손목굽힘근, 긴손바닥근, 손목굽힘근, 위팔두갈래근, 위팔세갈래근, 앞어깨세모근, 뒤어깨세모근에 부착하였다. 신호를 수집하기 위해 대상자는 어깨 굽힘, 어깨 벌림, 팔꿈치 땀, 뒤침, 손목 땀과 손가락 땀을 수행하였다. 분석을 위해 waveform length가 사용되었다.

Shahar 등(2019)의 연구에서는 로봇 보조 훈련과 비교한 과제 특이적 훈련의 효과를 분석하기 위해 근활성도와 피로도를 측정하였다. 전극은 앞어깨세모근, 중간어깨세모근, 위등세모근, 위팔세갈래근, 위팔두갈래근, 앞땀근에 부착하였다. 신호를 수집하기 위해 각각의 훈련을 수행하였다. 근활성도 분석을 위해 처음 5분 동안의 실효치 평균과 마지막 5분 동안의 RMS 평균을 계산하였다. 근피로도 분석을 위해 처음 5분 동안의 중앙주파수와 마지막 5분 동안의 중앙주파수 차이를 계산하여 사용하였다.

Subramaniam 등(2019)의 연구에서는 뇌졸중 환자의 환측 상지의 기능적 팔 뻗기(Functional arm reaching)를 정상화하기 위해 근활성도를 측정하였다. 전극은 앞어깨세모근, 중간어깨세모근에 부착하였다. 신호를 수집하기 위해 어깨 굽힘과 벌림을 수행하였다.

분석을 위해 반응시간(Reaction time), 버스트 기간(Burst duration), 움직임 시간(Movement time), 움직임 시작 시간(Movement initiation time)을 사용하였다.

Vinstrup 등(2018)의 연구에서는 탄력저항을 이용한 손가락 운동이 뇌졸중 환자에게 미치는 영향을 분석하기 위해 근활성도를 측정하였다. 전극은 얇은손가락굽힘근, 손가락땀근에 부착하였다. 신호를 수집하기 위해서 3가지 탄력저항 수준(쉬움, 중간, 어려움)을 적용하여 손가락 굽힘과 땀 운동을 3회 반복하였다. 분석을 위해 정규화된 근전도 값을 사용하였다.

IV. 고찰

뇌졸중 환자 후 편마비 환자에게 상지 근육이 약화는 매우 흔하게 나타나며, 이로 인해 감각이나 운동 능력이 제한된다(Lee et al., 2018). 이는 일상생활활동에서의 어려움을 초래하여 독립적인 옷입기, 목욕하기, 식사하기 등 자기 관리능력을 저하한다(Kelley & Borazanci, 2009). 일상생활활동의 독립성을 위해 뇌졸중 후 편마비 환자를 대상으로 한 상지 기능 중재 연구는 활발하게 이루어지고 있다(Kim et al., 2015; Song, 2015; Wolf et al., 2016). 이때 뇌졸중 환자의 상지 근육에 대한 객관적 평가가 필수적이다. 근전도 검사를 이용하는 경우 근육의 활성 정도로 운동 기능을 분석할 수 있으므로 상지 기능 검사 시 근전도 검사가 많이 사용된다(das Neves et al., 2020; Gandolfi et al., 2019, Qian et al., 2019). 근전도 검사가 많이 사용되에도 불구하고 근전도 측정을 위한 중재, 표적 근육, 측정 시 자세 등과 이에 따른 결과를 분석한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 문헌 고찰을 통하여 근전도 검사를 통해 뇌졸중 환자의 상지 운동 또는 기능 평가를 적용한 연구를 알아보았다. 연구의 선정 기준에 따라 최근 3년 이내에 진행된 총 15편의 실험 연구가 선정되었다. 15편의 연구 중 13편의 연구에서 중재 제공 유무에 따른 유의미한 차이가 확인되었다. 반면 2편의 연구

에서는 통계적으로 유의미한 차이가 발견되지 않았는데, Park 과 Lee(2018)의 연구에서는 환측만 사용하여 손 운동을 진행하였을 때보다 양손을 사용하여 운동을 할 때 손목뾰 각도가 유의하게 증가하기는 했으나 손목 폼근과 손목 굽힘근의 근활성도에서 차이가 확인되지 않았다. 이는 단기간의 운동을 통해 측정했기 때문인 것으로 사료된다.

15편의 연구 중 만성 뇌졸중 환자만을 대상으로 한 연구가 11편으로 가장 많은 비율을 차지했다. 연구가 진행된 국가를 분석해본 결과 국내 4편, 국외 11편의 논문이 선정되었음을 알 수 있었다. 특히 국내를 제외하고, 스페인에서 2편으로 뇌졸중 환자의 상지 기능 연구가 가장 많이 이루어졌다(Gámez et al., 2020; Lirio-Romero et al., 2021). 각 연구의 대상자 수는 1명~43명으로 범위가 다양하였고, 30명 이상인 경우가 50% 이상이었다. 근전도 측정이 진행되는 상지의 표적 근육과 관련하여 3편의 연구를 제외한 모든 연구에서 2개 이상의 표적 근육을 설정한 점을 통해 근전도를 사용하여 뇌졸중 편마비 환자의 상지 근육을 측정할 때에는 2개 이상의 표적 근육을 설정하기를 권장하는 바이다.

근전도 검사와 함께 대상자의 상지기능을 평가하기 위해 Park과 Lee(2018)의 연구와 같이 뇌전도 검사(Electroencephalogram: EEG), 삼차원 동작 분석 등 기기를 사용해 활성도를 분석하는 도구와 Gandolfi 등(2019)의 푸글메이어평가(Fugl-Meyer assessment: FMA), Qian 등(2019)의 경직평가정도(Modified Ashworth scale: MAS), Yang 등(2020)의 상자와 나무토막 검사(Box and block test: BBT), Hwang 등(2020)의 수정바텔지수(Modified Barthel index: MBI) 등이 사용되었다. 모든 연구에서 근전도 검사 외의 상지 기능을 평가를 함께 진행하였는데, 이는 근전도 검사만으로 상지 기능을 평가하는 데 한계가 있기 때문인 것으로 사료된다. 대상자의 상지 기능을 평가하기 위해 근전도 검사와 함께 사용되는 도구는 일차원적으로 활성도를 분석하는 도구와 과제를 통해 상지의 기능적인 측면을 평가

하는 방법으로 구분되었다. 이는 상지 기능을 평가할 때 근활성도 뿐만아니라 과제를 수행하는 일상생활과 연관되는 기능을 함께 평가하는 경우가 많음을 시사한다.

대상자에게 근전도가 평가 혹은 증재로 사용될 때 제공된 증재를 고찰하였을 때, 팔 뻗기, 손가락 굽혔다 펴기(Park & Lee, 2018; Subramaniam et al., 2019; Vinstrup et al., 2018)와 포크와 숟가락을 이용하여 음식 옮기기, 수건 접기, 로션 바르기, 전화 받기, 바둑알 분류하기, 책장 넘기기(Yang & Song, 2020; Shahar et al., 2019), 마지막으로 스마트 글러브와 가상현실, 로봇 팔 사용(Gandolfi et al., 2019; Hwang et al., 2020; Ogul et al., 2021; Qian et al., 2019; Ramos-Murguialday et al., 2019)가 근전도를 적용한 뇌졸중 환자 상지에 관련한 연구에서 사용되었다(Table 2). 이는 통해 평가를 위해 사용되는 증재가 팔 뻗기와 같은 동일한 동작을 반복하게 하는 증재, 전화 받기 등과 같이 일상생활과 밀접한 기능적 활동을 수행하게 하는 증재, 가상현실, 로봇을 이용하는 보조도구 및 기술을 결합한 증재 등과 같이 다양한 증재가 진행되고 있음을 제시한다.

최종 15개 연구의 목적은 상지 근육 활성도를 평가하는 것이 대다수였으며, 상지 근육 협응 패턴을 측정하거나 근피로도를 함께 측정한 연구도 있었다(Qian et al., 2019; Shahar et al., 2019). 따라서 근전도 검사가 상지 근육의 활성도를 평가하기 위해 많이 활용되고 있음을 시사한다.

본 연구는 최근 3년간 진행된 연구로 제한하여 최신의 경향을 파악하고자 했으나, 전체적인 근전도 검사의 흐름을 파악 하기에는 제한적이었다. 추후에는 최근 5년이나 10년간 진행된 연구로 기간을 확대해서 추가 연구를 진행하면 경향을 파악하기 용이할 것으로 보인다. 또한 추후에 충분한 수의 문헌으로 연구의 효과 크기를 파악하기 위해 메타분석을 진행하면 의미있는 연구가 될 것이다. 또한 문헌의 질을 평가하지 못했다는 제한점이 있다.

V. 결 론

본 연구는 뇌졸중 편마비 환자들을 대상으로 상지 기능을 평가할 때, 근전도 검사를 사용한 연구에 대해 고찰을 시행함으로써 근전도 검사에 대한 근거를 제시하고자 하였다. 2018년부터 2020년까지 3년간의 문헌을 검색하여 최종 15편의 연구를 고찰하였다. 분석 결과 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 가장 빈번하게 중재가 이루어졌으며, 국내 연구 4편, 국외 연구 11편으로 분석되었다. 근전도 검사와 함께 사용된 평가로 크게 일차원적인 움직임 측정하는 방법과 기능적인 움직임을 평가하는 방법이 사용되었다. 연구의 목적으로는 상지의 근활성도를 평가하는 연구가 가장 많았으며, 평가 방법으로 기능적 자세를 최대의 힘으로 유지하는 것과 과제를 수행하는 것이 대표적이었다.

본 연구의 결과는 근전도 검사를 사용해 상지 기능을 평가할 때, 연구 목적에 따라 함께 사용할 수 있는 평가 도구를 제시하고, 평가 시 근전도 검사를 활용할 수 있는 중재를 설정하는 근거를 제공한다는 의의가 있다. 향후에는 더 많은 문헌을 대상으로 분석하여 뇌졸중 편마비 환자의 상지 기능 측정에 근전도 검사를 활용할 방법이 체계적으로 이루어져야 할 것이다.

Acknowledgement

이 논문 또는 저서는 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-과제번호)(NRF-2021S1A3A2A02096338).

References

- Balasubramanian, S., Garcia-Cossio, E., Birbaumer, N., Burdet, E., & Ramos-Murguialday, A. (2018). Is EMG a viable alternative to BCI for detecting movement intention in severe stroke? *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 65(12), 2790-2797. <https://doi.org/10.1109/TBME.2018.2817688>
- Bhagat, N. A., Venkatakrisnan, A., Abibullaev, B., Artz, E. J., Yozbatiran, N., Blank, A. A., French, J., Karmonik, C., Grossman, R. G., O'Malley, M. K., Francisco, G. E., & Contreras-Vidal, J. L. (2016). Design and optimization of an EEG-based brain machine interface (BMI) to an upper-limb exoskeleton for stroke survivors. *Frontiers in Neuroscience*, 10, 1-17. <https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00122>
- das Neves, M. F., Aleixo, D. C., Mendes, I. S., Lima, F. P. S., Nicolau, R. A., Arisawa, E. A. L., Lopes-Martins, R. A. B., & Lima, M. O. (2020). Long-term analyses of spastic muscle behavior in chronic poststroke patients after near-infrared low-level laser therapy (808 nm): A double-blinded placebo-controlled clinical trial. *Lasers in Medical Science*, 35(7), 1459-1467. <https://doi.org/10.1007/s10103-019-02920-3>
- Cho, H. Y., Jeong, J. W., Jeong, K. S., & In, T. S. (2016). The Effects of Task-Related Training Combined with Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) on Muscle Activation, Motor Function and Spasticity in Patients With Stroke. *Journal of Special Education and Rehabilitation Science*, 55(3), 435-450.
- Feldner, H. A., Papazian, C., Peters, K. M., Creutzfeldt, C. J., & Steele, K. M. (2021). Clinical use of surface electromyography to track acute upper extremity muscle recovery after stroke: A descriptive case study of a single patient. *Applied System Innovation*, 4(2), 1-17. <https://doi.org/10.3390/asi4020032>
- Gandolfi, M., Valè, N., Dimitrova, E. K., Mazzoleni, S., Battini, E., Filippetti, M., Picelli, A., Santamato, A., Gravina, M., Saltuari, L., & Smania, N. (2019). Effectiveness of robot-assisted upper limb training on spasticity, function and muscle activity in chronic stroke patients treated with botulinum toxin: A randomized single-blinded controlled trial. *Frontiers in Neurology*, 10, 1-11. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00041>
- Gámez, A. B., Morante, J. J. H., Gil, J. L. M., Esparza, F., & Martínez, C. M. (2019). The effect of surface electromyography biofeedback on the activity of extensor and dorsiflexor muscles in elderly adults: A randomized trial. *Scientific Reports*, 9, 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49720-x>
- Hsu, H. Y., Chiu, H. Y., Kuan, T. S., Tsai, C. L., Su, F. C.,

- & Kuo, L. C. (2019). Robotic-assisted therapy with bilateral practice improves task and motor performance in the upper extremities of chronic stroke patients: A randomised controlled trial. *Australian Occupational Therapy Journal*, 66(5), https://doi.637-647. 10.1111/1440-1630.12602
- Hwang, H. S., Yoo, D. H., Kim, H., & Kim, S. K. (2020). Effects of virtual reality-based upper limb rehabilitation training on upper limb function, muscle activation, activities of daily living, and quality of life in stroke patients. *Journal of Korean Occupational Therapy*, 28(2), 115-129. https://doi.org/10.14519/kjot.2020.28.2.09
- Jo, S. H., Yang, M. J., Kim, J., & Park, H. S. (2021). EMG-based hand rehabilitation robot control interface for stroke patients. *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, 36, 454-455.
- Kawamoto, R., Ninomiya, D., Kasai, Y., Kusunoki, T., Ohtsuka, N., Kumagi, T., & Abe, M. (2016). Handgrip strength is associated with metabolic syndrome among middle-aged and elderly community-dwelling persons. *Clinical and Experimental Hypertension*, 38(2), 245-251. https://doi.org/10.3109/10641963.2015.1081232
- Kelley, R. E., & Borazanci, A. P. (2009). Stroke rehabilitation. *Neurological Research*, 31(8), 832-840. https://doi.org/10.1179/016164109X12445505689689
- Kim, C. Y., Lee, J. S., Lee, J. H., Kim, Y. G., Shin, A. R., Shim, Y. H., & Ha, H. K. (2015). Effect of spatial target reaching training based on visual biofeedback on the upper extremity function of hemiplegic stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(4), 1091-1096. https://doi.org/10.1589/jpts.27.1091
- Kim, S. H., & Park, J. H. (2017). Effects of occupation-based bilateral upper extremity training for chronic stroke: Pilot study. *Therapeutic Science for Rehabilitation*, 9(2), 47-58. https://doi.org/10.22683/tsnr.2017.6.2.047
- Kim, S. H., Won, K. A., & Jung, E. H. (2020). The effects of simultaneous application of peripheral nerve sensory stimulation and task-oriented training to improve upper extremity motor function after stroke: Single blinded randomized controlled trial. *Therapeutic Science for Rehabilitation*, 9(4), 7-20. https://doi.10.22683/tsnr.2020.9.4.007
- Lee, S. I., Adans-Dester, C. P., Grimaldi, M., Dowling, A. V., Horak, P. C., Black-Schaffer, R. M., Bonato, P., & Gwin, J. T. (2018). Enabling stroke rehabilitation in home and community settings: A wearable sensor-based approach for upper-limb motor training. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, 6, 1-11. https://doi.10.1109/JTEHM.2018.2829208
- Lirio-Romero, C., Torres-Lacomba, M., Gómez-Blanco, A., Acero-Cortés, A., Retana-Garrido, A., de la Villa-Polo, P., & Sánchez-Sánchez, B. (2021). Electromyographic biofeedback improves upper extremity function: A randomized, single-blinded, controlled trial. *Physiotherapy*, 110, 54-62. https://doi.10.1016/j.physio.2020.02.002
- Mainous III, A. G., Tanner, R. J., Anton, S. D., & Jo, A. (2015). Grip strength as a marker of hypertension and diabetes in healthy weight adults. *American Journal of Preventive Medicine*, 49(6), 850-858. https://doi-org-ssl.access.yonsei.ac.kr:8443/10.1016/j.amepre.2015.05.025
- Naqvi, U., & Sherman, A. I. (2021). *Muscle strength grading*. StatPearls. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK436008
- Ogul, O. E., Coskunsu, D. K., Akcay, S., Akyol, K., Hanoglu, L., & Ozturk, N. (2021). The effect of electromyography (EMG)-driven robotic treatment on the recovery of the hand nine years after stroke. *Journal of Hand Therapy*. https://doi.10.1016/j.jht.2021.04.022
- Oh, J. C. (2018). Effect of the head extension swallowing exercise on suprahyoid muscle activity in elderly individuals. *Experimental gerontology*, 110, 133-138. https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.06.004
- Paik, N. J. (2001). Rehabilitation of Hemiplegia. *The Annals of Clinical Neurophysiology*, 3(2), 229-233.
- Park, J. H., & Lee, S. G. (2018). Effect of bilateral arm movement on brain and muscle activity in chronic stroke patients. *Journal of Korean Society of Physical Medicine*, 13(1), 1-9. https://doi.10.13066/kspm.2018.13.1.1
- Park, J. W., Lee, B. H., Lee, S. H., & Kim, S. W. (2020). Correlation of motor function, balance, and cognition in patients with stroke. *The Journal of Korean Physical Therapy Science*, 27(1), 56-65. https://doi.org/10.26862/jkpts.2020.06.27.1.56

- Qian, Q., Nam, C., Guo, Z., Huang, Y., Hu, X., Ng, S. C., Zheng, Y., & Poon, W. (2019). Distal versus proximal—an investigation on different supportive strategies by robots for upper limb rehabilitation after stroke: A randomized controlled trial. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, *16*(1), 1-16. <https://doi.10.1186/s12984-019-0537-5>
- Ramos-Murguialday, A., Curado, M. R., Broetz, D., Yilmaz, Ö., Brasil, F. L., Liberati, G., Gracia-Crossio, E., Cho, W., Caria, A., Cohen, L. G., & Birbaumer, N. (2019). Brain-machine interface in chronic stroke: Randomized trial long-term follow-up. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *33*(3), 188-198. <https://doi.10.1177/1545968319827573>
- Seo, E. K., Shon, K. H., & Kim, N. H. (2019). Effects of a stroke education program on disease acceptance and knowledge among acute ischemic senior stroke patients. *Korean Journal of Health Communication*, *14*(1), 43-51. <http://dx.doi.org/10.15715/kjhcom.2019.14.1.43>
- Shahar, N., Schwartz, I., & Portnoy, S. (2019). Differences in muscle activity and fatigue of the upper limb between task-specific training and robot assisted training among individuals post stroke. *Journal of Biomechanics*, *89*, 28-33. <https://doi.10.1016/j.jbiomech.2019.04.005>
- Song, G. B. (2015). The effects of task-oriented versus repetitive bilateral arm training on upper limb function and activities of daily living in stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*, *27*(5), 1353-1355. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.1353>
- Statistics Korea. (2020). *Causes of Death Statistics in 2020*. Korea National Statistical Office. <http://kostat.go.kr/portal/eng/pressReleases/1/index.board?bmode=read&bSeq=&aSeq=414516&pageNo=1&navCount=10&currPg=&searchInfo=srch&sTarget=title&sTxt=death>
- Subramaniam, S., Varghese, R., & Bhatt, T. (2019). Influence of chronic stroke on functional arm reaching: Quantifying deficits in the ipsilesional upper extremity. *Rehabilitation Research and Practice*, *2019*, 1-10. <https://doi.10.1155/2019/5182310>
- Vinstrup, J., Calatayud, J., Jakobsen, M. D., Sundstrup, E., Jørgensen, J. R., Casaña, J., & Andersen, L. L. (2018). Hand strengthening exercises in chronic stroke patients: Dose-response evaluation using electromyography. *Journal of Hand Therapy*, *31*(1), 111-121. <https://doi.10.1016/j.jht.2017.01.004>
- Wolf, T. J., Polatajko, H., Baum, C., Rios, J., Cirone, D., Doherty, M., & McEwen, S. (2016). Combined cognitive-strategy and task-specific training affects cognition and upper-extremity function in subacute stroke: An exploratory randomized controlled trial. *The American Journal of Occupational Therapy*, *70*(2), 1-10. <https://doi.org/10.5014/ajot.2016.017293>
- Yang, J. E., & Song, B. K. (2020). The effect of bilateral activities intensive training on the upper limb of muscle activity and upper limb function in stroke patients. *The Journal of Korean Society for Neurotherapy*, *24*(2), 15-22. <https://doi.10.17817/2020.06.11.111560>

Evaluation of Upper Limb Movement and Function in Stroke Patients Using Electromyography : A Review

Lee, Jiyeon^{*}, B.H.Sc., O.T., Lee, Gyeong A^{*}, B.H.Sc., O.T.,
Jung, Jae Hyu^{**}, M.S., O.T., Park, Ji-Hyuk^{***}, Ph.D., O.T.

^{*}Dept. of Occupational Therapy, Graduate School, Yonsei University,
Master's Course, Student

^{**}Gyeonggi Provincial Medical Center in Anseong, Occupational Therapist

^{***}Dept. of Occupational Therapy, College of Software and Digital Healthcare Convergence,
Yonsei University, Professor

Objective : This study aimed to investigate the use of electromyography (EMG) to evaluate upper limb movement or function in stroke patients.

Methods : We reviewed papers published in journals between January 2018 and December 2021 using PubMed, EMBASE, Scopus, RISS, and KISS. The main keywords of databases were ('stroke' OR 'hemiplegia') AND ('EMG' OR 'electromyography' OR 'electromyogram' OR 'muscle activity') AND ('Upper limb' OR 'Hand').

Results : Fifteen studies were selected, most of which evaluated muscle activity. Interventions performing tasks related to activities of daily living (ADLs), using assistive technology, and interventions that provide repetitive training were most frequently applied.

Conclusions : When evaluating upper limb functions using electromyography, it is meaningful to present an evaluation that can be used according to the purpose of the study and to provide a basis for setting up interventions that can utilize electromyography during evaluation.

Keywords : Electromyography, Evaluation, Review, Stroke, Upper limb