

뇌졸중 환자에서 FES의 중재효과에 관한 체계적 고찰과 메타분석

유두한*, 이재신**, 김형민***, 홍덕기****

*전북대학교병원 작업치료실

**건양대학교 작업치료학과

***성덕대학 작업치료과

****원광대학교 전주한방병원 작업치료실

국문초록

목적 : 본 연구의 목적은 뇌졸중 환자에서 FES의 중재효과를 알아보기 위해 체계적 고찰과 메타분석을 통해 연구결과를 종합하고, 그 효과를 결과 측정도구에 따라 표준화하는 것이다. 이 결과를 통해 FES의 중재에 관한 연구들을 비교하고 분석하고자 하였다.

연구방법 : EBRSR과 Cochrane 데이터베이스를 이용하여 선정기준에 적합한 23편의 연구를 검색하였다. 선정된 연구들은 질적 평가를 통해 준거분석 틀에 따라 대상자 특성과 연구 특성으로 나누어 코딩하였다. 그리고 사용빈도가 높은 측정도구를 선택하여, 평균과 표준편차 그리고 표본수를 가지고 주제에 따라 메타분석을 실시하였다.

결과 : 선정된 23편의 연구는 Pedro score 3점 이상의 무작위 실험연구로 다양한 FES 중재를 통해 효과를 극대화시키기 위한 연구들이 많았다. 주된 결과측정도구로는 상지기능과 운동활동지표 그리고 일상생활을 평가하는 도구가 사용되었다. 또한 FES의 효과를 극대화시키기 위한 노력으로 짧은 시간 동안의 집중적인 적용, 부착방법의 차이, 높은 강도의 자극, 특정 과제와 함께 수행하거나 자발적이거나 능동적인 수행 등이 치료의 효과를 극대화시키는 것으로 나타났다. 일상생활활동에서는 유의한 효과를 발견할 수 없었다. FES 중재를 통한 상지기능, 운동활동지표에 관한 메타분석에서 상지기능에서는 유의한 효과를 보였지만 운동활동지표에서는 유의하지 않은 결과를 보였다.

결론 : 임상적으로 널리 사용되고 있는 FES는 뇌졸중 환자들에게 그 효과를 극대화시키기 위해 다양한 중재방법으로 적용되고 있었다. 특히, 특정 과제와 함께 적용되는 FES는 과제의 특성에 따라 효과차이를 보이는 것으로 나타났다. 환자의 인지상태와 동기유발을 통한 개별화된 적용은 FES를 통해 상지기능 증진을 위해 유용하게 이용될 수 있을 것이다. 더불어 국내 작업치료 연구에서도 다양한 중재방법을 적용한 FES의 활용이 필요하다.

주제어 : 기능적 전기자극, 뇌졸중, 메타분석, 상지기능, 체계적 고찰

I. 서 론

뇌졸중 환자는 신경계, 근육계, 감각계 등 여러 관련 영역의 손상으로 인해 만성 운동장애를 겪게 된다(Carr & Sherherd, 2003). 뇌졸중으로 인한 상지와 하지의 운동장

애는 근력 약화, 경직(spasticity), 과긴장(hypertonicity)으로 관절가동범위 감소와 움직임의 제한을 가져오게 된다(Kluding & Billinger, 2005; Sullivan & Hedman, 2004). 이로 인하여 뇌졸중 환자들은 편마비(Patten, Lexell, & Brown, 2004), 자세 및 균형조절 장애

(Vearrier, Langen, Shumway-Cook, & Woollacott, 2005), 보행 장애(Teasell, Bhogal, Foley, & Speechley, 2003)를 보인다.

뇌졸중으로 인한 보행 능력의 저하는 재활과정을 통해 보행이 가능할 정도로 대부분 회복을 보이지만(강양훈 등, 2007), 대다수 환자들은 상지 사용의 어려움으로 일상생활에서 독립적인 수행에 제한을 갖게 된다(Thrasher, Zivanovic, McIlroy, & Popvic, 2008). 그러므로 상지의 기능적 회복은 환자의 독립적인 일상생활 수행에 중요한 영향을 미친다(Cauraugh, Light, Kim, Thigpen, & Behrman, 2000; Page, Levine, & Leonard, 2005).

현재 뇌졸중 환자의 상지기능 회복을 위해 건측의 운동 제한을 이용한 치료(constraint induced therapy), 기능적 전기자극(Functional Electrical Stimulation; FES), 관절 운동추적훈련(joint motion tracking training), EMG 생체 피드백(biofeedback), 로봇-보조 치료(robot-assisted therapy), 가상 현실 훈련(virtual reality training) 등 다양한 치료방법이 적용되고 있다(Armagan, Tascioglu, & Oner, 2003; Szaflarski et al., 2006; Thrasher et al., 2008). 그 중 임상에서 일반적으로 적용되고, 효과적인 치료 중 하나가 뇌졸중 환자의 상지기능을 회복하는데 도움을 주는 FES이다(정진우, 김순자와 임종수, 2002; Popovic, Thrasher, Zivanovic, Takaki, & Hajek, 2005).

FES는 편마비 환자나 뇌성마비, 척수손상과 같이 상위 운동신경원의 손상의 결과로 나타난 마비근육의 활성화를 위한 유용한 도구로(Wilder, Wind, Jones, Crider, & Edlich, 2002), 18세기 마비된 근육의 치료를 목적으로 신경이나 근육에 전기를 이용한 이래로 계속 발전되어 왔다(이영희, 원남희, 박준성과 박노옥, 1995). FES는 마비된 근육의 운동을 수동적으로 수행시키기 위해 각 동작에 대한 외부의 명령을 마비근육의 지배신경에 전달하여 근육을 수축시키는 방법으로 사용된다(박규현, 김선규, 정현애와 박래준, 2001). 즉, FES는 정상적인 신경 지배를 받지 못하는 근육에 전기자극으로 근 수축을 유도하여 기능적인 동작을 할 수 있도록 하는 방법이다(Gracanin, Prevec, & Trontelj, 1967).

FES는 마비된 근육에 전기자극을 통한 근 수축을 유발하여 기능적으로 유용한 동작을 만들기 때문에 근 위축을 방지하고 기능장애를 개선하는데 효과가 있다(김지연, 2002; 엄광문, 강곤과 이정환, 2003). 또한 약화된 근력의

강화, 경직의 감소, 관절가동범위의 증진, 정상적인 움직임 조절을 훈련하기 위해 보행개선과 하지근력 강화에 주로 사용되어 왔다(조미숙, 이윤미와 박래준, 2005; Chantraine, Baribeault, Uebelhart, & Gremion, 1999; Wilder et al., 2002).

하지만 최근에는 FES의 치료가 뇌졸중 환자의 상지기능 증진에 사용되면서 그 효과에 관한 연구들이 많이 이루어지고 있다(고희경, 2007; 김정화, 윤용순과 정복희, 2008; 문상현, 2010; 신화경, 2008; 이명예, 2004; 정진, 2004; 조인술, 장종성, 김경, 김옥로와 박래준, 2009; Kowalczewski, Gritsenko, Ashworth, Ellaway, & Prochazka, 2007; Mangold, Schuster, Keller, Zimmermann-Schlatter, & Ettlin, 2009; Thrasher et al., 2008). 연구 초기에 FES를 통해 어깨관절 아탈구의 진행을 방지하거나 펄근의 움직임을 통하여 구축의 예방 및 아탈구의 유의한 감소를 보고하였고, 손의 펴기와 기능적 잡기와 같은 상지기능을 향상시킬 수 있다고 보고하였다(Barker & Parker, 1986; Faghri et al., 1994; Merletti, Acimovic, Grobelnik, & Cvilak, 1975). 그리고 뺨기 과제 동안 FES가 결합된 뇌졸중 환자 그룹에서 통상적인 재활 치료를 받은 환자들보다 손 기능 향상과 상지의 손상을 최소화한 연구가 보고되고 있다(Mangold et al., 2009; Thrasher et al., 2008). 또한 높은 강도의 전기자극이 낮은 강도의 전기자극을 수행한 대상자들보다 일상생활과제를 수행하는 동안 손과 상지의 기능적 측면에서 유의한 향상을 나타낸 연구 보고가 있다(Hsu et al., 2010; Kowalczewski et al., 2007).

이처럼 최근 FES가 상지기능에 미치는 효과에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그러나 국내에서는 FES에 관한 연구들의 양이 적을 뿐만 아니라, 무작위 실험설계(randomized controlled trials)를 통한 연구도 찾아보기 힘들다. 또한 대부분의 FES와 관련된 연구들은 영어권에서 그 수가 많고 최신 연구 동향을 반영하고 있다. 따라서 본 연구에서는 현재까지 국외에서 실시된 FES의 효과와 관련된 선행연구들을 대상으로 연구 결과들의 패턴 또는 추세를 설명하기 위해 해당 결과들을 통합(outcome synthesis)하여 총괄적인 결론을 도출해내는 체계적 고찰과 메타분석을 사용하였다.

체계적 고찰은 엄밀하게 정의된 방법론에 따라 연구를 선별하고 통합하여 결과를 도출하는 것이다. 고찰을 위한

문헌 선택 시 연구계획서에 의하여 활용 가능한 모든 일차 문헌 데이터베이스에서 타당성 높은 연구들을 체계적으로 수집하며 연구방법에 대한 기술이 추가된다(박현아, 2010). 체계적 고찰의 대상 연구들은 통계적인 방법을 사용하여 상대적인 공헌도를 감안하면서 각 연구 결과들을 통계적으로 결합할 수 있는데, 이를 메타분석이라고 한다. 메타분석은 선행 연구의 결과를 체계적으로 평가하는 양적인 문헌분석 방법으로(Hedges & Olkin, 1985), 선행 연구물을 종합하기 위해 특정처치에 대한 전반적인 효과를 의미하는 효과크기(effect size)를 산출하여 분석하는 방법이다. 메타분석으로 결과를 요약할 때 연구 대상자의 증가는 통계적으로 신뢰성 있는 결론을 제시할 수 있고, 다양한 연구 결과들을 요약하고 결론지음으로 인해 그 결과를 일반화시킬 수 있는 근거를 마련해주고, 연구방향을 제시할 수 있다(김춘배, 2002).

이에 본 연구는 뇌졸중 환자에서 FES의 중재효과를 알아보기 위해 체계적 고찰과 메타분석을 통해 연구결과를 종합하고, 그 효과를 결과 측정도구에 따라 표준화하는 것이다. 이 결과를 통해 FES의 중재에 관한 연구들을 비교하고 분석하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 설계

체계적 고찰과 메타분석은 기존연구들을 체계적인 방법을 통해 종합 및 분석함으로써 임상적 유용성과 합의를 도출하고 좀 더 일반화된 검증을 제시할 수 있는 과학적인 방법이다. 본 연구는 뇌졸중 환자에게 FES 중재에 대한 효과를 검정한 연구 결과들을 체계적 고찰과 메타분석을 통해 분석하고, 연구 특성에 맞는 결과 측정도구들을 묶어 중재에 표준화 작업을 통해 FES가 미치는 효과를 상지기능과 운동활동지표에 따라 나누어 살펴보았다.

2. 자료 수집 및 방법론적 질 평가

1) 자료 수집 절차

본 연구는 2011년 4월 18일부터 5월 31일까지 FES의 중재와 관련된 연구 동향을 분석하기 위하여 EBRSR (Evidence-Based Review of Stroke Rehabilitation)과 Cochrane 데이터베이스(<http://www.cochrane.org>)를 이용하여 자료를 수집하였다(그림 1).

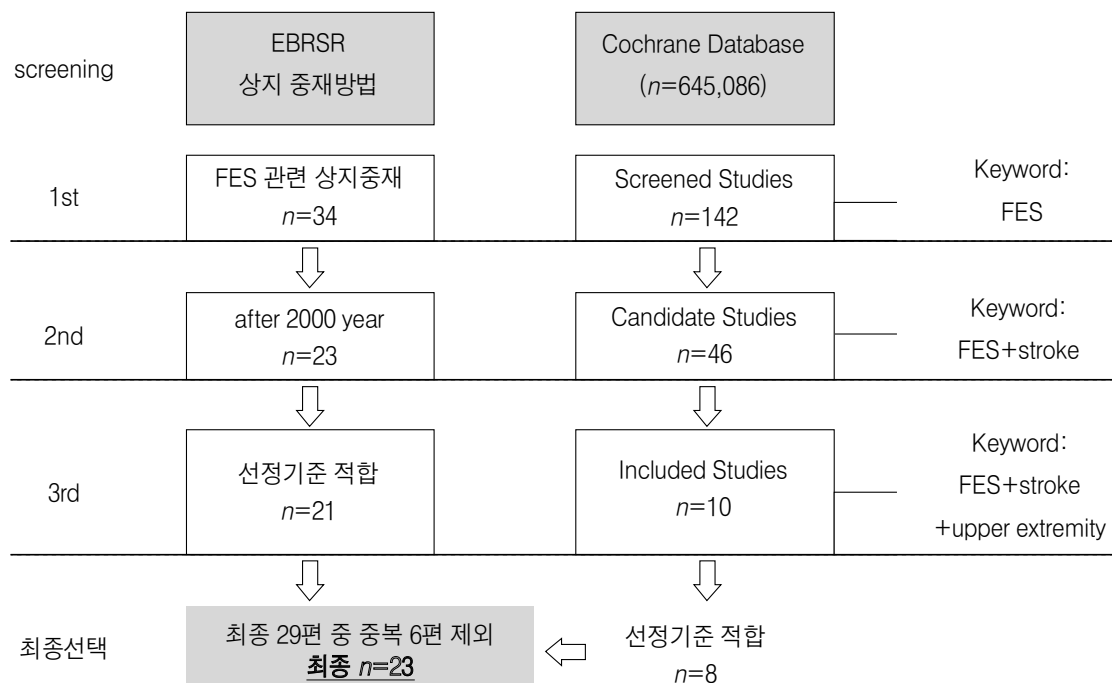


그림 1. 자료 수집 절차

EBRSR에서 제공하는 근거중심의 고찰(evidence-based review)에서는 뇌졸중 재활과 관련된 가장 포괄적이고 최신의 자료를 제공한다. 근거중심의 고찰에서 상지 중재(upper extremity intervention)는 상지의 재활과 관련하여 여러 가지 중재방법을 설명하는데, 그 중 FES와 관련된 연구로 34편을 제시한다. 본 연구에서는 34편의 연구 중에 2000년 이후에 해당하는 23편을 본 연구의 자료로 선정하였다. 이후 본 연구의 선정기준에서 벗어난, 무작위 실험설계가 아니거나 FES의 중재로 보기 어려운 연구 2편을 제외한 총 21편이 본 연구에 최종적으로 선정되었다.

또한 연구의 다양한 접근을 위해 Cochrane 데이터베이스를 이용하여 Cochrane Review의 Library를 통해 “FES”, “stroke”, “upper extremity”로 주제와 초록 그리고 주제어로 검색하였다. 연구 검색과정을 살펴보면 총 645,086편의 연구 중 1차 검색으로 “FES”와 관련한 142편의 연구가 검색되었고, 2차 검색에서는 “FES”와 “Stroke”과 관련한 46편의 연구가 검색되었다. 3차 검색에서는 “FES”, “stroke”, “upper extremity”로 10편의 연구가 검색되었다. 10편의 연구 중에 본 연구의 선정기준에서 벗어난, 무작위 실험설계가 아니거나 FES의 중재로 보기 어려운 연구 2편을 제외하고 총 8편이 선정되었다.

최종적으로 EBRSR과 Cochrane 데이터베이스에서 선정된 연구들 중에서 중복된 6편을 제외하고, 총 23편이 본 연구에 선정되었다.

2) 방법론적 질적 평가

(Assessment of methodological quality)

본 연구에서 최종적으로 선정된 23편의 연구에 대한 질적 평가를 위해 두 명의 연구자에 의해 Pedro score에서 채용한 10가지 내부 타당도 항목들을 적용하여 연구들의 방법적인 질을 평가하였고, 이를 다시 한 명의 다른 연구자가 재확인하였다. 연구자들 사이에 질적 평가가 일치하지 않는 경우, 토의 과정을 통해 해결하였다. 각 10개의 항목들에 ‘예’ 또는 ‘아니요’를 적용하여, OT seeker database의 논문들을 평가하는데 적용된 기준을 참고하여 연구들의 방법적인 질을 1등급에서 10등급으로 나태냈다(OTseeker, 2003) (표 1).

3. 연구의 선정기준

두 가지 주요 데이터베이스 검색을 통해 분류된 23편 연구들의 선정기준은 다음과 같다.

첫째, 연구 참여자의 질병 유형이 뇌졸중인 연구

표 1. 방법론적 질 평가를 위한 기준

기준	등급	
	Yes	No
1 연구 참여자를 무작위로 실험집단과 통제집단으로 할당하였는가?		
2 할당은 비밀로 하였는가?		
3 그룹 간에 적어도 하나의 중요한 결과 지표에 대한 기초선이 동등하게 측정되었는가?		
4 모든 참여자들에게 맹검법을 실시하였는가?		
5 치료를 담당하는 모든 치료사에게 맹검법을 실시하였는가?		
6 적어도 하나의 중요한 결과 지표를 측정하는 측정자에게 맹검법을 실시하였는가?		
7 초기 참여자에 대한 충분하게 추적 연구가 이루어졌는가? 적어도 중요한 결과에 대한 85%의 추적이 이루어져야 한다.		
8 처음부터 계획하고 의도 했던 치료에 대한 분석이 이루어졌는가?		
9 적어도 하나의 중요한 결과에 대하여 통계적으로 집단간 비교하였는가?		
10 적어도 하나의 중요한 결과에 대한 점추정(point estimate)과 추정에 대한 변이(variability)를 제공하고 있는가?		
합계		

둘째, 뇌졸중의 재활을 위해 반드시 FES를 통한 상지기능의 중재를 한 연구
 셋째, 무작위 실험설계를 통한 실험연구
 넷째, 도서, 학위논문, 종설, 고찰이나 메타분석 연구가 아닌 실험연구
 다섯째, 메타분석의 효과크기 산출이 가능하도록 평균과 표준편차 그리고 대상자 수가 제시된 연구

4. 자료의 코딩

총 23편의 논문 분석을 위하여 코딩의 준거분석틀에 따라 자료코딩을 하였다. 자료의 코딩에 따른 준거분석틀은 다음과 같다. 첫째, 각 대상자에 관한 일반적 특성에 따른 자료의 코딩은 연구자, 게재년도, 표본크기, 뇌졸중 발병일, 연령, 뇌졸중 특성을 제시하였다. 둘째, 각 연구 특성에 따른 자료의 코딩은 연구자, 게재년도, 중재방법, 중재시간, 주요결과, 적용시간, pedro score 등을 제시하였다.

이러한 특성에 따른 연구 결과들로부터 FES를 통한 상지기능과 운동활동지표에 미치는 효과를 분석하기 위해 실험군과 대조군의 평균, 표준편차, 표본크기를 측정하였다(그림 2, 3). 만약 한 결과 변수를 측정하기 위해 2개 이상의 측정도구를 사용한 경우는 비교를 위한 동질성을 높이기 위해 다른 연구들에서 사용한 빈도가 높은 측정도구를 선택하였다. 또한 FES에 따른 효과를 살펴보기 위하여 대조군이 설계되지 않은 논문은 메타분석 연구에서 제외하였다.

5. 분석 방법

본 연구에서는 선정기준을 만족시키는 연구들의 특성들을 부호화시켜 체계적 고찰을 실시하였다. 대상자수, 발병기간, 성별, 연령 및 진단분류 등과 같은 연구 대상자의 일반적인 특징과 중재 특성 및 방법과 결과 등에 관한 연구 특성을 부호화하여 체계적으로 분석하였다. 또한 메타분석의 통계방법 중 Comprehension Meta-Analysis(Version 2.0)를 통해 실험군과 대조군의 평균과 표준편차 그리고 표본수를 이용하여 효과크기를 산출하였다. 23편의 연구 중 평균과 표준편차 그리고 표본수를 충족시키는 연구를 바탕으로 메타분석을 실시하였다. 메타분석은 연구의 중재 특성 중 FES에 따른 상지기능과 운동활동지

표의 효과를 살펴본 연구로 분석하였다. 또한 각각의 중재 특성을 대표할 수 있는 사용빈도가 높은 측정도구를 선택하여 본 연구의 결과 값으로 사용하였다.

메타분석에 사용된 연구들은 다른 척도를 사용하는 경우가 있기 때문에 이러한 측정치들을 하나의 단위로 통합하는 것이 필요하여 표준화된 평균차이를 산출하고, 이를 이용한 효과크기 변환 공식을 바탕으로 동질성 검증을 실시하였다. 또한 표준오차의 역수를 가중치로 사용하였는데, 이는 Hedges와 Olkin(1985)의 표준오차 값을 사용하여 메타분석에서 적절한 가중치를 산출해 내는 공식으로 가중치를 적용한 효과크기를 산출하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자에 관한 일반적 특성

2000년부터 2010년까지 모두 23편의 무작위 실험설계가 본 연구의 선정기준에 적합하여 결과분석에 사용되었다. 모두 611명의 연구대상자가 23편의 연구를 통해 FES의 중재방법에 대한 효과를 분석하기 위해 모집되었다. 각 연구에서는 11명에서 48명의 대상자가 FES의 중재방법에 따라 각 그룹에 포함되었고, 뇌졸중에 의한 급성기와 만성기 환자로 모두 다양하게 나누어져 연구되었다. 연구 대상자들은 남자가 여자보다 많았으며, 연령은 40대에서 60대가 주를 이루었다. 또한 주로 뇌경색이나 뇌출혈로 인한 뇌졸중 환자가 대부분이었으며, 그룹 간에 환측 부위가 오른쪽인 경우와 왼쪽인 경우는 대상자 수의 차이가 나지 않고 비슷한 수준을 보였다. 연구 대상자에 관한 일반적 특성은 표 2와 같다.

2. FES 중재를 사용한 연구의 특성

본 연구에 해당하는 23편의 연구의 특성은 연구자, 게재년도, 중재방법과 시간, 주요 결과측정 도구, Pedro score로 분류하여 표 3에 제시하였다. 23편의 모든 연구가 무작위 실험 연구에 해당하였으며, Pedro score 3점 이상을 기록하였다. Pedro score는 무작위 실험연구에 관한 질적 기준을 판단하기 위해 사용하였으며, 반복적인 읽기와 분석을 통해 연구자 3명 중에 2명 이상의 동의를 얻은

표 2 연구 대상자에 관한 일반적 특성

Study	Sample size	Time since stroke	M/F	Age range (year)	Stroke details	% Right side affected (Total)	
						Intervention	Control
Cauraugh et al., 2000	11	>12개월	5/6	52 ~ 71	NR	(90.90)	
Wang et al., 2002	32	<12개월	16/16	40 ~ 72	ischemia or hemorrhagic	43.75	50
Cauraugh & Kim, 2003	34	>24개월	30/4	48.6 ~ 82.7	NR	(44.12)	
Popovic et al., 2003	28	5~9주	NR	41 ~ 75	ischemia or hemorrhagia	(75)	
De kroon et al., 2004	28	>12개월	20/8	46.4 ~ 73.4	infarction or hemorrhage	23.1	53.3
Kimberly et al., 2004	16	>24개월	11/5	33 ~ 78	NR	50	50
Popovic et al., 2004	41	<3개월	NR	51.2 ~ 69.2	ischemia or hemorrhagia	75	81.25
Gabr et al., 2005	12	>12개월	7/5	44 ~ 75	NR	(50)	
Liu, 2005	48	6주	34/14	55.7 ~ 63	NR	NR	
Ring & Rosenthal, 2005	22	<6개월	16/6	45 ~ 66.5	NR	(54.5)	
Hara et al., 2006	14	>12개월	9/3	43 ~ 77	NR	50	NR
Alon et al., 2007	15	NR	8/7	NR	NR	75	71.4
Bhatt et al., 2007	20	>12개월	14/6	52 ~ 79	NR	(65)	
Kowalczewski, 2007	19	<4주	10/9	54.8 ~ 66.4	ischemia or hemorrhagic	60	78
Alon et al., 2008	26	<2개월	14/12	42 ~ 85	ischemia	69.23	53.84
De kroon & Ijzerman, 2008	21	>12개월	16/5	18 ~ 80	infarction or hemorrhage	27.3	30
Hara et al., 2008	20	-	-	-	-	-	-
Alon, 2009	46	NR	NR	NR	ischemica	NR	NR
Chae et al., 2009	28	<3주	13/15	46.6 ~ 62.8	hemorrhage	(35.7)	
Chan et al., 2009	20	-	-	-	-	-	-
Mangold et al., 2009	23	<7주	16/7	42.8 ~ 76.6	hemorrhage	25	36
Thrasher et al., 2009	21	<1개월	13/8	40.3 ~ 74.7	NR	NR	NR
Hsu et al., 2010	66	4주	42/24	36 ~ 84	infarction or hemorrhage	32	34

NR: not reported, -: not identified by full text

표 3 연구의 특성

Study	Intervention	Time of intervention	Main outcome	Pedro score
Cauraugh et al., 2000	ROM, stretch + NMES vs ROM, stretch + 자발운동	2주간 주3일 60분	B&B, FM	4 (RCT)
Wang et al., 2002	short duration vs long duration / (A)FES training (B)routine therapy or regular daily activity without FES (C)another FES training	(A)6주간 주5일 6시간 (B) 6주간 (C)6주간 주5일 6시간	FM	5 (RCT)
Cauraugh & Kim, 2003	0 sec vs 5 sec vs 10 sec stimulation	2주간 주4일 90분	B&B	5 (RCT)
Popovic et al., 2003	Functional electrical therapy + therapy vs standard therapy	3주간 주7일 30분	UEF, DT, MAS	6 (RCT)
De kroon et al., 2004	electrical stimulation(flexor and extensor) vs electrical stimulation (extensor) 하루에 3회 20~60분	6주간 주 5일	ARA, MI, AS	6 (RCT)
Kimberly et al., 2004	NMES vs sham treatment	3주 동안 10일 6시간	B&B, JTHFT, MAL	7 (RCT)
Popovic et al., 2004	Early vs delayed FES (FES+conventional therapy vs conventional therapy)	3주간 주7일 30분	UEF, DT, MAS	6 (RCT)
Gabr et al., 2005	Electromyography-triggered stimulation vs home exercise	8주간 하루에 2번 35분	FM, ARA	4 (RCT)
Liu, 2005	FES vs treatment with shoulder pads	6주	FM	3 (RCT)
Ring & Rosenthal, 2005	Neuroprothetic FES + standard PT, OT vs standard PT, OT	6주 동안 하루에 3회 50분	B&B, MAS, JTHFT	6 (RCT)
HHara et al., 2006	hybrid power-assisted FES vs conventional occupational therapy	4달간 주마다 1~2회 40분	MAS, ROM	4 (RCT)
Alon et al., 2007	FES with task-specific U/E rehabilitation vs task-specific rehabilitation	12주	mFM, JTHFT	5 (RCT)
Bhatt et al., 2007	ES vs tracking training vs combination	2~3주간 10 session 60분	B&B, JTHFT	3 (RCT)
Kowalczewski, 2007	High-Intensity FES vs Low-Intensity FES	3~4주간 주5회 60분	WMFT, MAL, FM	6 (RCT)
Alon et al., 2008	FES + task-specific exercises vs task-specific exercises	12주간 하루에 2회 30분	mFM, B&B, JTHFT	3 (RCT)
De kroon & Ijzerman., 2008	cyclic FES vs EMG-triggered electrical stimulation	6주	ARA, FM	7 (RCT)
Hara et al., 2008	Power-assisted FES vs control	5달간 주6일 60분	ROM, MAS	5 (RCT)
Alon., 2009	FES + task-specific exercises vs task-specific exercises	12주	mFM, B&B, JTHFT	3 (RCT)
Chan et al., 2009	Bilateral arm training + FES vs bilateral arm training + sham FES	15 session간 90분	FM	7 (RCT)
Chae et al., 2009	intramuscular ES (cyclic, EMG) vs percutaneous ES (sensory stimulation)	6주간 하루 60분	FM, FIM	8 (RCT)
Mangold et al., 2009	FES vs conventional therapy	4주간 주3~5회 45분	EBI, CMSA	5 (RCT)
Thrasher et al., 2009	FES+conventional therapy vs conventional therapy	12~16주간 주5회	FM, CMSA, BI	5 (RCT)
Hsu et al., 2010	High and low NMES or control	4주간 30분 or 60분	FM, ART, MAL	6 (RCT)

NR: not reported, B&B: Box and Block Test, FM: Fugl-Meyer upper extremity, mFM: modified Fugl-Meyer upper extremity, UEF: Upper Extremity Function Test, DT: Drawing Test, JTHFT: Jebsen Taylor Hand Function Test, MAL: Motor Activity Log, ARA: Arm Research Arm Test, MI: Motricity Index, AS: Ashworth Scale, MAS: Modified Ashworth Scale, ROM: Range of Motion, BI: Barthel Index, EBI: Extended Barthel Index, CMSA: Chedoke McMaster Stroke Assessment, WMFT: Wolf Motor Function Test, FIM: Functional Independence Measure

경우로 EBRSR에서 제시하는 Pedro score 점수를 기준으로 재확인을 통해 연구의 질을 평가하였다.

FES의 세부적인 중재방법에서 실험군에는 FES를 적용하고, 대조군에는 sham therapy나 통상적인 치료 혹은 자발적 운동 및 과제를 제공하는 경우가 17편에 해당하였다. 그 외의 연구에서는 주로 FES의 강도나 주기에 관한 연구(Kowalczewski et al., 2007), 중재 기간에 따른 특성에 관한 연구(Cauraugh & Kim, 2003; Wang, Yang, Tsai, Wang, & Chan, 2002), FES의 부착부위 및 부착방법(Chae et al., 2009; De Kroon & IJzerman, 2008)에 따라 그룹으로 나누어 그 효과를 살펴본 연구도 있었다. FES의 중재 기간은 2주에서 12주간으로 다양하였으며, 회별 적용시간도 20분에서 90분으로 다양하였다.

주요 결과 측정 도구로는 상지기능을 평가하는 Box and Block Test, Fugl-Meyer Upper Extremity, modified Fugl-Meyer Upper Extremity, Upper Extremity Function Test를 사용하였고, 운동활동지표를 평가하는 Motor Activity Log와 일상생활활동을 평가하는 FIM, BI, 신체적 상태를 평가하는 Modified Ashworth Scale과 Range of Motion 등의 도구가 사용되었다.

23편의 연구에서는 FES의 효과를 극대화시키기 위한 노력으로 중재방법의 다양화를 보이고 있었다. Cauraugh와 Kim(2003)의 연구와 Wang 등(2002)의 연구에서는 급성기와 만성기 모든 환자에서 짧은 중재의 기간 동안에 60분 이상의 집중적인 FES의 적용을 통한 효과를 보였다. De Kroon, IJzerman, Lankhorst와 Zilvold(2004)의 연구에서는 굽힘근과 펴는근에 상호교대적인 FES를 적용한 방법과 펴는근에만 FES를 적용한 방법을 비교하여 그룹 간에 유의한 차이를 확인할 수 없었고, 중재방법을 위해서는 과학적 근거에 기반한 임상적인 연구가 진행되어야 한다고 제안하였다. 또한 기능적인 손 사용을 위해서는 FES의 적용에서 손의 움직임을 만드는 근력과 유의한 상관성을 보인다고 하였다. 그리고 의지에 포함된 FES는 손의 기능적인 사용과 적절한 상호교대의 전기자극으로 임상적으로 효과성은 있지만 손의 사용에서 나타나는 다양한 움직임과 기능에서는 적용의 한계성을 보였다(Ring & Rosenthal, 2005). FES의 부착 방법에 따른 중재방법으로 직접적인 근육전기자극과 표면자극의 실험에서 직접적인 근육전기자극이 효과가 더 큰 것으로 나타났지만, FES의 용이한 사용을 위해 효율적인 표면자극의 활용을 제언한 연

구도 있었다(Chae et al., 2009). 또한 낮은 강도의 자극보다는 높은 강도의 전기자극이 더 효과적이었으며, 운동자극이 FES와 함께 주어질 때 보다 효과가 큰 것으로 보였다(Hsu et al., 2010).

다양한 형태와 방법으로 FES의 적용이 이루어지고 있는데, 특정과제와 함께 이루어지는 FES는 그 과제의 특성에 따라 효과의 차이가 크게 나타나는 것으로 보였다.(Alon, Levitt, & McCarthy, 2007, 2008). 이것은 특정과제와 함께 이루어지는 기능적 전기자극의 적용이 Type II 근육과 관련성 있다고 하였다(Chae et al., 1998). 자발적이고 능동적인 움직임이 전기자극 동안에 함께 이루어지게 되면 오랫동안 활동을 유지하거나 자세를 유지할 때 동원되는 제 1형 근섬유도 자극하게 되어 지속적인 근육의 수축에 따른 피로현상을 줄일 수 있고, 전반적인 근육의 상태를 촉진하고 치료효과를 극대화시킬 수 있다고 한 결과들과 일치할 보인다(Castro, Apple, Rosers, & Dudley, 2000; Hudlicka, Tyler, Srihari, Heilig, & Pette, 1982).

FES의 중재에 따라 일상생활활동에 미치는 영향을 살펴본 연구에서는(Chae et al., 1998; Mangold et al., 2009) 통계적으로 유의미한 결과를 확인할 수 없었다. 하지만 이러한 결과를 일반화시키기에는 연구결과의 표본수가 너무 적고, 상지기능과 관련된 일상생활활동의 세부항목과 비교가 필요하다고 제언하였다. 또한 만성 뇌졸중 환자보다는 급성기의 뇌졸중 환자에서 나타나는 일상생활활동 수행의 차이를 확인해 볼 필요가 있다고 하였다.

3. FES의 중재를 통한 상지기능에 미치는 효과에 관한 메타분석

FES의 중재에서 실험그룹에서는 FES를 적용하였고, 대조그룹에서는 sham therapy나 통상적인 치료 혹은 자발적 운동 및 과제를 제공하였다. 평균과 표준편차 그리고 표본 수를 제시한 총 16편의 연구를 바탕으로 메타분석을 실시하였다. 메타분석을 실시한 6편의 연구에서는 상지기능을 평가하는 주요 결과측정 도구를 이용하여 표준화된 평균차이로 나타냈다. 분석에 이용된 주요 결과측정 도구로는 상지기능을 평가하는 Box and Block Test, Fugl-Meyer upper extremity assessment, Upper Extremity Function Test를 사용하였다. 총 6편의 연구가 이에 해당

하였으며, 메타분석을 실시한 결과는 그림 2와 같다.

주요 결과측정 도구에 따른 상지기능을 평가로 메타분석 결과에 관한 이질성 검사에서 Q 값이 3.35($p=.65$)로 유의하지 못하여 연구 자료의 이질성에 대한 귀무가설을 기각하는데 실패하여 분석대상 자료의 동질성을 확인하였다. 또한 FES 중재를 사용한 메타분석 결과 전체 효과에 대한 검정에서 유의한 효과를 보인 것으로 나타났다($p=.00$) (그림 2).

4. FES의 중재를 통한 환측 상지의 사용빈도와 움직임의 질의 변화에 관한 메타분석

FES의 중재에서 주요 결과측정 도구로 운동활동지표를 평가한 연구를 바탕으로 메타분석을 통해 표준화된 평균차이로 나타냈다. 분석에 이용된 주요 결과측정 도구로는 운동활동지표로 환측 상지의 사용빈도와 움직임의 질

을 평가하는 운동활동지표(Motor Activity Log; MAL)를 사용하였다. 총 3편의 연구가 이에 해당하였으며, 메타분석을 실시한 결과는 그림 3, 4와 같다.

환측 상지의 사용빈도에 대한 메타분석 결과 연구들의 이질성 검사에서 Q 값이 22.31($p=.00$)로 유의하여 연구 자료의 이질성에 대한 귀무가설을 기각하여 분석대상 자료의 이질성을 보였다. 또한 FES 중재를 사용한 메타분석 결과 환측 상지의 사용빈도에 관한 전체 효과 검정에서 유의하지 않은 결과를 보였다($p=.06$) (그림 3).

환측 상지의 움직임의 질에 대한 메타분석 결과 연구들의 이질성 검사에서 Q 값이 26.46($p=.00$)으로 유의하여 연구 자료의 이질성에 대한 귀무가설을 기각하여 분석대상 자료의 이질성을 보였다. 또한 FES 중재를 사용한 메타분석 결과 환측 상지의 사용빈도에 관한 전체 효과 검정에서 유의하지 않은 결과를 보였다($p=.60$) (그림 4).

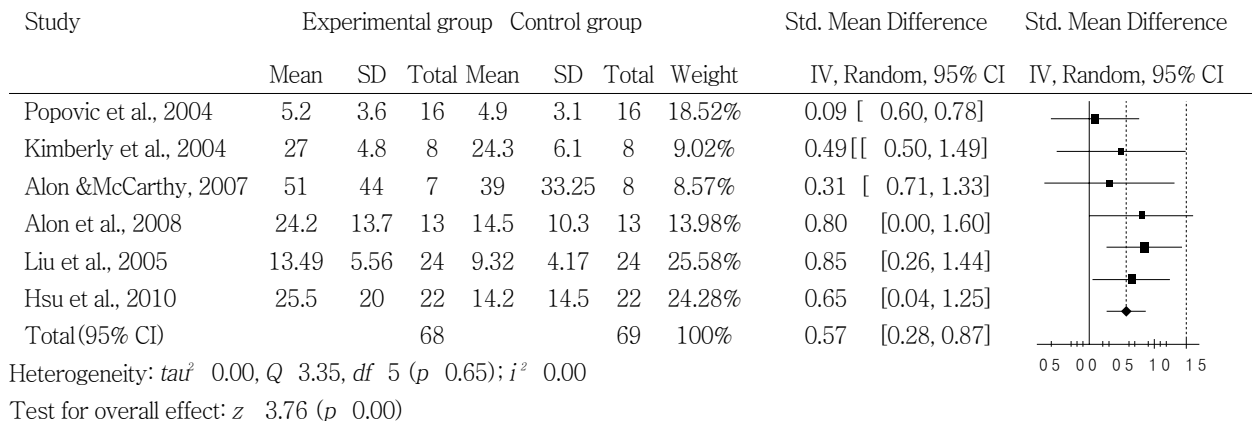


그림 2. FES의 중재가 상지기능에 미치는 효과에 관한 메타분석

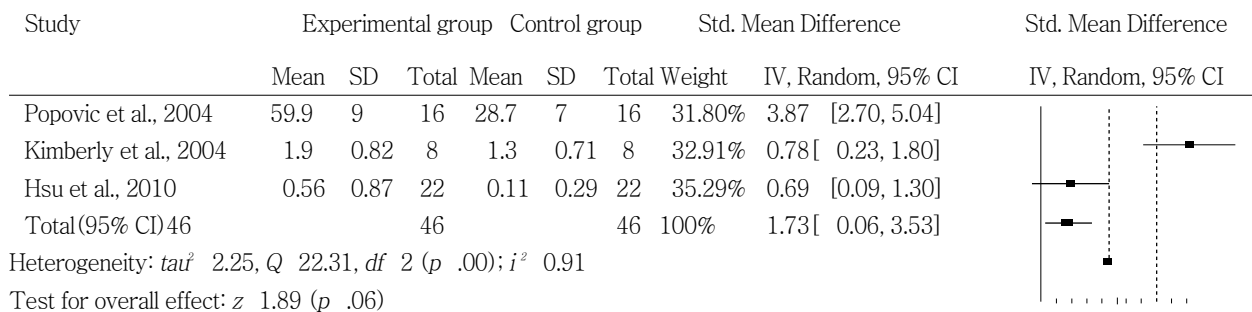


그림 3. FES의 중재가 환측 상지의 사용빈도에 미치는 효과에 관한 메타분석

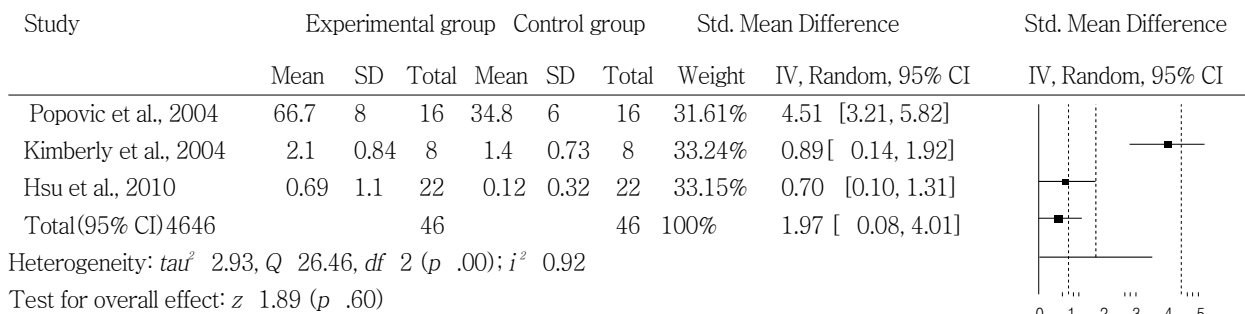


그림 4. FES의 중재가 환측 상지의 움직임의 질에 미치는 효과에 관한 메타분석

IV. 고 찰

본 연구는 뇌졸중 환자에서 FES에 관한 중재효과의 체계적 고찰을 통해 연구 대상자의 특성과 연구의 중재 특성에 관하여 알아보았고, 메타분석을 통해 FES가 상지기능에 미치는 영향을 살펴보았다. 최근에는 임상적으로 널리 사용되고 있는 FES가 뇌졸중 환자들에게 적용이 될 때에 보다 다양한 중재방법을 활용하여 연구에 적용이 되고 있었다. 특히, 특정 과제와 함께 적용되는 FES는 근육의 전반적인 상태를 촉진하고 치료효과를 극대화시킬 수 있다는 것을 확인하였다(Castro et al., 2000). 최근에는 뇌졸중 환자의 운동능력을 증진하기 위한 치료는 환경적 요소와 함께 자발적이고 능동적인 훈련을 통한 임상적 수행의 중요성이 강조되고 있다(조인술, 2008; Bolton, Cauraugh, & Hausenblas, 2004).

뇌졸중으로 인해 대부분의 환자들은 상지의 손상을 보인다. 기능적인 손의 사용에 있어 이러한 상지손상은 일상생활활동에 가장 큰 영향을 주며 뇌졸중 환자들에게는 회복을 위한 가장 중요한 요소 중의 하나로 고려된다(De Kroon et al., 2004). 전기자극은 이러한 손상된 상지의 기능적인 회복을 위한 치료적 전략 중에 하나로, 경직 감소와 근력 향상에 효과가 알려져 왔고 최근에는 움직임 조절과 기능의 회복의 효과에 대해 알려져 왔다. 이러한 전기자극의 긍정적인 효과에도 불구하고, 아직 그 근거와 증거가 결론적이지 못하며 최선의 전략을 위한 전기자극의 중재방법에서 많은 문제점과 추가적인 관심이 필요하다(Chae & Yu, 2000; Gabr, Levine, & Page, 2005).

FES의 사용을 통한 중재방법은 여러 가지 연구들을 비교하여 살펴본 결과 상지기능의 향상에 효과적인 것으로 보이며, FES의 중재만을 사용하는 것보다 기능적인 움직임을 유도하면서 수행할 수 있는 과제훈련은 그 효과를 극대화시킬 수 있었다(Alon et al., 2007, 2008). 하지만 그 적용에 있어서 대상자의 선정 기준 시에 유의해야 할 2가지 부분이 있는 것으로 보인다. FES의 중재에서 독립적인 FES의 조작과 자발적인 움직임 훈련을 위해서는 최소한의 인지상태를 필요로 하는데 일반적으로 임상에서는 MMSE를 바탕으로 연구 대상자의 인지능력을 확인하였다(Folstein, Folstein, & Mchugh, 1975). 또한 자발적이고 기능적인 손 사용을 원하는 급성기와 만성기의 중증 편마비 환자의 경우에는 이러한 FES의 사용이 어려움과 좌절감을 가져오게 할 수 있다(Sonde, Gip, Fernaeus, Nilsson, & Viitanen, 1998). 그리고 자발적이고 기능적인 손 사용은 손상된 사지의 수동적인 근수축과 단순한 근력의 향상과는 다르기 때문에 이러한 환자를 위한 FES의 적용에 있어서 손목과 손가락에서 약간의 자발적인 움직임이 필요한 것으로 사려된다.

굽힘근과 펴는근의 교대적 적용과 펴는근의 적용은 그룹 간에 통계학적으로 의미있는 결과가 나타나지 않았다. 펴는근과 굽힘근의 계획되고 목적이 없는 적용은 굽힘근에 경직의 증가를 만들 수 있으므로 펴는근의 전기적 작용 후에 굽힘근에 대한 전기자극이 필요하다고 하였다(Alfieri, 1982). 하지만 King(1996)의 연구에서는 굽힘근에 대한 FES의 적용에서 스트레칭과 같은 운동보다는 전기자극의 적용이 손목의 굽힘근에 작용하는 경직을 감소하는데 유의한 결과를 확인하였다. FES의 부착부위 및 위치에 관한

연구에서 그 효과에 관한 일치된 내용을 보이고 있지 않지만, 전반적으로 굽힘근과 펴는근의 동시적 적용보다는 분리적인 적용이 권고되며, 특정한 과제와 함께 초기에는 펴는근의 부작을 통한 기능적 사용으로 시작해서 점차적으로 움직임 조절이 가능해질 경우 굽힘근과 펴는근의 적용으로 사용범위를 넓혀가는 것이 좋을 것으로 사려된다. 이러한 펴는근과 굽힘근의 교대 적용은 NESS Handmaster를 사용한 연구에서 주로 적용이 되었다.

FES 동안에 특정 과제를 수행하면 대상자는 과제에 집중을 할 수 있게 되고, 치료사에 의한 지시나 시범을 통해 수행에 대한 운동상(motor image)을 가질 수 있게 된다(유두환과 김수경, 2009). 이러한 운동상은 실제적인 과제훈련 시에 뇌의 피질영역의 활성화와도 연관이 되는데(Gerardin et al., 2000), 손상된 상지의 반복적인 사용은 대뇌피질의 손상영역의 지속적인 자극으로 신경학적 변화를 만들어 낼 수 있고, 움직임을 동반한 상지의 사용은 손상측 손을 사용하지 않는 경우보다도 뇌의 활성화에 기여할 수 있다(Classen, Liepert, Wise, Hallett, & Cohen, 1998).

FES를 사용한 중재의 효과는 이미 많은 연구들을 통해 입증되어 왔으며, 중재방법의 다양성과 그 차이에 따라 효과가 차이가 나는 것으로 체계적 고찰과 메타분석을 통해 살펴볼 수 있었다. 따라서 다양한 중재방법을 적용한 연구로 FES의 효과를 극대화시킬 수 있는 방법을 적용할 필요가 있다. 최근에는 뇌졸중 환자의 운동 회복에 대한 고려사항으로 FES의 중재가 다양한 손상의 정도에 따라 다르게 적용되고 있다. 개인들에 대한 손상의 정도와 운동회복의 진전 가능성에 대한 차이를 계층화하여(Pomeroy & Tallis, 2002), FES의 일괄된 적용이 아닌 개별화된 적용이 필요할 것으로 생각된다. 더불어 국내 작업치료 연구에서도 이러한 상지기능의 향상을 위해 효과성이 입증된 다양한 중재방법을 통한 FES의 활용이 필요하다.

V. 결 론

본 연구는 뇌졸중 환자에서 FES에 관한 중재효과의 체계적 고찰을 통해 연구 대상자의 특성과 연구의 중재 특성에 관하여 알아보았고, 메타분석을 통해 FES가 상지기능에 미치는 영향을 살펴보았다. 최근에는 임상적으로 널리

사용되고 있는 FES가 뇌졸중 환자들에게 적용이 될 때에 보다 다양한 중재방법으로 연구에 적용이 되고 있었다. 특히, 특정 과제와 함께 적용되는 FES는 과제의 특성에 따라 효과의 차이가 크게 나타나는 것으로 보였다. 따라서 향후 연구에서는 다양한 중재방법을 적용하여 FES의 효과를 극대화시킬 수 있는 방법에 대해 살펴볼 필요가 있고, 환자의 인지 상태와 동기유발을 위한 움직임에서 세심한 주의를 필요로 한다. 이처럼 개인들에 대한 손상의 정도와 운동회복의 진전 가능성에 대한 차이를 계층화하여, FES의 일괄된 적용이 아닌 개별화된 적용이 필요할 것으로 생각된다. 더불어 국내 작업치료 연구에서도 이러한 상지기능의 향상을 위해 효과성이 입증된 다양한 중재방법을 통한 FES의 활용이 필요하다.

참 고 문 헌

- 강양훈, 윤세원, 서삼기, 박경순, 김용익, 김태열. (2007). 편마비 환자의 보행훈련 시 기능적 전기자극 병용이 척수신경원의 흥분성 변화에 미치는 효과. 대한물리치료학회지, 19(1), 11-22.
- 고희경. (2007). 기능적 전기 자극이 편마비 환자의 상지 기능에 미치는 효과. 석사학위논문, 단국대학교, 서울.
- 김정화, 윤용순, 정복희. (2008). 만성기 편마비 환자에서 상지 운동기능 회복에 대한 기능적 전기자극 치료의 효과. 대한작업치료학회지, 16(4), 19-29.
- 김지연. (2002). 기능적 전기자극이 편마비 환자의 손 기능 회복에 미치는 효과. 석사학위논문, 단국대학교, 서울.
- 김춘배. (2002). 메타분석. 대한예방의학회 2002년도 전공의 연수교육 강의집, 1, 175-200.
- 문상현. (2010). 견갑골 내전근에 대한 기능적 전기자극과 고유수용성신경근촉진법이 뇌졸중 환자의 견갑골 움직임과 상지기능 및 보행에 미치는 영향. 석사학위논문, 용인대학교, 용인.
- 박규현, 김선규, 정현애, 박래준. (2001). 기능적 전기자극에 대한 고찰. 대한물리치료학회지, 13(2), 399-405.
- 박현아. (2010). 근거중심의학과 이차문헌 검색. 가정의학회지, 31(12), 897-903.
- 신화경. (2008). 손가락 펴는근에 실시한 근전도 유발 전기

- 자극 치료가 편마비 환자의 손기능 회복에 미치는 영향. *대한작업치료학회지*, 16(3), 61-69.
- 엄광문, 강곤, 이정환. (2003). 전기자극을 이용한 상실된 운동기능의 회복: 기능적 전기자극(FES). *한국정밀공학회지*, 20(1), 26-35.
- 유두한, 김수경. (2009). 급성기 뇌졸중 편마비 환자의 FES 치료에서 자발적인 상지 움직임 훈련의 효과. *대한보조공학기술학회지*, 1(2), 21-30.
- 이명예. (2004). 만성 편마비 환자의 피부분절 전기자극이 손기능에 미치는 영향. *대한작업치료학회지*, 12(2), 29-37.
- 이영희, 원남희, 박준성, 박노옥. (1995). 기능적 전기 자극이 마비된 하지의 골조직에 미치는 영향. *대한재활의학회지*, 19(4), 694-697.
- 정진. (2004). 되먹이기법을 이용한 기능적 전기자극이 편마비환자의 상지기능 향상에 미치는 영향. 석사학위논문, 대구대학교, 대구.
- 정진우, 김순자, 임종수. (2002). 기능적 전기자극 치료의 최근 기법과 향후 발전 방향. *대한물리치료학회지*, 9(1), 167-175.
- 조미숙, 이윤미, 박래준. (2005). 기능적 전기 자극의 임상 적용에 관한 고찰. *재활과학연구*, 23(2), 129-139.
- 조인술. (2008). 근전도 유발 신경근 전기자극치료가 뇌졸중 환자의 상지기능에 미치는 효과. 석사학위논문, 대구대학교, 대구.
- 조인술, 장종성, 김경, 김옥로, 박래준. (2009). 근전도 유발 신경근 전기자극치료가 뇌졸중 환자의 상지기능에 미치는 효과. *대한물리치료학회지*, 21(2), 1-8.
- Alon, G. (2009). Defining and measuring residual deficits of the upper extremity following stroke: A new perspective. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 16(3), 167-176.
- Alon, G., Levitt, A. F., & McCarthy, P. A. (2007). Functional electrical stimulation enhancement of upper extremity functional recovery during stroke rehabilitation: A pilot study. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 21(3), 207-215.
- Alon, G., Levitt, A. F., & McCarthy, P. A. (2008). Functional Electrical Stimulation(FES) may modify the poor prognosis of stroke survivors with severe motor loss of the upper extremity: A preliminary study. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(8), 627-636.
- Alfieri, V. (1982). Electrical treatment of spasticity. Reflex tonic activity in hemiplegic patients and selected specific electrostimulation. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 14(4), 177-182.
- Armagan, O., Tascioglu, F., & Oner, C. (2003). Electromyographic biofeedback in the treatment of the hemiplegic hand: A placebo-controlled study. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(11), 856-861.
- Barker, L. L., & Parker, K. (1986). Neuromuscular electrical stimulation of the muscles surrounding the shoulder. *Physical Therapy*, 66(12), 1930-1937.
- Bhatt, E., Nagpal, A., Greer, K. H., Grunewald, T. K., Steele, J. L., Wiemiller, J. W., et al. (2007). Effect of finger tracking combined with electrical stimulation on brain reorganization and hand function in subjects with stroke. *Experimental Brain Research*, 182(4), 435-447.
- Bolton, D. A., Cauraugh, J. H., & Hausenblas, H. A. (2004). Electromyogram-triggered neuromuscular stimulation and stroke motor recovery of arm/hand function: A meta-analysis. *Journal of the Neurological Sciences*, 223(2), 121-127.
- Carr, J., & Shepherd, R. (2003). *Stroke rehabilitation*. Philadelphia: Elsevier.
- Castro, M. J., Apple, D. F., Rogers, S., & Dudley, G. A. (2000). Influence of complete spinal cord injury on skeletal muscle mechanics within the first 6 months of injury. *European Journal of Applied Physiology*, 81(1), 128-131.
- Cauraugh, J., Light, K., Kim, S. B., Thigpen, M., & Behrman, A. (2000). Chronic motor dysfunction after stroke: Recovering wrist and finger extension by electromyography-triggered neuromuscular stimulation. *Stroke*, 31(6), 1360-1364.

- Cauraugh, J. H., & Kim, S. B. (2003). Stroke motor recovery: Active neuromuscular stimulation and repetitive practice schedules. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 74(11), 1562–1566.
- Chae, J., Bethoux, F., Bohine, T., Dobos, L., Davis, T., & Friedl, A. (1998). Neuromuscular stimulation for upper extremity motor and functional recovery in acute hemiplegia. *Stroke*, 29(5), 975–979.
- Chae, J., Harley, M. Y., Hisel, T. Z., Corrigan, C. M., Demchak, J. A., Wong, Y. T., et al. (2009). Intramuscular electrical stimulation for upper limb recovery in chronic hemiparesis: An exploratory randomized clinical trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 23(1), 569–578.
- Chae, J., & Yu, D. (2000). A critical review of neuromuscular electrical stimulation for treatment of motor dysfunction in hemiplegia. *Assistive Technology*, 12(1), 33–49.
- Chan, M. K. L., Tong, R. K. Y., & Chung, K. Y. K. (2009). Bilateral upper limb training with functional electric stimulation in patients with chronic stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 23(4), 357–365.
- Chantraine, A., Baribeault, A., Uebelhart, D., & Gremion, G. (1999). Shoulder pain and dysfunction in hemiplegia: Effects of functional electrical stimulation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(3), 328–31.
- Classen, J., Liepert, J., Wise, S. P., Hallett, M., & Cohen, L. G. (1998). Rapid plasticity of human cortical movement representation induced by practice. *Journal of Neurophysiology*, 79(2), 1117–1123.
- De Kroon, J. R., & IJzerman, M. J. (2008). Electrical stimulation of the upper extremity in stroke: Cyclic versus EMG-triggered stimulation. *Clinical rehabilitation*, 22(8), 690–697.
- De kroon, J. R., IJzerman, M. J., Lankhorst, G. J., & Zilvold, G. (2004). Electrical stimulation of the upper limb in stroke: Stimulation of the extensors of the hand vs. alternate stimulation of flexors and extensors. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83(8), 592–600.
- Faghri, P. D., Rodgers, M. M., Glaser, R. M., Bors, J. G., Ho, C., & Akuthota, P. (1994). The effects of functional electrical stimulation on shoulder subluxation, arm function recovery, and shoulder pain in hemiplegic stroke patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 75(1), 73–79.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & Mchugh, P. R. (1975). “Mini-mental state”. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189–198.
- Gabr, U., Levine, P., & Page, S. J. (2005). Home-based electromyography-triggered stimulation in chronic stroke. *Clinical Rehabilitation*, 19(7), 737–745.
- Gerardin, E., Sirigu, A., Lehericy, S., Poline, J. B., Gaymard, B., Marsault, C., et al. (2000). Partially overlapping neural networks for real and imagined hand movements. *Cerebral Cortex*, 10(11), 1093–1104.
- Gracanin, F., Prevec, F., & Trontelj, I. (1967). Evaluation of use of functional electronic personaeal brace in hemiparetic patients Belgrade. *Yugoslav Committee for Electronics and Automation*, 1998–2005.
- Hara, Y., Ogawa, S., & Muraoka, Y. (2006). Hybrid power-assisted Functional Electrical Stimulation to improve hemiparetic upper-extremity function. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(12), 977–985.
- Hara, Y., Ogawa, S., Tsujiuchi, K., & Muraoka, Y. (2008). A home-based rehabilitation program for the hemiplegic upper extremity by power-assisted Functional Electrical Stimulation. *Disability and Rehabilitation*, 30(4), 296–304.
- Hedges, L. V., & Olkin, I. (1985). *Statistical methods for meta-analysis*. Orlando, FL: Academic Press.

- Hsu, S. S., Hu, M. H., Wang, Y. H., Yip, P. K., Chiu, J. W., & Hsiao, C. L. (2010). Does—response relation between neuromuscular electrical stimulation and upper—extremity function in patients with stroke. *Stroke*, 41(4), 821–824.
- Hudlicka, O., Tyler, K. R., Srihari, T., Heilig, A., & Pette, D. (1982). The effect of different patterns of long term stimulation on contractile properties and myosin light chains in rabbit fast muscle. *European Journal of Physiology*, 393(2), 164–170.
- Kimberley, T. J., Lewis, S. M., Auerbach, E. J., Dorsey, L. L., Lojovich, J. M., & Carey, J. R. (2004). Electrical stimulation driving functional improvements and cortical changes in subjects with stroke. *Experimental Brain Research*, 154(4), 450–460.
- King, T. I. (1996). The effect of neuromuscular electrical stimulation in reducing tone. *American Journal of Occupational Therapy*, 50(1), 62–64.
- Kluding, P., & Billinger, S. A. (2005). Exercise—induced change of the upper extremity in chronic stroke survivors. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 12(1), 58–68.
- Kowalczewski, J., Gritsenko, V., Ashworth, N., Ellaway, P., & Prochazka, A. (2007). Upper—extremity Functional Electric Stimulation—assisted exercises on a workstation in the subacute phase of stroke recovery. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(7), 833–839.
- Liu, J., You, W., & Sun, D. (2005). Effects of functional electric stimulation on shoulder subluxation and upper limb motor function recovery of patients with hemiplegia resulting from stroke. *Journal of First Military Medical University*, 25(8), 1054–1055.
- Mangold, S., Schuster, C., Keller, T., Zimmermann—Schlatter, A., & Ettlin, T. (2009). Motor training of upper extremity with functional electrical stimulation in early stroke rehabilitation. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 23(2), 184–190.
- Merletti, R., Acimovic, R., Grobelnik, S., & Cvilak, G. (1975). Electrophysiological orthosis for the upper extremity in hemiplegia: Feasibility study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 56(12), 507–513.
- OTseeker. *Pedro scale(partitioned): Rating sheet*. Retrieved March, 2003, from <http://www.otseeker.com/pdf/PEDroscalepartitionedratingsheet>
- Page, S. J., Levine, P., & Leonard, A. C. (2005). Effects of mental practice on affected limb use and function in chronic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(3), 399–402.
- Patten, C., Lexell, J., & Brown, H. E. (2004). Weakness and strength training in persons with poststroke hemiplegia: Rationale, method, efficacy. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 41(3), 293–312.
- Pomeroy, V., & Tallis, R. (2002). Neurological rehabilitation: A science struggling to come of age. *Physiotherapy Research International*, 7(2), 76–89.
- Popovic, D. B., Popovic, M. B., Sinkjaer, T., Stefanovic, A., & Schwirtlich, L. (2004). Therapy of paretic arm in hemiplegic subjects augmented with a neural prosthesis: A cross—over study. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 82(8–9), 749–756.
- Popovic, M. B., Popovic, D. B., Sinkjaer, T., Stefanovic, A., & Schwirtlich, L. (2003). Clinical evaluation of functional electrical therapy in acute hemiplegic subjects. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 40(5), 443–453.
- Popovic, M. R., Thrasher, T. A., Zivanovic, V., Takaki, J., & Hajek, V. (2005). Neuroprosthesis for retraining reaching and grasping functions in severe hemiplegic patients. *Neuromodulation*, 8(1), 58–72.
- Ring, H., & Rosenthal, N. (2005). Controlled study of

- neuroprosthetic functional electrical stimulation in sub-acute post-stroke rehabilitation. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 37(1), 32–36.
- Rushton, D. N. (2003). Functional Electrical Stimulation and rehabilitation: An hypothesis. *Medical Engineering and Physics*, 25(1), 75–78.
- Sonde, L., Gip, C., Fernaeus, S. E., Nilsson, C. G., & Viitanen, M. (1998). Stimulation with low frequency (1.7 Hz) transcutaneous electric nerve stimulation (low-tens) increases motor function of the post-stroke paretic arm. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 30(2), 95–99.
- Sullivan, J. E., & Hedman, L. D. (2004). A home program of sensory and neuromuscular stimulation with upper-limb task practice in patient 5 years after stroke. *Physical Therapy*, 84(11), 1045–1054.
- Szaflarski, J. P., Page, S. J., Kissela, B. M., Lee, J. H., Levine, P., & Strakowski, S. M. (2006). Cortical reorganization following modified constraint-induced movement therapy: A study of 4 patients with chronic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(8), 1052–1058.
- Teasell, R. W., Bhogal, S. K., Foley, N. C., & Speechley, M. R. (2003). Gait retraining post stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 10(2), 34–65.
- Thrasher, T., Zivanovic, V., Mellroy, W., & Popvic, M. R. (2008). Rehabilitation of reaching and grasping function in severe hemiplegic patients using Functional Electrical Stimulation therapy. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 22(6), 706–714.
- Vearrier, L. A., Langen, J., Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. (2005). An intensive massed practice approach to retraining balance post-stroke. *Gait and Posture*, 22(2), 154–163.
- Wang, R. Y., Yang, Y. R., Tsai, M. W., Wang, W. T. J., & Chan, R. C. (2002). Effects of Functional Electric Stimulation on upper limb motor function and shoulder range of motion in hemiplegic patients. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(4), 283–290.
- Wilder, R. P., Wind, T. C., Jones, E. V., Crider, B. E., & Edlich, R. F. (2002). Functional Electrical Stimulation for a dropped foot. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*, 12(3), 149–159.

Abstract

A Systemic Review and Meta Analysis on the Effects of FES Intervention for Stroke Patients

Yoo, Doo-Han^{*}, M.P.H., O.T., Lee, Jae-Shin^{**}, Ph.D., O.T.,
Kim, Hyoung-Min^{***}, M.P.H., O.T., Hong, Deok-Gi^{****}, B.H.Sc., O.T.

^{*}Dept. of Occupational Therapy, Chonbuk National University Hospital

^{**}Dept. of Occupational Therapy, Konyang University

^{***}Dept. of Occupational Therapy, Sungduk University

^{****}Dept. of Occupational Therapy, Wonkwang University Jeonju Oriental Medical Hospital

Objective : The purpose of this study is to look at a systemic review and meta-analysis on the effects of FES Intervention for stroke patients. Through this comprehensive study, we have to standardize and compare the studies.

Methods : Depending on the selection criteria, 23 researches was searched for by EBRSR and Cochrane database. Compliance with the qualitative analysis of research evaluation framework divided along the subject characteristics and study characteristics were coded. And select frequently used tool to measure the average and standard deviation and sample size depending on the topic have conducted a meta-analysis.

Results : Selected 23 studies were Pedro score 3 points or more, and randomized trials. The primary outcome measure tools including tools for upper extremity, motor activity log, activity daily of living were used. FES in an effort to maximize the effects of intensive applied for a short period of time, the different ways to attach a high-intensity stimulation, or perform certain tasks with the voluntary and include an active performing showed that maximizes the effectiveness of treatment. In activities of daily living was not a significant effect. The effect of upper extremity function by FES intervention on the meta-analysis showed significant effect, but motor activity log was not.

Conclusion : FES has been widely used clinically for stroke patients to maximize the effect had been applied to various interventions. Specifically, the FES is applied with a specific task, depending on the nature of the project showed that the effect of differences. In addition, the use of FES applied to a variety of interventions are needed on national occupational therapy.

Key words : FES, Meta-analysis, Stroke, Systemic review, Upper extremity function