대한물리치료사학회지 제4권 제4호
KAPT Vol. 4, NO. 4, 1997. 12

FES를 이용한 편마비 환자의 보행증진에 대한 연구

삼성의료원 재활의학과 물리치료실
삼육대학교 의약학부 재활치료학과

양희송·김광수·이해덕*

Study for gait improvement of hemiplegic patients using Functional Electrical Stimulation

Yang, Hoi-song, R.P.T., kim, Kwang Soo, R.P.T
Lee, Hae-Deck, M.A., R.P.T.*

Dept. of Physical Medicine & Rehabilitation, Samsung Medical Center
Dept. of Physical Medicine & Rehabilitation, Samsung Medical Center
*Dept. of Rehabilitation Therapy, College of Medical Pharmacy, Sham yook University.**

— ABSTRACT —

The purpose of this study was to determine the effects of FES on the clinicaltest patients who had disturbance gait due to cereberal vascular accident.

The subjects for study were 16 hemiplegic patients (9 Male and 7 Female) who can gait with or without device. Their average age was 55 and they received average of 20.19 month of treatment collected data analysis was completed by using one-way analysis variable(ANOVA), Pearson ($-1 \leq r \geq 1$).

The results were as follows :

1) There was difference in four variable (stride length,gait speed,gait cadence) between at the biginning and at the end of the treatment of FES ($p<0.01$).
2) There was relationship in capacity of activity between MAS and stride lengt h ($r = 0.751$), gait speed ($r = 0.689$) but no relationship gait cadence ($r = 0.236$).
3) Age revealed relationship of stride length ($r = -0.727$), gait speed ($r = -0.725$), gait cadenc ($r = -0.362$).
4) There was no relationship in months post-CVA with MAS ($r = 0.171$), stride length ($r = -0.110$), gait speed ($r = -0.096$), gait cacedce ($r = -0.154$).

Key Word : Stroke, Gait, Rebabilitation, Functional Electrical Stimulation

차 례

서 론
연구대상 및 연구방법
연구 대상
FES 기구 설명
통계방법
연구 결과
FES적용전과후의 Stride Length, Gait speed, Gait Cadence 평가
MAS와 FES치료결과와 상관관계 비교
FES치료와 여러변수와 상관관계 비교
고 찰
결 론
참고문헌

서 론

뇌졸중은 보행장애를 가져오며 환자에게 장기간의 장애(disability)를 남게 할 수 있다. 뇌졸중 환자를 재활하기 위해 ,또는 보행능력 향상을 위해 물리치료사는 여러 가지 치료방법으로 환자에게 접근해야 한다[18] 예를 들면 기능적인 면에 기초를 둔 전통적인 치료방법, 신경생리학적 모델에 기초를 둔 NDT (Neurodevelopmental Technique)[2,3,4] Brunstrum[18] PNF (Proprioceptive Neuromusc388-4174388-4174388-4174388-4174ular Facilitation) 등이 있다. 어떤 특별한 치료적 접근이 우월하다는 것은 일상생활동작이나 일반적인 운동성에 의해서 입증되지는 않았다. 많은 편마비 환자가 있음에도 불구하고 공통적으로 받아들여지는 치료 프로그램이 존재하지 않는다. 가장 폭넓게 사용되고 있는 보행능력 향상을 위한 치료방법으로는 근력증진운동, 관절가동력 증진 운동과 보조기나 그 밖의 다른 기구를 이용한 치료이다. 많은 다른 병원에서는 치료의 기본을 반사억제와 촉진에 두고있다.[2,3,4,7,22]. 편마비 환자에게 많은 도움을 줄 수 있는 Biofeedback[9] 기능적 전기자극 (Functional Electrical Stimulation, 이하 FES라함)[11,12,15,16,18,22,23]과 같은 더 새로운 치료방법들이 보고되고 있음에도 임상의 많은 치료사에게 외면당하고 있다.

Liberson에 의해 기능적 전기치료 (Functional Electrotherapy) 가 뇌졸중 환자의 발의 배측굴곡에 도움을 줄 수 있다고 하는 임상보고 된 후에 마비된 근육에 전기적자극의 사용은 신중하게 고려 되어지고 있다.[18] 비골 신경자극기(Peroneal Stimulator)를 이용한 많은 임상보고에서 신경자자극기를 사용하여 치료하였을때 이 기구를 사용하였을 때나 사용하지 않았을 때도 편마비환자의 보행능력향상과 배측굴곡에 효과가 있다고 보고하고 있다.[12,19,22,23] 또한 전체적인 보행패턴의 향상을 위해 보행에 필요한 6개의 주 근육을 자극하는 다채널 기능적 전기치료 (Multichannel Functional Electrical Stimulation, MFES)[16,21,29,30]를 적용하는 임상보고서도 많이 있다. 그리고 전극패드 부착의 불편함을 해소하기 위해 감지기(sensor)를 공동 비골신경(common peroneal nerve)에 삽입하는 수술를 시행하여 보행증진을 시도하는 여러 연구가 보고되고 있다. 자극으로 인한 환자의 불편함, 매일 반복되는 자극기(Stimulator) 착용의 문제점 등을 해결하기 위하여 신경자극기를 이식하는 방법들이 개발되고 있다.

그러나 환자가 꼭 비골신경 자극기 (Peroneal Stimulator)를 이식하는 수술을 해야하는가 하는 문제가 제기된다. 이러한 결과들이 주목을 받고 있지만 양적인 자료의 부족으로 폭넓게 사용되지 않고 있다. 또 많은 저자들이 Stimulator에는 몇가지 문제점이 있다라고 말하고 있다.

첫째 - 가장 중요한 문제점이 통증이다. 많은 연구에서 전극 (electrode)의 크기, 자극의 강도나 빈도, 시간을 조절하므로써 통증을 감소시킬 수 있다고 보고하고 있다.

둘째 - 비골신경 자극기 (Peroneal Stimul-

표 1. Basic data about subjects participating in study

Subjects No.	Age	Gender	Hemipareseis	Months post - CVA	Orthosis	Walking Aid
1	46	M	Rt	8	X	X
2	77	F	Lt	24	AFO	single cane
3	57	M	Lt	26	X	X
4	48	M	Rt	48	AFO	X
5	49	F	Rt	32	AFO	X
6	59	M	Lt	40	AFO	X
7	34	M	Rt	2	X	X
8	42	F	Lt	5	X	X
9	43	M	Lt	18	AFO	single cane single cane
10	62	M	Lt	40	X	single cane
11	61	M	Lt	5	AFO	single cane
12	61	F	Lt	15	AFO	X
13	77	F	Rt	34	X	single cane
14	64	F	Rt	11	X	X
15	67	F	Rt	12	X	X
16	36	M	Lt	3	AFO	X
Mean	55.19			20.19		
SD	13.20			14.96		

ator) 도자위치의 문제점이다.

그러므로 표면 자극 (surface stimulator)의 내재성 문제가 제거 되어진다면 환자가 기기를 사용함에 용이할 것이다. 장기간 동안 보조기의 착용 후 근육의 비활동성으로 인한 근육의 약화는 균형문제, 고유수용성 장애, 관절구축을 일으킨다[22] 이러한 환자에게 보조기 없이 정상적인 보행패턴을 기대한다는 것은 어려운 일이다. 우리는 근육이 신체적 운동이나 FES로 근력이 좋아진다는 것을 믿고 있다.

뇌졸중 발병 후 어느 정도 보행능력의 향상을 보여 스스로 보행이 가능한 환자도 배측굴곡의 결여로 보조기에 의존하거나 보조기를 착용하지 않을 때에는 발목염좌(ankle sprain)위험요소를 갖고 보행을 한다. 이 보고서는 보조기와 발목염좌(ankle sprain)의 위험요소 제거 방법, 정상적인 보행패턴을 증진시키는 치료수단의 하나로서 FES를 이용한 뇌졸중환자 보행능력 증진을 위해 쓰게 되었다.

연구대상 및 방법

연구대상

이 연구에 참여한 환자는 삼성의료원 재활의학과에서 외래치료를 받는 뇌졸중을 주소로 한 환자로 하였다. 연구대상은 아래 선택기준에 따라 16명의 환자를 선택하였다.

1. 뇌혈관 장애로 뇌졸중이 된 환자중에서 물리치료나 평가를 받는데 어려움이 없는 환자
2. 신체상태나 기능상태가 지팡이나 보조기를 이용하여 보행이 가능한 환자
3. FES를 이용하여 편안한 정도의 자극으로 보행이 가능한 정도의 근 수축이 가능한 환자.

4. 심각한 경련이나 피부민감성, 통증을 호소하는 환자는 제외하였다.
5. FES 사용을 인지하고 지각 할 수 있는 환자
6. 관절에 구축이나 변형이 없는 환자
7. 환자가 FES 사용에 동의한 환자

연구방법

선택된 16명의 환자는 '3주동안 1주일에 3번 일반 물리치료와 FES치료를 받았으며, 치료시간은 전극배치를 포함하여 30분에서 1시간으로 하였다. 일반 물리치료로는 신경근 조직의 재교육을 위한 치료방법으로 Bobath Approach와 신경근 촉진을 위한 운동 프로그램을 겸하였다. 일반 물리치료의 주된 목적은 기능적인 회복강화, 통증과 구축예방, 자세 긴장도를 강화시키는 패턴이나 정상적인 운동을 방해하는 요소를 억제하고, 선택적 운동조절이나 기능적인 숙련을 촉진하는 것이다.

FES를 이용하여 치료하기 전에 환자는 앉은 자세에서 전경골근의 기시부와 기저부위에 전극을 부착하고 편안한 상태에서 최적의 반응이 보일 때까지 강도를 조절한다. 이때 전기에 대한 피부저항을 최소로 하기위해 알콜로 부착부위를 청결하게 하였다. 그리고 발목 스위치(foot switch)는 발바닥 부분에 부착하였다. 환자가 불편함을 호소할 때에는 즉시 자극강도를 조절하였다. 과도한 자극강도는 보행을 보조하기 보다는 보행을 방해하는 요인이 되기 때문이다. 자극강도는 앉은 자세에서 최적의 반응이 나타났을 때 근 긴장도가 증가하기 때문에 앉은 자세의 강도에 비해 10% 올린 상태에서 보행을 시작하였다. 또한 보행을 시작하기 전에 비복근의 근 긴장을 최소로 하기위해 3분정도 신장운동을 한 후에 보행을 시작하였다.

보행은 20M walkway에서 시행하며 치료사는 환측(affected side)에 서서 필요한 사항을 지시하였다. FES치료는 모든 환자를 동일 치료사가 치료·평가 하여 치료사간의 오차를 줄였다.

보행중에 원치 않은 반응이 보이거나 변형을 초래할 경우 전극배치를 재조정 하였다. 보행시의 평가항목으로는 초시계(stop watch)를 이용하여 보폭수(Number of Stride), 평균보폭(Mean Stride Length)(총거리/보폭수), 평균보행속도 (Mean Gait Speed)(총거리/초당), 평균 보행주기(Mean Gait Cadence)(총보폭수/분당)를 치료하기 전과 후에 각각 3회씩 평가하였다.[5,6,8,25,28] 환자의 기능적 상태와 여러가지 변수와 상호관계 대비를 알아보기 위하여 운동평가 척도(Motor Assessment Scale : MAS)[13]를 치료 후에 평가하였다. MAS는 9개의 항목, 즉 누워서 돌아눕기(supine to side lying)·누워서 일어나기 (supine to sitting over side of bed)·앉은자세 균형(balanced sitting)·일어나 앉기(sitting to standing)·보행(walking)·상지 기능(upper-arm function)·손 운동(hand movement)·진보된 손 운동(advanced hand activities)·일반적인 긴장도(general tonus)로 이루어져 있으며 각각의 항목당 0~6점의 점수를 주어 평가하였다.

FES 기구 설명

이 연구에 사용된 FES 치료기구(Microstim)는 Intermittent rectangular biphase stimulation pulse이다. 이 기구는 자극기(Stimulator box), 전극(Electrodes), 발목 스위치(Foot switch) 3개의 부분으로 구성되어 있다.

자극기(Stimulator) - 자극강도는 0~99㎃, 자극빈도는 1~99Hz, 자극폭(pulse duration)은 10~700 microseconds로 되어 있다. 이 연구에서 자극강도는 70㎃, 자극빈도는 35Hz, 자극폭은 250 microseconds로 설정을 했다.

전극(Electrodes) - 검정선과 붉은 선으로

되어있으며 검정은 전경골근의 기시부에, 붉은 선은 기저부에 부착하고 electrode를 고정하기 위해 self-adhensive electrode를 사용하였다. 전극 (Electrode) 은 5×5cm self-adhensive pad를 사용하였다.

발목스위치(Foot switch) - 보행주기에서 비골신경의 자극을 동시에 일어나게 하기위해 발뒷굼치에 스위치를 부착하였다. 이 스위치는 보행주기중 환측의 다리가 지면에서 떨어지게 되면 스위치가 열리고 지면에 닿게되면 닫히게 된다. 스위치가 열리게 되면 배측굴곡과 외반이 된다.

통계 방법

수집된 자료는 SAS을 이용하여 평균 보폭(Mean stride length), 평균 보행속도(Mean gait speed), 평균 보행주기(Mean gait cadence)의 평균을 산출 하고 치료전과 후의 FES 효과 비교는 ANOVA, a paired t-test를 이용하였다. MAS(Motor Assessment Scale)와 보폭거리(Mean Stride Length), 보행속도(Mean Gait Speed), 보행주기(Mean Gait Cadence)사이의 상호관계 대비는 Persons 방법을 이용하였다.

MAS(Motor Assessment Scale), 보행주기(Mean Gait Cadence), 보폭(Stride Length), 보행속도(Gait Speed)와 대상자의 나이, 발병 후 치료기간(Time between onset of beginning of therapy), 손상부위(Side of impaired)사이에 상호관계 대비는 Pearsons통계방법을 이용하였다.

표 2. Values of the Four Measured Variables for Each Subjects and Their Group Means

Subjects No.	MAS	Stride			Gait Speed(m/s)			Gait Cadence(Number of step/s)		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	44	.714	.769	.70	.526	.556	.669	.737	.722	.767
2	34	.367	.384	.417	.156	.16	.167	.437	.416	.4
3	47	.769	.833	.909	.465	.540	.571	.605	.649	.629
4	49	.952	.909	1	.690	.714	.740	.724	.786	.740
5	47	.909	.909	.952	.526	.556	.588	.759	.611	.778
6	40	.322	.333	.350	.206	.230	.333	.395	.690	.95
7	49	1	1	1.11	.667	.714	.80	.7	.714	.72
8	36	.740	.769	.8	.540	.588	.606	.730	.765	.758
9	41	.588	.667	.714	.333	.357	.426	.567	.536	.848
10	40	.667	.690	.714.	.267	.308	.333	.4	.446	.467
11	32	.5	.26	.571	.345	.357	.364	.690	.679	.646
12	30	.392	.4	.417	.260	.308	.351	.662	.649	.842
13	40	.5	.562	.556	.241	.294	.351	.482	.559	.632
14	29	.333	.351	.364	.153	.206	.250	.458	.588	.688
15	49	.667	.625	.667	.339	.351	.364	.508	.561	.545
16	32	.556	.588	.690	.238	.286	.333	.429	.486	.483
Mean	39.94	.622	.642	.693	.372	.407	.452	.580	.616	.670
SD	7.11	.218	.201	.236	.174	.177	.183	.135	.110	.145

※ (1) At the begining of program without FES
(2) At switch over of treatment without FES
(3) At the end of thr program with FES

연구결과

표 2에서 치료하기 전과 후에 각각의 변수에 대하여 평균과 표준편차를 나타냈으며, 표 3에서 각각의 항목에 대하여 치료하기 전과 후의 치료효과를 ANOVA (99%)로 통계결과를 보여주었다.

여기에서 치료 전과 후에 보폭 (Stride Length), 보행속도 (Gait Speed), 보행주기 (Gait Cadence)와는 유의한 차이를 보였다 ($P < 0.01$).

표 3. Analysis of Variance results of subjects perfor mance determined by four variables (Stride Length, Gait Speed, Gait Cadence)

	Sride Length 3	Gait Speed 3	Gait Cadence
Stride Length 1	$p < 0.01$		
Gait Speed 1		$p<0.01$	
Gait Cadence 1			$p<0.01$

표 4 에서는 MAS (Motor Assessment Scale) 와 보폭 (Stride Length), 보행속도 (Gait Speed), 보행주기 (Gait Cadence)와의 상호 상관대비를 Pearson ($-1 \leq r \geq 1$) 대한 결과를 나타냈다.

여기에서 MAS (Motor Assessment Scale) 와 보폭 (Stride Length), 보행속도 (Gait Speed)와는 상호 상관관계가 있었으나, MAS (Motor Assessment Scale)와 보행주기 (Gait Cadence)와는 상관관계가 적었다.

표 4. Correlation Coefficients (Pearson r) Between Motor Assessment Scale, Stride Length, Gait Speed, Gait Cadence.

	Sride Length 3	Gait Speed 3	Gait Cadence
MAS	.751	.689	.236

표 5 에서는 나이와 발병 후 기간과 여러변수와 상호 연관관계를 알아보았다. 여기에서는 나이와 여러변수와 음의 상관관계를 보여주었으며 발병 후 기간과는 연관성이 적은 것으로 나타났다. 위의 결과에서 보여주듯이 환자의 기능적 상태가 좋은 환자는 보폭(Stride Length), 보행속도 (Gait Speed) 가 호전됨을 보여준다.

그러나 보행주기 (Gait Cadence) 는 기능적상태와 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 흥미로운 사실은 발병 후 치료기간과는 여러항목에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

표 5 Correlation Coefficients (Pearson r) Between Age, Months Post-CVA and Motor Assessment Scale, Stride Length, Gait Speed, Gait Cadence.

	MAS	Sride Length	Gait Speed	Gait Cadence
AGE	-0.327	-0.727	-0.725	-0.362
Months Post - CVA	0.171	-0.110	-0.096	-0.154

고 찰

근육의 비활동성에 의한 근력약화나 근육조절 장애는 균형의 문제, 고유수용성의 장애, 관절 구축 등을 동반하게 된다. 우리는 근육은 신체적 운동과 FES를 이용해 근력이 증가한다고 믿고 있다.

동시에 환자는 손상된 사지를 용이하게 움직임이 가능하게 된다.[18]임상연구에서 FES의 치료적 효과, 보조기로서의 역할에 대한 논문도 제기하고 있으며 몇몇 연구에서는 FES 가 치료적 효과보다는 보조기로서의 역할로서 더 유용하다고 보고하고 있다.[11] 최근 kinesiological study에서는 단채널 기능적 전기자극 (Single channel functional electrical stimulation)로 Foot drop 교정한 보고서가[22] 있은 이후에 보행에 중요한 역할을 하는 몇개의 근육을 선택적으로 자극하는 다채널 기능적 전기자극 (Multichannel FES)을 이용하여 비정상적인 보행교정 그리고 치료적 효과에 대한 임상보고서가 있다.[3,4,7,15,16,17,19] 그리고 최근에는 Kinesiological studies & Clinical assessment에서는 6개의 채널을 이용하여 병적보행을 교정, 재활촉진, 환자의 지구력을 증진했다고 보고하였다[21,29,30] 반면에 FES를 이용한 치료효과는 치료 초기에는 꽤 효과를 나타내지만 치료 후 6~12달 후에는 치료효과가 사라진다는 보고도 있다.[21,30] Marsolais et al[29]은 뇌졸중 환자의 보행에 이용하는 목적이 치료적인 것이 아니라 보조기의 역할로써 사용 되어져야 한다고 주장하였다.

그러나[14] 같은 그룹에서 전극도자를 근육내에 삽입한 경우 치료적 효과도 있다는 주장도 있다. 전경골근이 수의적인 동작이 보이면서 내반이 우세한 경우에는 비복근의 기시부와 기저부에 전극를 배치하였다. 앉았을 때와 서있을 때 자세긴장도의 변화가 심한 환자는 FES를 적용하는데 어려움이 있었다. 왜냐하면 배측굴곡과 내반 그리고 외반의 균형을 유지하기 위해 자극강도를 많이 올렸을때 부작용으로 환자는 불편함을 호소하였으며 심한 근 긴장도를 보였다. 처음부터 목표하는 자극강도로 올리지 않고 보행중에 서서히 원하는 자극강도로 증가시켰다. 이것은 전기에 대한 환자 거부반응과 불편함을 최소로 하기위함이다. 원하는 보행패턴이 처음부터 보이지 않고 환자가 FES에 적응하면서 원하는 반응이 보이는 것을 볼 수 있었다.

결 론

이 연구는 삼성의료원 재활의학과에서 외래치료를 받는 16명의 뇌졸중 환자를 대상으로 보행증진에 대한 연구를 하였다.

1) 치료하기 전과 치료 후에 보폭 (Stride Length), 보행속도 (Gait Speed), 보행주기 (Gait Cadence)은 유의한 차이가 있었다 ($p<0.01$).

2) MAS (Motor Assessment Scale), 보폭 (Stride Length), 보행속도 (Gait Speed), 상호관계가 있었으나 MAS (Motor Assessment Scale) 와 보행주기 (Gait Cadence)는 상관관계가 적었다.

3) 나이는 여러변수와 음의 상관관계가 있었으며, 발병 후 치료기간과는 연관성이 적은것으로 나타났다.

이 연구에서 FES를 착용했을 때 비정상적 보행패턴은 많은 호전을 보였으며 보폭 (Stride Length), 보행속도 (Gait Speed), 보행주기 (Gait Cadence)도 전반적인 호전을 보였다. 그러나 치료후 FES를 착용하지 않았을때 전경골근의 (Anterior Tibialis Muscle) 능동적 움직임에는 큰 차이를 보이지 않았다. FES는 뇌졸중을 치료하는 여러 방법들 중의 하나로서 병원에서 치료하는 방법과 병행하면서 적용할 수 있도록 더 많은 임상보고서가 있어야 한다고 생각한다.

참고문헌

1. Bajd and L.Kralj, Simple Kinematic gait measurements, J.Biomed.Eng. 2: 129-132, 1980.
2. B.Bobath, Adult Hemiplegia:Evaluation and Treatment, 3rd Edition. Oxford England : Halley Court, Jordan Hill, Butterworth-Heinemann Ltd, 1990.
3. Bobath B. Adult Hemiplegia Evaluation and Treatment.London,England: William Clowers &Sons Ltd; 01971.
4. Bobath B. Treatment of adult hemiplegia.physiotherapy, 63:310-313 1977.
5. Boenig D.Evaluation of a clinical method of gait analysis.Phys Ther, 57: 795 - 8, 1977.
6. Brandstater M, deBruin H, Gowland C, Clark B. Hemiplegic gait:analysis of temporal variables. Arch Phys Med Rehabil, 64:583-587, 1983.
7. Brunnstrom S. Movement Therapy in Hemiplegia. New York,NY:Harper & Row Publishers; 1970
8. Cerny K.A clinical method of quantitative gait analysis. Phys Ther, 63: 1125 - 1126, 1983 .
9. Colette Day, Cozean,William S,Pease, Hubbell. Biofeeddback and Functional Eletric Stimulation in Stroke Rehabilitation. Arch Phys Med Rehabil, 94:401-404, 1988.
10. Edwards A. Statistical methods, 3rd ed.New York: Holt Rinehart and Winston. 1973 : 186.
11. Gracanin F : Electrical stimulation as orthotic aid : experiences and prospects. In Murdoch G : Prosthetic and Orthotic Practice. London, Edward Arnold (Publishers) Ltd, pp 503-511, 1970.
12. Gracanin F, Prevec T, Trontelj J : Evaluation of use offunctional electronic peroneal brace in hemiparetic patients. External control of human extremities, Yugoslav Committee electronics and automation. Belgrade, 198-205, 1967.
13. Janet L.Poole. MA. OTR/L, Suan.L . Whitney, MS.PT. Motor Assessment Scale for Stroke Patients; Concurrent validity and interrater reliability. Arch Phys Med Rehabil,

69:195-197, 1988.

14. J. Jacobs-Daly, K. Barnicle, R. Kobetic, and E.B. Marsolais, Electrically induced gait changes post stroke, using an FNS system with intramuscular electrodes and multiple channels, J. Neuro. Rehabil, 7:17-25, 1993.
15. Kljajic M, Malezic M, Acimovic R, Vavken E, Stanic U, Pangrsic B.et al.Gait evaluation in hemiparetic patients using subcutaneous peroneal electrical stimulation. Scand J Rehabil Med, 24:121-126, 1992.
16. Kralj A, Acimovic R, Stanic U.Enhancement of hemiplegic patient rehabilitation by menns of functional electrical stimulation. Prosthet Orthot Int, 22:438-441, 1993.
17. Lehmann JF, Cindon SM, Price R, deLateur BJ. Gait abnormalities in hemiplegia: their correction by ankle-foot othoses. Arch Phys Med Rehabil, 68:763-771, 1987.
18. Liberson WT, Holmquest HJ, Scot D, et al : Functional electrotherapy : stimulation of peroneal nerve synchronized with swing phase of gait of hemiplegic aptients. Arch Phys Med Rehail, 42:101-105, 1961.
19. Merletti R, Andina A, Galante M, Furlan I. Clinical experience of electronic peroneal stimulators in 50 hemiparetic patients. Scand J Rehabil Med, 11:111-121, 1979.
20. M. Kljajic.T. Bajd,and U. Stanic, Quantitative gait evaluation of hemiplegic patients using electrical stimulation orthoses, IEEE Trans Biomed.Eng, 22: 438-441, 1975.
21. P .Strojmik, A. Kralj, and N Ursic, Programmed six-channel electrical stimulator for complex stimulation of leg muscles during walking, IEEE Trans. Biomed.Eng, 26:112-116, 1979.
22. R.L. Waters, R.D. Mcneal, and J. Perry, Experimental correction of footdrop by electrical stimulation of peroneal nerve, j Bone Joint Surg, 57-A:1047-1054, 1975.
23. R.L. Waters, R.D. Mcneal, W. Fallon, and B. Clifford, Functional electrical stimulation if the peroneal nerve for hemiplegia, Long-term clinical follow-up, J.Nube Joint Surg, 67-A:792-793, 1985.
24. Rozman J, Acimovic Janezic R, Tekavcic I, Kljajic M, Triep M. Implantable stimulator for selective stimulation of the common peroneal nerve: A Preliminary report. J Med Eng Tech, 18::18-47, 1994.
25. Singleton S, Keating S, McDowell S, Coolen B, Wall J. Predicting step time from step length and velocity. Aust J Physiol, 38:43-46, 1992.
26. Strojnik, P, Acimovic,R, V avken, E, Simic, V.and Stanic, U.Treatment of drop foot using an implantable peroneal underknee stimulator. Scand, J of Rehabil Med. 19:37-43, 1987.
27. Stanic U, Acimovic-Janezic R, Gros N,et al. Multichannel electrical stimulationfor correction of hemiplegic gait. Scand J Rehabil Med, 10:75-92, 1978.
28. T.D. Wade, V.A. Wood, and R.L.

Hewer, Recovery after stroke-The first 3months, J.Neurol,Neurosurg. Psych, 48:7-13, 1985.
29. T. Oberg, A. Karzsnia.and K. Oberg, Basic gait parameters: Reference data for normal subjects, 10-79 years age, J.Rehabil,Res.Dwv, 30: 210-223, 1993.
30. U. Bogataj,N. Gros,and M. Klijajic et al ,The rehabilitation of gait in patients with hemiplegia : A comparsion between conventional therapy and multichannel functional electrical stimulation therapy, Phys, therapy, 75:490-502, 1995.
31. U. Bofataj,N. Gros,and M. Malezic et al, Restoration of gait during two to three weeks of therapy with multichannel electricalstimulation, Phys.Therapy, 75:319-327, 1989.
32. Wade D, Wood V, Heller A, Maggs J, Langton Hewer R. Walking after stroke. Scand J Rehabil Med, 19:25-30, 1987.