경피전기자극을 이용한 연접 전 억제가 만성 뇌졸중 환자의 global synkinesis에 미치는 영향

■박영현, 김수현¹, 최현², 오석¹, 최지호¹, 김태열³

전북대학병원 물리치료실, ¹동신대학교 대학원 물리치료학과, ²목포미래병원 물리치료실, ³동신대학교 보건복지대학 물리치료학과

The Effect of Presynaptic Inhibition Using the Transcutaneous Electrical Stimulation for Global Synkinesis on the Post-Stroke Hemiplegic Patients

Young-Hyun Park, PT; Su-Hyun Kim, PT¹; Hyun Choi, PT²; Seok Oh, PT¹; Ji-Ho Choi, PT¹; Tae-Youl Kim, PT, PhD³

Department of Physical Therapy, Chon-buk national university hospital; ¹Clinical ElectroPhysiology Lab, Dongshin university; ²Department of Physical Therapy, Mok-po mirae hospital; ³Department of Physical Therapy, Health & Welfare College, Dongshin university

Purpose : This study was performed as follows in order to investigate the effect of presynaptic inhibition mechanism using the transcutaneous electrical stimulation (TES) for global synkinesis (GS) on the post-stroke hemiplegic patients.

Methods : The subjects consist of 38 post stroke hemiplegic patients; experiments were performed on thirty patients excluding eight. The experiment was performed on sham group, sensory level stimulation group, and motor level stimulation group for 20 minutes a day 5 times a week for 6 weeks total. We compared the differences in GS levels and walking ability. The measurements were carried out pre, immediated, post 10th, and 20th, for a total of four measurements.

Results : The GS level using sEMG found significant differences between groups at the post 10th and post 20th in dorsiflexion, and post 20th in plantarflexion ($p<0.05$, $p<0.01$). The motor level group indicated more significant differences when the number of electrical stimulations increased. TUG and 10 m walking test indicated a significant difference at immediated, post 10th, and post 20th. The motor level group showed more significant decreasing tendency than the sensory level group.

Conclusion : From these results, electrical stimulation using presynaptic inhibition mechanism of transcutaneous electrical stimulation (TES) had positive effects for walking ability on inhibition of muscle tone in lower extremity. The motor level stimulation group experienced a more significant effect than the sensory level stimulation group. Therefore, the transcutaneous electrical stimulation (TES) is considered to be effective on walking ability increasing through inhibition of muscle tone in lower extremity for rehabilitation of post stroke hemiplegic patients.

Key words : Ttranscutaneous electrical stimulation (TES), Global synkinesis (GS), Presynaptic inhibition

논문접수일 : 2010년 5월 11일

수정접수일 : 2010년 6월 5일

게재승인일 : 2010년 6월 10일

교신저자 : 김태열, ptcep@hanmail.net

1. 서론

뇌졸중 후 대부분의 환자들은 편마비, 자세 및 균형장애, 보행장애 등의 증상을 보이게 되는데,¹ 그 이유는 편마비 환자들이 상·하지 운동조절의 어려움, 근력약화와 경직, 과긴장 등이 관절의

움직임을 감소 혹은 제한시키기 때문이다.² 뇌졸중 초기에는 수의적 움직임이 없는 이완성이 일반적이지만 이는 곧 경직의 발생과 군집운동패턴(mass movement patterns)으로 대체되는데 이를 협력작용이라고 한다.³ 하지에서는 고관절과 슬관절 신전, 족관절의 저축굴곡 같은 비정상적인 신전 협력작용이 뇌졸중 환자의 이

동패턴에 큰 영향을 미친다.⁴

경직은 상위운동신경원 손상 후 나타나는 대표적인 증상으로 속도 의존적 긴장성 신장반사(근긴장)와 건반사의 악화가 증가되는 특성을 가지며, 이는 신장반사가 과흥분 된 결과로,⁵ 척수수준의 운동신경원 집단(motorneuron pools)에 대한 흥분성 혹은 억제성 입력이 변화하기 때문에 나타난다.⁶ 이를 조절하기 위한 척수 내 억제기전으로 연접 전 억제(presynaptic inhibition),⁷ 연접 후 활성화 억제(postactivation depression),⁸ 이중 연접성 상호 Ia 억제(disynaptic reciprocal Ia inhibition),⁷ 자가 억제(recurrent inhibition)⁹ 그리고 Ib 억제(Ib inhibition)¹⁰ 등이 있다.

경직을 감소시키기 위한 많은 척수내 억제 기전 중에서 연접 전 억제(presynaptic inhibition)는 주동근에 대한 Ia 구심성 자극이 척수에서 연접과정을 거쳐 개재신경원을 자극하게 되고 이때 분비되는 억제성 전달물질의 분비가 증가하여 길항근의 운동 신경원흥분을 억제한다는 기전으로,⁷ 초기 연구에서는 일차 구심성 종말에서 감마아미노노브티르산(γ -aminobutyric acid, GABA) 수용기가 연접 전 억제에 기여한다고 하였다.¹¹

또한 뇌졸중의 특징적인 증상 중 하나는 편측 사지가 활성화 될 때 반대편 사지의 상동 부위에서 의도하지 않은 활성화가 나타나는 것으로,¹² 특히 과도한 수축을 하거나 어려운 과제를 수행할 때 더 쉽게 관찰할 수 있다. 이러한 현상을 global synkinesis(GS)라고 한다.¹³ GS는 일반적으로 뇌졸중 환자들이나 다른 신경학적 기능결함을 가진 환자들에서 잘 나타난다.¹⁴ GS 증상의 원인이 되는 경직이 임상적 중재 없이 근긴장도가 증가하여 근 구축을 계속적으로 일으킨다면 이로 인해 나타나는 반사의 과잉보다 기계적인 근섬유 특징에서 나타나는 이차적 변화가 경직성 운동장애에 주된 역할을 한다.¹⁵

많은 연구에서 전기적인 감각자극이 뇌졸중 환자의 보행능력과 기능증진, 운동기능을 향상시킬 수 있다고 보고 하였다.¹⁶ 특히 감각자극의 한 방법으로 재활과정에서 흔히 사용되는 경피전기자극(transcutaneous electrical stimulation, TES)의 종류에는 신경근전기자극(neuromuscular electrical stimulation, NMES)으로 사용하는 기능적 전기자극(functional electrical stimulation, FES)과 주로 통증조절을 위해 적용하는 경피신경 전기자극(transcutaneous electrical nerve stimulation, TENS) 등이 있다.

뇌졸중 환자의 운동기능을 향상시키는 치료적 중재법으로 유용하게 사용하는 감각자극은 운동피질을 재조직화(reorganization)할 수 있다.¹⁷ 특히 말초의 전기신경자극은 Ia 군, Ib 군, II 군 그리고 피부의 구심성 섬유를 자극하여 피질운동신경원의 흥분성을 증

가시키게 되는데,¹⁸ 이러한 감각자극은 자극 횟수가 증가할수록 뇌가소성을 향상시킨다.¹⁹ 즉, 말초신경자극은 손상된 피질의 재조직화를 유도하는 전위를 갖는다.²⁰

비록 뇌졸중 환자의 운동기능 회복수준이 수개월 내에 모두 이루어진다고 하더라도, 이러한 자극이 반복될수록 만성 뇌졸중 환자의 운동신경망(motor network) 조절은 가능할 것으로 예측하고 있다.²¹ 이는 경피전기자극(TES)을 지속적으로 적용할 경우 근경직의 억제를 통해 중추신경계의 신경순응(neural adaptation) 및 신경가소성(neural plasticity)에 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 감각수준에 따른 경피전기자극(TES)이 중추신경계의 연접 전 억제기전을 통해 만성 뇌졸중 환자의 GS 및 보행에 미치는 효과를 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

이 연구는 전주에 소재한 00대학병원 및 00요양병원에서 뇌졸중으로 진단받은 환자로 발병 후 6개월 이상 경과된 만성 환자 38명을 대상으로 실시하였다. 연구기간은 2009년 09월 10일부터 10월 22일까지 총 6주 동안 실시하였으며, 모든 대상자는 실험의 동기에 대해 충분히 설명을 들은 후 동의한 환자들로서 Children Hospital of Los Angeles에서 사용하는 동의서를 번역한 실험참여 동의서를 작성하였다. 실험에 참여하기를 동의한 대상자 38명을 대상으로 대조군인 가짜 자극군(I)에 13명, 감각수준 경피전기자극군(II)에 13명, 운동수준 경피전기자극군(III)에 12명씩 무작위로 배정하였다. 최종적으로 결과 분석은 실험 중 개인 사정과 건강상의 이유로 중도 포기한 8명을 제외한 30명(남 20명, 여 10명)을 대상으로 하였다.

대상자 선정은 뇌졸중으로 인해 편마비로 진단받은 환자로서 지팡이를 사용하지 않고 독립보행이 가능한 자로 하였으며, 실험지시를 충분히 다룰수 있는 자로 하였으며, 실험에 영향을 주는 다른 처치를 받지 않을 자로 선정하였다. 특히 손상부위가 피질하 영역인 자와 감각결손, 시각결핍, 편측무시가 있는 자는 제외하였다.

2. 실험방법

1) 경피전기자극(TES)의 적용방법

경피전기자극(TES) 적용을 위해 Dynatens 301 (Daeyang, 대한민국)을 사용하였으며, 전극은 이극배치법(bipolar placement)을 적용하였다. 대상자는 누운 자세를 취한 후 슬관절과 족관절 밑에 받침대를 놓아 완전히 이완되도록 한 후 전경골근의 근복과 3cm 하방에 전극을 부착하였다. 가짜 자극군인 I 군의 경우 강도를 적용하지 않았고, 감각수준 경피전기자극군인 II 군의 경우 주파수는

80Hz, 맥동기간은 100 μ s, 강도는 감각역치를 적용하였고, 운동수준 경피전기자극군인 Ⅲ군의 경우 주파수는 20Hz, 맥동기간은 200 μ s, 통전시간(on time)은 10초, 단전시간(off time)은 30초, 경사증가시간(ramp time)은 3초를 적용하였다. 자극 시간은 군당 20분씩 적용하였다.

2) Global synkinesis(GS) 수준 측정

GS 수준을 측정하기 위해 표면근전도 MP 150 system (Biopac systems, 미국)을 사용하였다. 전극을 부착하기 전에 피부저항을 최소화하기 위해 털을 제거하고 알코올로 부착부위를 깨끗이 닦은 후에 전극을 부착하였다. 기록전극은 비복근 내측, 전경골근의 근복에 부착하였고, 접지전극은 운동에 방해가 되지 않은 가까운 부위에 부착하였다. 기록전극으로 표면전극(DE-2.1 single differential electrode, Delsys, 미국)을 사용하였다. 표면근전도 신호를 획득하기 위해 표본추출률(sampling rate)을 1,000Hz, 필터는 20~450Hz로 하였다. 근전도 신호의 저장과 분석은 Acqknowledge 3.8.1 프로그램을 이용하였다.

대상자는 의자에 앉은 편안한 자세에서 건측에 두 가지 과제로 족관절 굴곡과 족관절 신전을 90도 각도에서 최대수축으로 적용하였고, 슬관절은 90도를 유지하였다. 대상자작용을 방지하기 위하여 체간과 반대 측 고관절, 슬관절 그리고 족관절을 고정하고 다음 5초 동안 안정 후, 10초 동안 최대 수축을 하고 10초간 휴식을 취하였으며, 총 3set를 시행하였다. GS 수준은 근전도 실효치(root mean square, RMS) 값으로 산출하였다.¹²⁾

3) 보행능력 검사

1) 의자에서 일어서 걷기 검사(Timed up and go, TUG)

대상자의 동적 균형능력을 검사하기 위해 Podsiadlo와 Richardson²²⁾이 사용한 의자에서 일어서 걷기(TUG)를 실시하였다. 연구대상자는 팔걸이가 없는 46cm 높이의 의자에 앉는다. 실험자의 출발지시와 함께 의자에서 일어나 3m를 걷고 난 후 다시 제자리로 돌아와서 앉는데 까지 소요된 시간을 측정하였다. 1회 연습 후 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

2) 10m 보행 검사(10 m walking test, 10 MWT)

보행속도를 측정하기 위한 척도로 여러 연구에서 신뢰도와 타당도가 검증된 10m 보행 검사를 이용하였다. 14m의 직선거리의 보행통로 중 양쪽 끝에서 안쪽으로 2m씩의 거리에 표시선을 만들었다. 시작과 끝의 각각 2m는 가속과 감속을 위한 거리로 설정하였으며, 보행통로의 중간 10m의 거리에 대한 보행시간을 초시계로 측정하여 보행시간을 측정하고 속도를 구하였다.²³⁾

3. 자료분석

모든 자료들은 SPSS 12.0 통계프로그램을 이용하여 분석하였다. 전체 대상자들의 일반적 특성 및 각 측정항목들의 정규분포 여부를 알아보기 위해 단일표본 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하였다. 그 결과 정규분포가 인정되어, 측정 항목에 대한 군 간 차이는 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)으로 분석하였다. 사후검정으로는 Turkey를 실시하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

III. 결과

1. GS 수준의 군 간 비교

1) 족관절의 배측굴곡 시 GS 수준의 군 간 비교

족관절의 배측굴곡 시 GS 수준의 군 간 변화의 차이를 알아보기 위한 결과로 경피전기자극 10회 적용 후($p<0.05$), 경피전기자극 20회 적용 후($p<0.001$)에서 모두 군 간 유의한 차이를 나타내었다. 사후분석에서는 경피전기자극 10회 적용 후에서 가짜 자극군(I)과 운동수준 자극군(Ⅲ)에서 차이가 나타났으며, 경피전기자극 20회 적용 후에서는 가짜 자극군(I)에 대하여 경피전기자극군인 감각수준 자극군(Ⅱ)과 운동수준 자극군(Ⅲ)에서 차이를 나타내었다. 그러나 경피전기자극 10회 적용 후, 20회 적용 후에서 모두 경피전기자극군인 감각수준 자극군(Ⅱ)과 운동수준 자극군(Ⅲ) 사이에서는 GS 수준이 차이가 나타나지 않았다(표 1).

표 1. 족관절의 배측굴곡 시 GS 수준의 군 간 비교

그룹 시간	I	II	III	F	p
적용 전	0.048 $\pm$ 0.011	0.046 $\pm$ 0.011	0.046 $\pm$ 0.013	0.105	0.901
적용 직후	0.044 $\pm$ 0.008	0.036 $\pm$ 0.010	0.043 $\pm$ 0.011	2.893	0.073
10회 적용 후	0.042 $\pm$ 0.010	0.034 $\pm$ 0.012	0.027 $\pm$ 0.008	5.395	0.011*
20회 적용 후	0.041 $\pm$ 0.009	0.029 $\pm$ 0.009	0.021 $\pm$ 0.009	12.042	0.000***

평균 $\pm$ 표준편차

* $p<0.05$, *** $p<0.001$

Group I: sham

Group II: sensory level of transcutaneous electrical stimulation

Group III: motor level of transcutaneous electrical stimulation

GS: global synkinesis

2) 족관절의 저측굴곡 시 GS 수준의 군 간 비교

족관절의 저측굴곡 시 GS 수준의 군 간 변화의 차이를 알아보기 위한 결과로 경피전기자극 20회 적용 후($p<0.05$)에서 군 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 사후분석에서는 경피전기자극 20회 적용 후에서 가짜 자극군(I)군에 대하여 운동수준 자극군

(Ⅲ)이 차이를 나타내었으나, 감각수준 자극군(Ⅱ)과 운동수준 자극군(Ⅲ) 사이에서는 GS 수준이 차이가 나타나지 않았다(표 2).

표 1. 족관절의 배측굴곡 시 GS 수준의 군 간 비교

시간	그룹 I	II	III	F	P
적용 전	0.047±0.012	0.048±0.012	0.048±0.011	0.013	0.987
적용 직후	0.043±0.014	0.041±0.013	0.034±0.012	1.568	0.227
10회 적용 후	0.040±0.014	0.035±0.008	0.029±0.004	2.244	0.125
20회 적용 후	0.040±0.011	0.029±0.011	0.022±0.010	6.898	0.004**

평균±표준편차

*p<0.05, ***p<0.001

Group I : sham

Group II : sensory level of transcutaneous electrical stimulation

Group III : motor level of transcutaneous electrical stimulation

GS: global synkinesis

2. 보행능력의 군 간 비교

1) 의자에서 일어서 걷기(TUG)의 군 간 비교

의자에서 일어서 걷기(TUG)의 군 간 변화의 차이를 알아보기 위한 결과로 경피전기자극 적용 직 후와 경피전기자극 10회 적용 후(p<0.05), 경피전기자극 20회 적용 후(p<0.05)에서 모두 군 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 사후분석에서는 경피전기자극 적용 직 후와 10회 적용 후에서 경피전기자극군인 감각수준 자극군(Ⅱ)과 운동수준 자극군(Ⅲ)이 차이를 나타내었으며, 20회 적용 후에는 가짜 자극군(Ⅰ)과 경피전기자극군인 감각수준 자극군(Ⅱ), 경피전기자극군인 감각수준 자극군(Ⅱ)과 운동수준 자극군(Ⅲ)에서 차이를 나타내었다. 특히 운동수준 자극군(Ⅲ)이 감각수준 자극군(Ⅱ)에 비하여 의자에서 일어서 걷기가 유의하게 감소하는 경향을 나타내었다(그림 1).

그림 1. 의자에서 일어서 걷기(TUG)의 군 간 변화의 차이비교

평균±표준편차

*p<0.05

Group I : sham

Group II : sensory level of transcutaneous electrical stimulation

Group III : motor level of transcutaneous electrical stimulation

TUG: timed up and go test

2) 10M 보행검사(10MWT)의 군 간 비교

10M 보행검사(10MWT)의 군 간 변화의 차이를 알아보기 위한 결과로 경피전기자극 적용 직 후와 10회 적용 후(p<0.05), 20회 적용 후(p<0.05)에서 모두 군 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 사후분석에서는 경피전기자극 적용 직 후에서 가짜 자극군(Ⅰ)에 대하여 경피전기자극군인 감각수준 자극군(Ⅱ)과 운동수준 자극군(Ⅲ) 모두에서 차이를 나타내었으며, 경피전기자극 적용 직 후, 10회 적용 후, 20회 적용 후에서 감각수준 자극군(Ⅱ)에 대하여 운동수준 자극군(Ⅲ)이 차이를 나타내었다(그림 2).

그림 2. 10M 보행검사(10MWT)의 군 간 변화의 차이비교

평균±표준편차

*p<0.05

Group I : sham

Group II : sensory level of transcutaneous electrical stimulation

Group III : motor level of transcutaneous electrical stimulation

10 MWT: 10 m walking test

IV. 고찰

이 연구는 경피전기자극(TES) 수준에 따른 연접 전 억제 기법이 GS 및 균형능력과 보행능력에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 대상자는 뇌졸중으로 인한 편마비환자 30명이었으며 대조군은 가짜 자극군, 실험군은 자극수준에 따라 감각수준 자극군과 운동수준 자극군으로 두 개의 실험군으로 구분하였다. 전기자극 시 자극 강도의 수준을 운동수준과 감각수준으로 구분하였는데, Robbins 등²⁴은 운동수준 자극은 운동역치를 초과 할 수 있을 정도로 충분히 높은 상태로 자극해야 피부, 근육, 관절이 고유수용성 구심떡임과 관련한 근수축을 유발할 수 있으며, 감각수준 자극의 경우

근수축이 유발되지 않는 상태에서 피부의 구심성 섬유에만 영향을 미치는 낮은 강도로 자극해야 한다고 보고하였다. 또한 대조군을 가짜 자극군으로 한 이유는 전극의 부착이 기계적 자극을 일으켜 피부의 감각신경섬유를 자극할 수 있어 가짜 자극군에서는 암시적인 구심성 감각입력을 일으킬 수 있기 때문에 이에 대한 영향을 반영하기 위해서이다.²¹ 측정은 전기자극 전, 자극 직후, 10회 적용 후, 20회 적용 후에 실시하였다.

GS는 신경학적인 문제가 없는 정상 아이들의 신경계 성숙이 나타나기 전이나 익숙하지 않은 힘든 과제를 수행하는 정상 성인들에서도 자주 나타나며²⁵, 어린이나 청소년들에서 나타나는 운동과다(motor overflow)는 불충분한 뇌량의 기능 때문이지만 성인에서는 뇌량의 기능이 최대가 되기 때문에 나타나지 않는다고 보고하였으며,²⁶ Shimizu 등²⁷은 주로 건측반구에서는 피질내 억제의 감소 그리고 환측반구에서는 뇌량의 억제 감소로 나타나는데, 그 중 동측 운동피질(ipsilateral motor cortex)의 탈억제(disinhibition)가 뇌졸중 환자의 GS와 밀접한 관련이 있다고 보고하였다.

임재현 등²⁸은 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구에서 GS 수준이 근수축력 및 중추신경원 활동전위와 관련이 있으며, GS 수준이 클수록 근수축력과 중추신경원 흥분성의 증가를 보고하였으며 보행기능 향상을 위해서는 GS 수준을 감소시킬 필요가 있다고 보고하였다.

본 연구에서는 족관절의 배측굴곡과 저측굴곡 시 자극 직후보다는 자극 횟수가 많아질수록 더 유의한 감소를 나타내었으며($p < 0.05$), 특히 운동수준 자극군의 경우 더 유의한 결과를 나타내었다. 이는 연접 전 억제 기법에 의한 경피전기자극(TES)의 운동 감각 수준의 자극이 GS로 나타나는 근긴장도 감소를 유도하는 결과를 나타내었으며, GS는 운동기능 회복에 대한 강한 보상적 기전으로, 상지는 GS 수준이 높을수록 기능이 더 좋은 것으로 나타났다.^{12,29} 반면 만성 편마비 환자의 하지에서 나타나는 GS 수준은 보행능력에 영향을 미치는데, GS 수준이 낮을수록 하지의 운동기능과 보행능력은 더 좋은 것으로 나타났다.²⁸

보행능력과 관련된 선행연구에서는 감각수준 자극군(II)과 가짜 자극군(I)은 마비측의 보행 특성에서 향상을 나타냈지만, 두 군간의 유의성은 나타나지 않았으며,²¹ 만성 뇌졸중 환자에게 3주 동안 하루에 두 번씩 30분 동안 발과 족관절에 감각적 전기자극을 적용한 결과 보행속도를 제외한 운동회복능력의 유의한 증가를 나타낸 것으로 보고하였다.²⁹ Chen 등³⁰은 한 달 동안 일주일에 6번씩 20분간 아킬레스건과 가자미근에 감각적 전기자극을 적용한 뇌졸중 환자에서 유의한 보행속도의 증가가 있었다고 보고하였다. 급성 뇌졸중 환자에게 일반 물리치료와 병행하여 운동감각수준의

기능적 전기자극(FES)을 하루에 30분씩 일주일에 5회, 총 15회를 적용한 결과 가짜 자극군보다 하지의 운동회복과 기능적 움직임이 증가한 것으로 보고하였다.³¹

움직임을 유발하는 기능적 전기자극은 경피신경전기자극보다 관절움직임과 강한 근수축을 나타내는데 이러한 반복적인 움직임으로 인한 감각 정보는 뇌졸중 후 편마비 환자들의 보행속도를 향상시키는데 더 큰 효과를 갖게 한다.²² 이는 운동수준 자극군이 족관절의 움직임을 유발시킴으로 인해 감각수준 자극에 비해 더 유의한 효과를 갖게 한다는 결과를 뒷받침하는 것으로 운동수준의 전기자극은 보행속도를 향상시켜 뇌졸중 환자의 보행회복에 중요한 역할을 할 수 있다.²⁴

이 연구에서 경피전기자극(TES)의 연접 전 억제 기법에 의한 전기자극은 GS 수준 억제영향을 미치며, 특히 운동수준의 전기자극이 GS억제에 더 효과적인 것으로 나타났다. 또한 보행능력도 운동수준의 전기자극군에서 더 효과적인 것을 알 수 있었다. 그러나 GS 평가 시 환자 개인에 따라 최대수축 능력과 최대수축을 유지하는 능력이 GS 유발 기간 동안 일정하지 않아 추후 연구에서는 이를 측정하는 방법에 대한 많은 연구가 필요하다 생각된다. 또한 경피전기자극(TES)의 자극수준이 자극조건의 변수가 많고 개인에 따라 흥분성역치의 편차가 커서 자극강도를 정량화시키기 어렵기 때문에 환자의 임상적 특성에 따라 중재전략을 설정해야 할 것이라고 생각된다.

V. 결론

본 연구에서는 TES를 이용한 연접 전 억제기전이 GS 수준에 미치는 영향을 비교했을 때 불수의적인 움직임을 나타내는 GS 수준은 전기자극 적용 횟수가 늘어날수록 가짜 적용군에 비해 전기자극군들에서 GS 수준이 현저하게 감소되어 유의한 효과를 나타내었으며, 특히 감각수준 자극군보다 운동수준 자극군에서 더 유의한 효과가 나타나는 것을 알 수 있었다.

또한 기능적 평가로 의자에서 일어서 걷기 검사(TUG), 10m 보행 검사(10MWT)에서 가짜 자극군에 비하여 경피전기자극군이 유의한 차이를 나타내었으며($p < 0.05$), 특히 감각수준 자극군에 비해 운동수준 자극군이 더 효과적인 것으로 나타났다.

이상의 결과로 보아 경피전기자극(TES)의 연접 전 억제기법이 하지의 GS를 억제하는데 영향을 주며, 특히 운동수준 자극군이 GS 수준을 억제하고 보행능력을 향상시키는데 좀 더 긍정적 효과가 있는 것을 알 수 있었다. 따라서 경피전기자극(TES)을 이용한 연접전 억제기법은 적정자극수준(optimal stimulation level)을 고려하여 적용할 경우 뇌졸중과 같은 중추신경계 병변을 가진 환자의 근경직을 억제하고 보행기능을 향상시킬 수 있을 것으로 생

각한다.

Acknowledgements

이 논문은 박영현의 석사학위 논문 일부를 출판하였음.

참고문헌

1. Agarwal V, McRae MP, Bhardwaj A et al. A model to aid in the prediction of discharge location for stroke rehabilitation patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2003;84:1703-09.
2. Sullivan JE, Hedman LD. A home program of sensory and neuromuscular stimulation with upper-limb task practice in a patient 5 years after stroke. *Physical Therapy*. 2004;84(11):1045-54.
3. Bortolotti AP, Bandini B, Michaelsen SM. Contribution of strength deficits to abnormal synergy in lower limb in hemiparetics due to stroke. *Journal of Biomechanics*. 2007;40(2):717.
4. Cruz T, Dhaher Y. Evidence of abnormal lower limb torque synergies after stroke: an isometric study. *Stroke*. 2008;39:139-47.
5. Lance JW. Symposium synopsis. In: Feldman RG, Young RR, Koella WP, editors. *Spasticity: disordered motor control*. Chicago: Yearbook Medical Publishers; 1980:485-94.
6. Nielsen JB, Petersen NT, Crone C et al. Stretch reflex regulation in healthy subjects and patients with spasticity. *Neuromodulation*. 2005;8(1):49-57.
7. Morita H, Crone C, Christenhuis D et al. Modulation of presynaptic inhibition and disynaptic reciprocal Ia inhibition during voluntary movement in spasticity. *Brain*. 2001;124(4):826-37.
8. Aymard C, Katz R, Lafitte C et al. Presynaptic inhibition and homosynaptic depression: A comparison between lower and upper limbs in normal human subjects and patients with hemiplegia. *Brain*. 2000;123(8):1688-702.
9. Windhorst U. On the role of recurrent inhibitory feedback in motor control. *Progress in Neurobiology*. 1996;49:517-87.
10. Delwaide PJ, Oliver E. Short-latency autogenic inhibition (IB inhibition) in human spasticity. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 1988;51:1546-50.
11. Willis WD. Dorsal root potentials and dorsal root reflexes: a double-edged sword. *Experimental Brain Research*. 1999;124:395-421.
12. Hwang IS, Tung LC, Yang JF et al. Electromyographical analyses of global synkinesis in the paretic upper limb after stroke. *Physical Therapy*. 2005;85:755-65.
13. Boissy P, Bourbonnais D, Gravel D et al. Effects of upper and lower limb static exertions on global synkinesis in hemiparetic subjects. *Clinical Rehabilitation*. 2000;14:393-401.
14. Vidal JS, Derkinderen P, Vidailhet M et al. Mirror movements of the non-affected hand in hemiparkinsonian patients: a reflection of ipsilateral motor overactivity? *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 2003;74:1352-1353.
15. Dietz V. Spastic movement disorder. *Spinal Cord*. 2000;38(7):389-393.
16. Teasell RW, Bhogal SK, Foley N, C et al. Gait retraining post stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2003;10:34-65.
17. Hamdy S, Rothwell JC, Aziz Q et al. Long-term reorganization of human motor cortex driven by short term sensory stimulation. *Nature Neuroscience*. 1998;1:64-8.
18. Khaslavskaja S, Ladouceur M, Sinkjaer T. Increase in tibialis anterior motor cortex excitability following repetitive electrical stimulation of the common peroneal nerve. *Experimental Brain Research*. 2002;145:309-15.
19. Lo YL, Cui SL. Acupuncture and the modulation of cortical excitability. *Neuroreport*. 2003;14:1229-31.

20. Ridding MC, Rothwell JC. Reorganization in human motor cortex. *Canadian Journal of Physiology & Pharmacology*. 1995;73:218-22.
21. Yavuzer G, Geler-Külcü D, Sonel-Tur B et al. Neuromuscular electric stimulation effect on lower-extremity motor recovery and gait kinematics of patients with stroke: a randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2006;87:536-40.
22. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1991;39(2):142-8.
23. Suzuki K, Nakamura R, Yamada Y et al. Determinants of maximum walking speed in hemiparetic stroke patients. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*. 1990;162(4):337-44.
24. Robbins SM, Houghton PE, Woodbury MG et al. The therapeutic effect of functional and transcutaneous electric stimulation on improving gait speed in stroke patients: a meta analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2006;87:853-9.
25. Mayston MJ, Harrison LM, Stephens JA. A neurophysiological study of mirror movements in adults and children. *Annals of Neurology*. 1999;45:583-94.
26. Salat DH, Tuch DS, Greve DN et al. Age-related alterations in white matter microstructure measured by diffusion tensor imaging. *Neurobiology of Aging*. 2005;26:1215-27.
27. Shimizu T, Hosaki A, Hino T et al. Motor cortical disinhibition in the unaffected hemisphere after unilateral cortical stroke. *Brain*. 2002;125(pt 8):1896-907.
28. 임재현, 임영은, 김수현 등. 뇌졸중 후 편마비 환자의 Global synkinesis 수준이 보행능력에 미치는 영향. *대한물리치료학 회지*. 2008;20(3):9-18.
29. Peurala SH, Pitkänen K, Sivenius J et al. Cutaneous electrical stimulation may enhance sensorimotor recovery in chronic stroke. *Clinical Rehabilitation*. 2002;16:709-1629.
30. Chen SC, Chen YL, Chen CJ et al. Effects of surface electrical stimulation on the muscle-tendon junction of spastic gastrocnemius in stroke patients. *Disability & Rehabilitation*. 2005;27:105-10.
31. Yan T, Hui-Chan CW, Li LS. Functional electrical stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke. *Stroke*. 2005;36:80-5.