Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 12, No. 7 pp. 3109-3116, 2011

DOI : 10.5762/KAIS.2011.12.7.3109

진동자극 방식이 뇌병변 환자의 상지경직에 미치는 영향

배세현[1], 김경윤[2*]
[1]광주희망병원 물리치료실, [2]동신대학교 물리치료학과

Effects of Vibration Stimulation Method on Upper Limbs Spasticity in Patients with Brain Lesion

Sea-Hyun Bae[1] and Kyung-Yoon Kim[2*]
[1]Dept. of Physical Therapy, Gwangju Heemang Hospital
[2]Dept. of Physical Therapy, Dongshin University

요 약 본 연구는 뇌병변으로 상지경직이 관찰되는 환자를 대상으로 자극방식에 따른 진동자극이 경직에 미치는 영향에 대하여 알아보고자 하였다. 뇌병변으로 인해 상지경직이 있는 21명의 환자가 연구에 참여하였고, 실험군Ⅰ: 길항근(상완삼두근)자극, 실험군Ⅱ: 주동근(상완이두근)자극, 실험군Ⅲ: 동시(상완삼두근 및 상완이두근)자극에 각 7명씩을 배정하여 진동자극을 실시하였다. 척수운동신경원 흥분성을 알아보기 위해 Neuro-EMG_Micro를 이용한 F파를 자극 전, 자극 직후, 자극 10분 후, 자극 20분 후에 측정하였고, 임상적 평가로는 MAS(Modified Ashworth Scale)와 MFT(Manual Function Test)를 자극 전, 자극 20분 후에 평가하였다. 본 연구의 결과, MAS는 세군 모두 유의한 감소를 나타냈고, F파 진폭 및 F/M비에서는 세군 모두에서 자극 직후에서부터 유의한 감소를 나타냈으며, 실험군Ⅲ에서 시간 경과상 변화량이 가장 크게 나타났다. MFT에서는 실험군Ⅱ와 Ⅲ에서 유의한 증가를 나타냈으며 특히, 실험군Ⅲ에서 기능적 변화량이 가장 크게 나타났다. 이러한 결과는 경직근에 대한 진동자극시 경직 주동근이나 길항근에 대한 단일 자극 방식보다는 동시자극 방식이 척수운동신경원의 흥분성 감소 및 상지 운동 기능 향상에 더 효과적임을 확인할 수 있었다.

Abstract We studied the effects of vibration stimulation method on upper limbs spasticity in patients with brain lesion. 21 patients with spasticity of the upper limbs selected and divided randomly 3 groups. And then vibratory stimulation was applied to the triceps brachii muscle in group Ⅰ(n=7), to biceps brachii muscle in group Ⅱ (n=7), and to both muscles in group Ⅲ (n=7). Using Neuro-EMG_Micro to investigate the changes in spinal neuronal excitability, F-waves were measured at before and directly after stimulation, and 10 minutes later and 20 minutes later after stimulation especially. MAS(Modified Ashworth Scale) test for muscle tone and MFT(Manual Function Test) for the upper extremity motor function were performed before stimulation and 20 minutes later after stimulation for the purpose of clinical evaluation. In our study, MAS was significant decreased in all groups, F wave and F/M ratio parameters were decreased in all groups and more decreased specially in group Ⅲ. MFT was increased in group Ⅱ and Ⅲ, and more increased specially in group Ⅲ. Vibration stimulation reduced the neuronal excitability of spinal cord and also muscle tone, and improved the motor function of the upper extremity. These results suggested that vibration stimulation giving to both muscles(triceps and biceps brachii muscle) at the same time was more efficiency in reducing the neuronal excitability of spinal cord and improving the motor function of the upper limbs.

Key Words : Brain Lesion, Spasticity, Vibration Stimulation, F-Waves, Motor Function

*교신저자 : 김경윤(redbead7@daum.net)
접수일 11년 05월 24일 수정일 (1차 11년 06월 13일, 2차 11년 07월 05일) 게재확정일 11년 07월 07일

1. 서론

뇌병변 이후 환자에게서 나타나는 경직(spasticity)은 상위운동신경계 증후군의 한 구성 요소로 운동기능 상실, 반사 증가, 근육의 과도한 긴장이 발생하며 이로 인하여 근육과 건, 관절 강직(stiffness)을 유발시킨다[1]. 경직은 '상위운동신경계 증후군의 하나로서 신장반사의 과흥분성에 기인하는 심부건 반사의 항진과 속도에 비례하는 긴장성 신장반사의 항진으로 특징 지워지는 운동질환'으로 정의된다[2]. Erik 등[3]은 경직이 있는 환자는 경직이 없는 환자보다 1년간 치료비가 4배 이상 더 높은 것으로 나타나 경직이 기능적 제한 뿐 아니라 경제적 부담까지 증가시키는 것으로 나타나 경직의 적극적인 치료가 필요함을 강조하였다.

과도한 경직은 관절운동 범위 감소와 관절 구축, 일상생활의 심각한 기능저하를 가져오는 기능 회복에 주요 저해 요소이다[4]. 따라서 임상에서는 경직을 조절하기 위한 다각도의 치료가 시도되고 있다. 일반적으로 경직을 감소시키기 위해 근 긴장도를 낮추는 약물치료, 운동점차단술, 수술적 치료 등이 시행되고 있으나[5], 약물치료는 간독성과 같은 전신부작용의 위험이 있으며, 운동점차단술은 통증과 기술상의 어려움이 따르며, 수술적 치료는 부작용이나 일정기간의 운동제한 등 여러 가지 단점들이 뒤따른다[6]. 물리치료로는 전기자극치료, 온열치료, 신장자극치료, 진동자극치료 등이 사용되고 있다[7]. 물리치료 방법 중 진동자극은 뇌병변 환자의 기능 회복을 위한 새로운 체성감각자극방식 중 하나이며[7], 부작용이 없으며, 운동방법을 익히기 위한 특별한 노력이 필요하지 않으며[8], 1990년대에 들어서 재활 치료분야에서 연구가 활발해지고 있으며 관심을 받기 시작하고 있다[9]. 특히 진동자극은 비정상적인 근 긴장도를 가지고 있는 환자에 있어서 유의한 억제효과가 있음이 보고되었다[10,11].

Ageranioti와 Hayes[10]은 손목 관절에서 과다반사(hyperreflexia) 또는 근육긴장항진(hypertonia)을 보이는 경직성 뇌병변 환자에게 진동자극의 적용 시 경직이 현저히 감소됨을 보고하였으며, Shirahashi 등[11]은 뇌병변 환자에게 기능적 진동자극(functional vibratory stimulation) 시 마비측 어깨와 손가락의 기능향상이 나타남을 보고하였으며, Noma 등[7]은 상지경직이 있는 뇌병변 환자에게 진동자극 적용 후 경직 감소와 기능적 움직임이 향상됨을 보고하였다. 지금까지의 선행연구들은 경직을 유발하는 주동근[7]이나 길항근[10]또는 주동근과 길항근을 동시자극 하는 전신 진동자극[12] 시 경직이 유의하게 감소되는 현상을 보고하였다. 그러나 전신 진동자극 방식은 경직이 있는 근육을 선택적으로 자극할 수 없다는 단점이 있다. 또한, 경직이 있는 근육의 주동근과 길항근을 선택적으로 동시에 시행한 진동자극이 경직에 미치는 영향에 관한 연구는 부족한 실정이며, 아직까지 자극 방법이나 부위 등 기술적인 측면에서의 체계적인 방법이 확립되지 못한 실정이다. 또한, 각각의 적용방식들이 척수운동신경원의 흥분성 변화에 미치는 효과에 대한 비교평가가 이루어지지 않았으며, 정량화 및 객관화하여 보고된 연구가 상당히 부족한 실정이다. 또한, 진동자극의 장기치료 전, 후 만을 비교하는 실험이 대부분이었다.

따라서 본 연구는 상지경직이 있는 뇌병변 환자를 대상으로 근 경직을 억제시키기 위한 진동자극 시 주동근과 길항근에 대한 자극방식 차이에 따른 척수운동신경원 흥분성 변화(F파, F/M 비)와 기능적 변화(MFT)를 통해 1회 자극에 따른 단기치료 효과를 알아보았다.

2. 연구방법

2.1 연구 대상

뇌병변으로 상지경직이 관찰되는 환자 21명을 연구대상자로 선정하였으며, 선정 조건은 다음과 같다. (1) 주관절 굴곡근 경직이 Modified Ashworth Scale (MAS) 등급으로 grade 2 이하인 자; (2) 주관절에 근골격계의 병적 소견이 없는 자; (3) 발병 후 최소 6개월 이상 경과된 자; (4) 실험 중 실험자의 지시를 이해하고 수행할 수 있는 자; (5) 이전에 보톨리눔 톡신이나 페놀 또는 알코올 주사의 치료력이 없는 자.

대상자는 무작위로 각 실험군당 7명씩을 배정하였고, 연구에 대한 내용과 진행과정을 실험자로부터 충분히 전해 들었으며, 연구 참여에 자발적으로 동의하였다.

2.2 진동자극 치료

본 연구에서 사용된 진동자극기는 Thrive MD-01 (Thrive Co., Ltd, Osaka, Japan)를 사용하였고, 진동자는 고무 비닐로 덮인 직경 5 cm의 구모양이며 진동자극기는 1.0 mm 의 진폭과 91 Hz의 주파수 진동을 만들어낸다. 대상자는 누운 자세를 취한 다음 전완 밑에 받침대를 놓아 상지가 완전히 이완되도록 한 후 실험군 Ⅰ(n=7)은 길항근(상완삼두근) 자극군, 실험군 Ⅱ (n=7)는 주동근(상완이두근) 자극군, 실험군 Ⅲ (n=7)은 동시(상완삼두근 및 상완이두근) 자극군으로 동일조건에서 5분 동안 1회씩 실시하였다.

2.3 치료 효과 판정

진동자극 후 상직경직에 대한 임상적 평가는 MAS를 사용하였다. MAS는 임상에서 가장 많이 쓰이는 도구로, 근 긴장을 주관적으로 평가하는 도구이지만 측정자간 매우 높은 신뢰도를 가지고 있으며, 이 도구의 신뢰도가 0.59인 것으로 보고하였다[13]. 통계 처리를 위해 MAS(G0, G1, G1+, G2, G3, G4) 점수를 computed MAS(0, 1, 2, 3, 4, 5)로 할당하였으며, 본 연구에서는 G0, G3, G4 점수의 환자는 제외시켰다.

전기생리학적 측정은 α -운동 신경원 흥분성을 측정할 수 있는 Neuro-EMG_Micro(Neurosoft Ltd., Russia)를 사용하여 F 파를 측정하였다. F 파는 운동신경에 최대초과자극(supramaximal stimulation)을 주어 역방향 자극에 의해 활성화되는 전각세포들의 역점화에 의해 발생하는 후기 근전위로 신경계 질환에 많은 연구와 임상적 이용이 이루어졌다[14].

F 파의 전극 부착 부위는 대상자를 바른 자세로 누워 상지를 이완 상태로 유지되도록 하며, 수부의 피부온도가 32℃ 이상을 유지하게 하였다. 측정하고자 하는 상지를 45° 외전 시키고 전극 부착 부위에 70% 알코올로 피부를 닦고 습기가 없게 건조하였다. 활동 전극(active electrode)은 단무지외전근(abductor pollicis brevis)의 근복, 기준 전극(reference electrode)은 단무지외전근의 힘줄, 접지 전극(ground electrode)은 전완에 부착 하였으며, 전기자극은 활동전극에서 6～8 cm 떨어진 손목 중앙의 척측 수근 굴근(flexor carpi radialis muscle)과 장장근(palmaris longus muscle)의 두 건 사이 정중신경에 최대자극(maximal stimulation)유발 강도 보다 20～30% 더 큰 강도인 최대초과자극(supramaximal stimulation)을 역방향으로 20회 자극하였다.

본 연구에서는 정중신경의 전도속도 및 진폭을 측정하기 위하여 저역통과 필터링(low-pass filtering) 5,000 Hz, 고역통과 필터링(high-pass filtering) 5 Hz, 민감도 5 mV 그리고 소인 속도(sweep speed)는 5.0 ms로 설정하였다. 진폭은 양극정점(positive peak)에서 음극정점(negative peak)까지로 하였다(peak-to-peak amplitude). F 파 측정 시기는 자극 전, 자극 직후, 자극 10분 후, 자극 20분 후에 각각 측정하였다.

기능적 평가는 Manual Function Test (MFT)를 사용하였다. MFT는 환측에 대하여 검사-재검사의 신뢰도는 0.994이며, 측정자간 신뢰도는 0.993으로 보고되었으며[15], 구성은 상지의 어깨 평가 4항목, 손 파악 2항목, 손 집기 2항목으로 구성되었으며, 검사 수행 시 1점씩 불가능하면 0점씩을 기록하고 총점은 32점이며, 총점에 3.125배하여 100점 만점으로 사용하였다. MAS와 MFT평가 시기는 자극 전, 자극 20분 후에 각각 평가하였다.

2.4 자료 처리

통계 분석은 SPSS for Windows(ver. 18.0)통계프로그램을 사용하였다. 결과값에 대한 정규성 검정을 한 결과, 모든 변수는 정규분포하는 것으로 나타났다. MAS와 MFT의 치료 전, 후 비교 분석은 짝비교 검정(paired t-test)을 실시하였고, 각 군의 측정항목 변화치에 대한 유의성 검정은 반복측정 분산분석(repeated measure ANOVA)을 실시하였다. 사후검정으로 다중비교를 실시하였고, 다중비교에 대한 조정방법으로는 Bonferroni의 방법을 이용하였다. 모든 자료의 통계학적 유의수준은 $p<.05$로 하였다.

3. 결과

3.1 연구대상자의 의학적 특성

연구 대상자 21명 중 남자는 13명, 여자는 8명이었다. 마비의 형태는 오른쪽 10명, 왼쪽 11명이었으며, 진단별 분포는 뇌경색 환자가 12명, 뇌출혈 환자가 9명이었다. 연령 분포는 35세에서 65세까지였으며, 유병 기간은 평균 14.2개월이었다[표 1].

[표 1] 연구대상자의 의학적 특성과 일반적 특징
[Table 1] Characteristics of subjects

구 분		실험군Ⅰ	실험군Ⅱ	실험군Ⅲ	총계
성 별	남	4	4	5	13
	여	3	3	2	8
마비 유형	오른쪽	3	4	3	10
	왼 쪽	4	3	4	11
원 인	뇌경색	4	5	3	12
	뇌출혈	3	2	4	9
MAS	G1+	4	3	4	11
	G2	3	4	3	10
연 령(세)		49.7±3.1*	54.1±3.0*	51.8±4.0*	51.9±1.9*
유병기간(개월)		13.5±3.4*	14.4±3.0*	14.7±2.5*	14.2±1.6*

*평균±표준편차

3.2 MAS의 변화

상지경직에 있어서 자극 방식에 따른 MAS의 변화를 자극 전과 자극 20분 후에 대하여 짝비교 검정을 실시한 결과, 실험군 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ 모두에서 각각 유의한 차이를 보였다($p<.05$)[표 2].

[표 2] 진동자극 후 MAS의 변화 (단위 : score)
[Table 2] Changes in MAS after vibrate stimulation

그룹	자극 전	자극 20분 후	p
Ⅰ	2.85±0.69	2.28±0.75	.030*
Ⅱ	3.00±0.57	2.42±0.97	.030*
Ⅲ	2.71±0.48	1.85±0.69	.017*

Tested by paired t-test (*; p<.05)

3.3 α -운동 신경원 흥분성의 변화

3.3.1 F 파 진폭의 변화

자극 방식에 따른 각 실험군의 F 진폭 변화에서는 반복측정분산분석을 실시한 결과, 표 3과 같았다. 군내 비교 변화인 측정시기의 효과는 유의하게 나타났으며(F=56.768, p<.001), 측정시기와 집단의 상호교호작용에서도 유의한 것으로 나타났다(F=2.192, p<.05). 그러나, 군간 비교 변화에서는 유의하지 않는 것으로 나타났다.

진동자극 후 세군 모두 시간이 지날수록 F 진폭의 평균값이 감소함을 보였으며 특히, 세군 중 실험군 Ⅲ의 변화 비가 가장 크게 감소함을 확인할 수 있었다[표 4].

3.3.2 F/M 비(ratio)의 변화

자극 방식에 따른 각 실험군의 F/M 비 변화에서는 반복측정 분산분석을 실시한 결과, 표 5와 같았다. 군내 비교 변화인 측정시기의 효과는 유의하게 나타났으며(F=36.614, p<.001), 측정시기와 집단의 상호교호작용에서도 유의한 것으로 나타났다(F=2.121, p<.05). 군간 비교 변화에서는 군간 유의한 차이를 나타내어(F=9.885, p<.001) Bonferroni 사후검정 결과, 실험군 Ⅲ과 Ⅰ(p<.001), 실험군 Ⅲ과 Ⅱ(p<.01)로 각각 유의한 차이를 보였으며, 실험군 Ⅱ와 Ⅰ은(p>.05)로 유의하지 않았다.

진동자극 후 세군 모두 시간이 지날수록 F/M 비의 평균값이 감소함을 보였으며 특히, 세군 중 실험군 Ⅲ의 변화 비가 가장 크게 감소함을 확인할 수 있었다[표 6].

[표 3] 진동자극 후 F 진폭에 대한 반복측정분산분석 결과
[Table 3] Repeated measure ANOVA results of F amplitude after vibrate stimulation

		제곱 합	df	평균제곱	F	p
군내 비교	측정시기	555341.238	3	212938.117	56.768	.000*
군간 비교	집단	26928.286	2	18570.150	2.142	.121
	측정시기*집단	42884.476	6	8221.737	2.192	.046*

Tested by repeated measure ANOVA and Post-hoc was Bonferroni (*; p<.05)

[표 4] 진동자극 후 F 진폭의 변화
[Table 4] Changes in F amplitude after vibrate stimulation (단위 : ㎶)

실험군	자극 전	자극 직후	자극 10분 후	자극 20분 후	차이		
					전-직후	전-10분 후	전-20분 후
Ⅰ	583.09±109.39	503.61±63.73	496.28±77.51	505.47±87.22	79.48	86.81	77.62
Ⅱ	593.57±94.49	507.42±66.81	492.95±77.71	494.52±93.37	86.15	100.62	99.05
Ⅲ	603.95±78.46	469.95±71.05	467.80±65.93	452.04±65.02	134.00	136.15	151.91

[표 5] 진동자극 후 F/M 비에 대한 반복측정분산분석 결과
[Table 5] Repeated measure ANOVA results of F/M ratio after vibrate stimulation

		제곱 합	df	평균제곱	F	p
군내 비교	측정시기	109.842	3	36.614	132.815	.000*
군간 비교	집단	5.698	2	2.849	9.885	.000*
	측정시기*집단	3.508	6	.585	2.121	.043*

Tested by repeated measure ANOVA and Post-hoc was Bonferroni (*; p<.05)

[표 6] 진동자극 후 F/M 비의 변화
[Table 6] Changes in F/M ratio after vibrate stimulation (단위 : %)

실험군	자극 전	자극 직후	자극 10분 후	자극 20분 후	차이		
					전-직후	전-10분 후	전-20분 후
Ⅰ	5.49±0.89	4.39±1.03	4.16±0.65	4.23±0.83	1.1	1.33	1.26
Ⅱ	5.58±0.56	4.45±0.87	4.00±0.75	3.90±0.63	1.13	1.58	1.68
Ⅲ	5.54±0.61	4.04±0.77	3.76±0.49	3.51±0.37	1.5	1.78	2.03

3.4 상지 기능에 미치는 효과

자극 방식에 따른 각 실험군의 시간 경과에 따른 MFT의 변화에서는 짝비교 검정을 실시한 결과, 실험군 Ⅰ은 유의한 차이를 보이지 않았으나(p>.05), 실험군 Ⅱ, Ⅲ (p<.05)은 유의한 차이를 보였다[표 7].

[표 7] 진동자극 후 MFT의 변화 (단위 : score)
[Table 7] Changes in MFT after vibrate stimulation

그룹	자극 전	자극 20분 후	p
Ⅰ	39.71±7.99	46.95±5.98	.063
Ⅱ	39.31±8.12	50.54±8.19	.042*
Ⅲ	39.73±7.30	52.62±6.59	.014*

Tested by paired t-test (*; p<.05)

4. 고찰

뇌병변 이후 환자는 상위운동신경원의 손상으로 과도한 척수반사가 나타나는 경직(spasticity)이 발생하는데, 척수반사의 과도한 흥분성은 억제효과를 전달하는 개재신경원(interneurons)의 기능결여로 주동근과 길항근의 수의적인 협응운동을 방해하기 때문에 나타나는 것으로 알려져 있다[16]. 척수반사의 과흥분성 기전 중 한 가지는 Ⅰa 구심성 자극유입에 대한 연접전 억제 소실로 상위척수 조정(modulation)이 감소하는 것이며, 연접 전 억제조절은 Ⅰa로부터 알파운동신경원(α -motor neuron) 시냅스에 구심성 정보가 도달하기 전에 감각 정보를 선택하고 조절하는 시냅스의 효과로, 이러한 조절의 소실은 알파운동신경원에 유입되는 감각 정보의 양을 증가시키며, 그로 인한 작은 근길이의 변화에도 과민반응을 나타내게 된다[17]. 이러한 과흥분된 반사를 감소시키기 위해 다양한 자극 방법들로 경직을 조절하여 환자의 기능적 움직임을 향상시켜줄 수 있는데 그 중, 체성감각자극은 대뇌로 가는 감각자극 경로를 자극하여 상위척수 조정을 증가시켜 척수반사를 조절하는 중요한 역할을 하며, 기능적 움직임 향상에 효과적인 치료방법으로 제시되고 있다[18].

최근 체성감각을 자극하는 방법 중 진동자극에 대한 가치가 높아지고 있는데, 진동자극은 척수반사 활동에 흥분 및 억제성 영향을 미치며 긴장성 진동반사(Tonic vibration reflex)를 자극하여 근방추를 활성화시켜 근수축을 증가시킬 수 있으며[19], 연접전 억제성 기전을 활성화시켜 비정상적인 근수축을 감소시킬 수 있는 것으로 알려져 있어[7] 저자는 상지경직을 보이는 뇌병변 환자를 대상으로 진동자극을 주어 경직 조절 및 운동 기능 향상에 긍정적 영향을 줄 것이라는 점에 착안하여 본 연구를 설계하였다. 진동자극은 길항근 자극, 주동근 자극 그리고 경직 주동근 및 길항근 동시 자극군으로 나누어 척수운동신경원의 흥분성 변화와 근 긴장도 및 기능적 움직임 변화에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 전기생리학적 방법과 임상적 평가방법을 실시하였다.

과거에는 경직에 대한 치료 효과의 검증을 객관적으로 평가하기가 어려웠으나[7], 최근에는 정량적 측정을 위한 다양한 방법이 개발되어 사용되고 있다. 그 중 F 파는 경직의 정도를 잘 나타내며, 측정하기가 쉬우며[20], F 파 진폭 및 F/M 비(ratio)는 경직을 가진 환자에게 척수운동신경원 흥분성 변화를 정량적으로 측정할 수 있으며 그 중, F/M 비는 경직에 대한 진단이나 치료에 대한 효과를 평가하는 객관적 지표로 사용될 수 있다[21]. 선행연구들에서는 경직을 나타내는 환자들에서의 F 파 값이 증가됨을 보고하였다[7,14].

본 연구에서 환자의 경직도 확인 및 평가를 위해 일반적 임상 평가 방법인 MAS를 사용하였다. 진동자극 전과 자극 20분 후의 결과에서 실험군 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ 모두에서 의미 있는 경직 감소 효과를 보였다. 이는 MAS를 통한 평가 상 주동근, 길항근, 그리고 동시 자극 모두에서 적용 전에 비해 자극효과를 보였으나 MAS의 scale 상 그 간격이 정교하지 못하고 주관적이라는 단점이 있다.

반면, 객관적이며 정량화시킬 수 있는 방법으로 EMG를 사용하여 F 파 진폭 및 F/M 비를 측정시기에 따라 어떠한 변화를 보이는지 알아보았다. 자극 직후에서부터 시간이 경과함에 따라 각 군에서의 F 파 진폭과 F/M 비 모

두 유의한 감소를 나타냈고, 특히 실험군 Ⅲ은 가장 큰 흥분성 변화 감소와 지속을 보였다. 이는 길항근을 자극한 실험군 Ⅰ은 진동자극이 근방추에 있는 Ⅰa 구심성 섬유를 흥분시켜 척수에 위치하는 흥분성 억제신경원에 신호가 전달되어 경직근을 지배하는 운동신경원의 흥분성 활동을 억제시킨 것으로 생각되며[10], 주동근을 자극한 실험군 Ⅱ는 신경계 반응을 통한 감마구심성섬유(gamma afferent fiber)들의 활동을 억제하여 흥분성을 감소시킨 것으로 생각된다[7]. 경직 주동근과 길항근을 동시에 자극한 실험군 Ⅲ은 경직을 보이지 않는 길항근 자극에서는 상호억제기전과 경직을 보이는 주동근 자극에서는 자가억제기전[22]에 의해 동시 영향을 준 것으로 생각되며, 또한 운동신경을 통한 역방향으로 활동전압이 투입되어 억제성 개재신경원(renshaw cell)을 활성화시킴으로써 흥분성을 크게 감소시킨 것과 함께 오래 유지시킨 것으로 생각된다[23].

또한, 기능적 평가인 MFT를 사용하여 진동자극 전과 자극 20분 후의 결과에서 실험군 Ⅰ에서는 유의한 차이가 없었으나, 실험군 Ⅱ, Ⅲ은 진동자극 전에 비해 유의한 차이를 나타냈다. 이는 진동자극을 받는 동안 골격근은 일시적인 근 길이 변화를 경험하게 되고[24], 근방추 수용기의 활성이 직접 자극 받는 근육뿐 아니라 주변 근육까지도 영향[25]을 미쳐 기능적 움직임 향상에 영향을 준 것으로 생각된다.

본 연구에서 진동자극은 척수운동신경원 흥분성 감소에 긍정적 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 특히 군간 차이 비교 시 F 진폭변화에 비해 F/M 비의 변화에서 더 민감하게 그 차이를 반영하였는데, 이는 F/M 비가 F 진폭보다 경직의 평가나 치료효과 판단에 더 민감하게 반영한다는 Tsai 등[21]의 연구와 일치하게 나타났다. 한편, F/M 비의 통계학적 군간 차이 비교 시 동시자극을 한 실험군 Ⅲ과 주동근을 자극한 실험군 Ⅱ의 비교에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈으며($p<.05$) 길항근을 자극한 실험군 Ⅰ과의 비교에서는 현저한 차이를 나타내었다($p<.001$). 그러나 실험군 Ⅱ와 Ⅰ의 차이에서는 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$).

본 실험에서 나타난 결과를 통해 자극방식에 따른 진동자극은 주동근 자극방식이 길항근 자극방식보다 척수운동신경원의 흥분성 감소효과가 더 큰 것으로 나타났으며, 주동근 자극방식에 비해 길항근과 주동근을 동시 자극한 자극방식에서 더 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 또한, 척수운동신경원 흥분성 감소할수록 MFT 값이 향상되어 상지 운동 기능의 향상에 긍정적 영향을 미치는 것으로 생각된다.

5. 결론

본 연구는 상지경직이 있는 뇌병변 환자를 대상으로 근 경직을 억제시키기 위한 진동자극의 적용방식이 척수운동신경원 흥분성 변화에 미치는 차이와 그 효과를 전기생리학적 방법과 임상적 평가를 통해 알아본 바, F 파 진폭과 F/M 비에서 측정시기 및 실험군간 비교에서 동시자극군(Ⅰ), 주동근자극군(Ⅱ), 길항근자극군(Ⅲ) 순으로 흥분성 감소에 유의한 차이를 확인하였고, MAS 및 MFT에서도 같은 결과를 나타내었다. 비록 1회성 단기자극이었으나 진동자극은 비정상적인 근 긴장도에 유의한 억제효과가 있음을 확인할 수 있었다.

References

[1] N. H. Mayer. "Clinicophysiologic concepts of spasticity and motor dysfunction in adults with an upper motoneuron lesion", Muscle Nerve Suppl, Vol. 6, pp. 1-13, 1997.

[2] W. Z. Rymer and R. T. Katz. "Mechanism of spastic hypertonia", Phys Med Rehabil, Vol. 18, pp. 441-454, 1994.

[3] L. Erik, S. Anja, B. Jorgen and T. Andreas. "Four-fold increase in direct costs of stroke survivors with spasticity compared with stroke survivors without spasticity", Stroke, Vol. 41(2), pp. 319-324, 2010.

[4] W. Ann-Karin, A. Magnus, W. H. Lotta and K. S. Disa. "Spasticity and its association with functioning and health-related quality of life 18 months after stroke", Cerebrovasc Dis, Vol. 21(4), pp. 247-253, 2006.

[5] M. M. Adams and A. I. Hicks. "Spasticity after spinal cord injury", Spinal Cord, Vol. 43(10), pp. 577-586, 2005.

[6] W. B. Greene, F. R. Dietz, M. J. Goldberg, R. H. Gross, F. Miller and M. D. Sussman. "Rapid progression of hip subluxation in cerebral palsy after selective posterior rhizotomy", J Pediatr Orthop, Vol. 11(4), pp. 494-497, 1991.

[7] T. Noma, S. Matsumoto, S. Etoh, M. Shimodozono and K. Kawahira. "Anti-spastic effects of the direct application of vibratory stimuli to the spastic muscles of hemiplegic limbs in post-stroke patients", Brain inj, Vol. 23(7), pp. 623-631, 2009.

[8] M. Cardinale and J. Wakeling. "Whole body vibration

exercise: are vibrations good for you?", Br J Sports Med, Vol. 39(9), pp. 585-589, 2005.

[9] J. Rittweger, K. Just, K. Kautzsch, P. Reeg and D. Felsenberg. "Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole-body vibration exercise : a randomized controlled trial", Spine, Vol. 27(17), pp. 1829-1834, 2002.

[10] S. A. Ageranoti and K. C. Hayes. "Effects of vibration on hypertonia and hyperreflexia in the wrist joint of patients with spastic hemiparesis", Physiotherapy Canada, Vol. 42(1), pp. 24-33, 1990.

[11] I .Shirahashi, S. Matsumoto, M. Shimodozono, S. Etoh and K. Kawahira. "Functional vibratory stimulation on the hand facilitates voluntary movements of a hemiplegic upper limb in a patient with stroke", Int J Rehabil Res, Vol. 30(3), pp. 227-230, 2007.

[12] L. Ahlborg, C. Andersson and P. Julin. "Whole-body vibration training compared with resistance training: effect on spasticity, muscle strength and motor performance in adults with cerebral palsy", J Rehabil Med, Vol. 38(5), pp. 302-308, 2006.

[13] N. N. Ansari, S. Naghdi, T. K. Arab and S. Jalaie. "The interrater and intrarater reliability of the Modified Ashworth Scale in the assessment of muscle spasticity: limb and muscle group effect", NeuroRehabilitation, Vol. 23(3), pp. 231-237, 2008.

[14] J. Rosche, K. Rub, B. Niemann-Delius, E. Mauch and H.H. Kornhuber. "Effects of physiotheraphy on F-wave-amplitudes in spasticity", Electromyogr Clin Neurophysiol, Vol. 36(8), pp. 509-511, 1996.

[15] S. Miyamoto, T. Kondo, Y. Suzukamo, A. Michimata and S. Izumi. "Reliability and validity of the Manual Function Test in patients with stroke", Am J Phys Med Rehabil, Vol. 88(3), pp. 247-255, 2009.

[16] H. Morita, C. Crone, D. Christenhuis, N. T. Petersen and J. B. Nielsen. "Modulation of presynaptic inhibition and disynaptic reciprocal Ia inhibition during voluntary movement in spasticity", Brain, Vol. 124(4), pp. 826-837, 2001.

[17] E. Pierrot-Deseilligny and D. Burke. "Presynaptic inhibition of Ia Terminals", The Circuitry of the Human Spinal Cord, Cambridge University Press, pp. 337-378, 2005.

[18] Q. Aziz, D. G. Thompson, V. W. Ng, S. Hamdy, S. Sarkar, M. J. Brammer, E. T. Bullmore, A. Hobson, I. Tracey, L. Gregory, A. Simmons and S. C. Williams. "Cortical processing of human somatic and visceral sensation", J Neurosci, Vol. 20(7), pp. 2657-2663, 2000.

[19] M. Roelants, S. M. Verschueren, C. Delecluse, O. Levin and V. Stijnen. "Whole-bidy-vibration-induced increase in leg muscle activity during different squat exercises", J Strength Cond Res, Vol. 20(1), pp. 124-129, 2006.

[20] S. Matsumoto, K. Kawahira, S. Etoh, S. Ikeda and N. Tanaka.. "Short-term effects of thermotherapy for spasticity on tibial nerve F-waves in post-stroke patients", Int J Biometeorol, Vol. 50(4), pp. 243-250, 2006.

[21] K. H. Tasi, C. Y. Yeh, H. Y. Chang and J. J. Chen. "Effects if a single session of prolonged muscle stretch on spastic muscle of stroke patients", Proc Natl Sci Counc Repub China B, Vol. 25(2), pp. 76-81, 2001.

[22] T. I. King. "The effect of neuromuscular electrical stimulation in reducing tone", Am J Occup Ther, Vol. 50(1), pp. 62-64, 1996.

[23] H. Nishimaru, T. Koqanezawa, M. Kakizaki, T. Ebihara and Y. Yanaqawa. "Inhibitory synaptic modulation of renshaw cell activity in the lumbar spinal cord of neonatal mice", J Neurophysiol, Vol. 103(6), pp. 3437-3447, 2010.

[24] M. A. Lebedev and A. V. Poliakov. "Analysis of the interference electromyogram of human soleus muscle after exposure to vibration", Neirofiziologiia, Vol. 23(1), pp. 57-65, 1991.

[25] T. Kasai, M. Kawanishi and S. Yahagi. "The effects of wrist muscle vibration on human voluntary elbow flexion-extension movements", Exp Brain Res, Vol. 90(1), pp. 217-220, 1992.

배 세 현(Sea-Hyun Bae) **[정회원]**

- 2011년 2월 : 동신대학교 물리치료학과 (이학석사)
- 2011년 3월 : 동신대학교 물리치료학과 박사과정
- 2007년 3월 ~ 현재 : 광주희망병원 물리치료실 근무

<관심분야>
신경계 물리치료학, 임상전기생리학

김 경 윤(Kyung-Yoon Kim) **[정회원]**

- 2004년 2월 : 동신대학교 물리치료학과 (물리치료학석사)
- 2007년 2월 : 동신대학교 물리치료학과 (이학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 물리치료학과 교수

<관심분야>
운동치료학, 신경과학