

근전도 바이오피드백을 이용한 훈련이 안면신경마비 환자의 운동학습에 미치는 영향

김원호

분당제생병원 재활의학과 재활치료실

박은영

한국장애인고용촉진공단 대전직업전문학교

장기연

우송대학교 작업치료학과

이영정

분당제생병원 재활의학과 재활치료실

Abstract

Effect of Electromyographic Biofeedback Training on the Muscle Activities of Unilateral Facial Palsy

Kim Won-ho, M.Sc., P.T.

Dept. of Rehabilitation Therapy, Pundang Jaesaeng General Hospital, Daejin Medical Center

Park Eun-young, M.Sc., P.T.

Daejeon Vocational Training Institute, Korea employment Promotion Agency for the Disabled

Chang Ki-yeon, O.T., Ph.D.

School of Health and Social Welfare, Woosong University

Lee Young-jung, B.H.Sc., P.T.

Dept. of Rehabilitation Therapy, Pundang Jaesaeng General Hospital, Daejin Medical Center

The purpose of this study was to determine EMG biofeedback training effect on the muscle activities in 3 unilateral facial palsy patients along with multiple baseline design across subjects. The auditory feedback about facial muscles (orbicularis oris, orbicularis oculi, frontalis) was provided with each patient during facial exercise training. Electromyographic (EMG) activity during maximal voluntary contraction and maximal compound muscle action potential (CMAP) amplitude elected by supramaximal electrical stimulation on facial nerve of facial muscles were measured pre- and post- EMG biofeedback training to evaluate motor learning. EMG activity during maximal voluntary contraction was increased after EMG biofeedback training and CMAP amplitude elected by supramaximal electrical stimulation was not changed in all subjects. The results indicate that EMG biofeedback training is useful method to improve motor learning of facial exercise training in unilateral facial palsy patients.

Key Words: EMG Biofeedback Training; Facial Palsy.

I. 서론

안면신경마비는 미국의 경우 연간 100,000 당 23~25명의 환자가 발생한다(Ohsawa 등, 2001). 안면신경마비는 침 흘림, 눈물 흘림, 근육 경련, 안구 건조를 포함하는 손상을 유발하며, 먹기, 마시기, 양치하기, 의사소통에서의 장애를 동반한다. 또한 환자의 정서와 사회적 상태에 중요한 영향을 미친다(Van Swearingen과 Brach 등, 1996). 치료방법으로는 신경이식 수술, 전기자극치료(Gittins 등, 1999; Targan 등, 2000), 총체적 안면운동(gross facial exercise)(Kendall과 McCreary, 1983), 그리고 신경근육 재훈련(Diels와 Combs, 1997) 등이 있다. 안면신경마비로 인한 뚜렷한 장애가 존재함에도 불구하고 안면신경 마비에 대한 비수술적인 재활치료 방법이 고려되지 않고 있는데, 이는 전통적인 재활치료 방법이 효과적이지 않았기 때문이다(Anderson, 1991).

국소적이지 않은 총체적 안면운동은 비정상적인 움직임 형태와 비대칭적 움직임을 강화하는 역효과를 유발할 수 있고, 전기자극을 이용한 방법은 보존적 치료 중 가장 흔히 시행하는 치료지만 그 효과에 대해선 불확실하다(Cohan과 Kater, 1986). Targan 등(2000)은 만성 안면신경마비 환자를 대상으로 장기간 동안 전기자극치료를 시행한 후, 운동 잠재성(motor latencies)과 잔존하는 임상적 손상(residual clinical impairment)을 비교한 결과 운동 잠재성에서 유의한 차이를 보였으나, 잔존하는 임상적 손상에는 유의한 차이가 없었음을 보고하였다.

안면신경마비의 치료방법 중 신경근육 재훈련은 안면신경마비의 치료에 대한 문제 해결 접근방식(problem-solving approach)이다. 이 치료방법은 바람직하지 못한 총체적인 운동 활동(gross motor activity)을 억제하고

대칭적 움직임을 촉진하기 위해 고안된 선택적 운동조절 방법(selective motor control strategies)이라고 할 수 있다(Diels와 Combs, 1997). 이 치료방법에서 신경 적응(neural adaptation)을 증진시키고, 운동 학습을 촉진하기 위해서 환자에게 감각 정보(sensory information)를 제공하는 것이 필요한데, 이를 위해 근전도 바이오피드백을 사용할 수 있다(Portney, 1994).

근전도 바이오피드백은 환자가 운동을 수행하는 동안 근육 활동에 관한 정보를 제공함으로써 운동학습 훈련과 재활과정에 유용하게 쓰이고 있다(Portney, 1994). 무릎 관절경 수술을 받은 환자를 대상으로 넵다리네갈래근의 등척성 운동과 수직 다리올리기 운동 훈련을 수행한 결과 근전도 바이오피드백을 이용하지 않은 훈련 집단보다 근전도 바이오피드백을 사용한 집단에서 유의하게 큰 토크(torque)과 근력 증가를 보였다(Levitt 등, 1995). Simmons 등(1998)은 72세 편마비 환자를 대상으로 무게중심 이동에 대한 바이오피드백을 시각 형태로 제공하는 균형조절 재훈련 프로그램을 실시한 결과 4주간의 훈련 후에 대상자의 균형 조절 능력이 증가하였음을 보고하였다.

따라서 보존적인 치료방법 중 신경근육 재훈련은 안면신경마비 치료에서 효과적이라는 인식이 확산되고 있다. 즉, 근전도 바이오피드백을 이용한 신경근육 재훈련은 안면근육 중 특정한 근육에 대한 감각 정보를 제공함으로써 환자의 운동학습을 도울 수 있으며, 현재 임상에서 사용이 증가하고 있다. 하지만 아직 객관적으로 효과를 증명하는 체계적인 연구가 잘 이루어지지 않은 실정이다.

본 연구는 근전도 바이오피드백을 이용하여 안면근육에 대한 정보를 제공하는 방법이 안면신경마비 환자의 운동학습에 어떤 영향을 미치는지 알아보려고 하였다.

표 37. 대상자의 일반적인 특성

(N=3)

	성별	나이 (세)	마비측	유병기간 (개월)	House-Brackmann facial nerve grading system		Clinical residuals	
					훈련 전	훈련 후	훈련 전	훈련 후
대상자 1	여	25	우측	4	IV	IV	4	4
대상자 2	남	32	우측	3	V	V	5	5
대상자 3	남	51	좌측	4	IV	IV	4	4

II. 연구방법

1. 연구대상 및 연구기간

본 연구의 대상은 안면신경마비가 있는 환자 3명으로 하였다(표1). 대상자의 선정조건은 다음과 같았다.

- 가. 근전도 검사를 통해 불완전 안면신경마비 진단을 받은 환자
- 나. 안면의 한 쪽에 마비를 보이는 환자
- 다. 증상이 발생한 후 3개월 이상이 지난 환자
- 라. 이전에 안면신경 마비의 경험이 없는 환자
- 마. 근전도 평가가 가능한 환자
- 바. 10분 이상 바이오피드백을 이용한 운동학습에 집중할 수 있는 인지 수준을 가진 환자

안면신경마비 정도는 House-Brackmann facial nerve grading system (Beck와 Benecke, 1993)과 Clinical residuals (Targan 등, 2000)를 이용하여 측정하였으며, 훈련 전과 후에 2회 측정하였다.

연구기간은 3개월이었으며, 훈련과 측정은 1일 1회씩 총 20회 실시하였다.

2. 연구설계

본 연구는 개별 실험 연구방법(single subject research design) 중 실험 대상자간 다중 기초선 설계(multiple baseline design across subjects)를 이용하였다.

3. 연구방법

가. 실험 기기

- 1) 근전도 바이오피드백(Myomed 932)¹⁾

근전도 바이오피드백은 대상자가 환측 얼굴 근육의 운동을 수행하는 동안 피드백을 제공하기 위해 사용되었다. 본 연구에서는 표면 전극을 이용하였으며, 1개의 채널을 사용하였다.

- 2) 근전도 기계(Tonnies)²⁾

근전도 기계는 입둘레근, 눈둘레근, 이마앞쪽근의 최대 근활성도를 측정하기 위해 사용되었고, 대상자의 운동수행 동안의 최대 근활성도와 최대 전기자극(supramaximal electrical stimulation)에 의해서 유발된 운동 수행 동안의 최대 근활성도로 나누어서 측정하였다. 신호는 표본추출(sampling rate)을 200 Hz로 수집하였고 20 Hz의 high pass filter 처리 후 정류(rectification)하였다.

- (1) 근육의 선정

최대 근활성도는 환측의 입둘레근, 눈둘레근, 이마앞쪽근에서 측정하였다. 얼굴표정 증상은 표정을 훈련하기 위해 입둘레근을, 눈을 감는 훈련을 위해서는 눈둘레근을, 이마에 주름잡기 훈련을 위해서는 이마앞쪽근의 최대 근활성도를 측정하였다.

1) Enraf-Nonius B.V., Netherlands, 1997.
2) Tonnies, German, 1997.

(2) 전극의 부착위치

기준(reference) 전극은 미간에 부착하였고 접지(ground) 전극은 손등에 부착하였다. 입둘레근의 최대 근활성도를 측정하기 위한 활성 전극은 인중 가운데와 입꼬리 부분에 가상의 선을 그어 1/2이 되는 지점에 부착하였고, 눈둘레근에서는 눈꼬리의 끝 부분에 부착하였으며, 이마앞쪽근에서는 마비측 이마를 4등분하여 중앙에 부착하였다(Oh, 1993).

나. 실험과정

기초자료 수집과정과 훈련기간 동안 모두에서 환자는 적외선, 마사지, 전기자극치료의 전통적인 물리치료를 받았다. 적외선치료는 10분, 마사지는 5분, 전기자극치료는 10분간 각각 실시하였다. 기초자료 수집과정과 훈련기간 동안 모두에서 근육의 손상정도를 평가하기 위해서 Electroneurography (ENoG)를 측정하였다(Gao, 1991). ENoG는 안면신경의 손상 정도를 정상측 코근(nasalis)의 복합근 활동 전위의 진폭(compound muscle action potential amplitude, CMAP)과 마비측 코근의 복합 근활동 전위의 진폭 비율로 안면신경의 마비 정도를 %로 나타내는 방법이다. 계산 방법은 다음과 같다(Lydiatt 등, 1992). 정상측과 마비측에서 각각 3회씩 측정하여 최대값을 사용하였다.

$$\text{마비정도}(\%) = \frac{\text{마비측 코근 복합 근활동 전위 분포}}{\text{정상측 코근 복합 근활동 전위 분포}} \times 100$$

1) 기초자료 수집

최대 전기자극으로 유발된 최대 근활성도와 환자의 운동수행 동안의 최대 근활성도는 입둘레근, 눈둘레근, 이마앞쪽근에서 각각 측정하였다. 기초자료 측정은 대상자 1이 4회, 대상자 2가 6회, 대상자 3이 8회였고, 1일 1회 실시하였다. 최대 전기자극으로 유발된 최

대 근활성도는 각각 3회 측정하였고 측정값 중 최대값을 사용하였다. 환자의 운동수행 동안 측정된 최대 근활성도는 5초 동안 운동을 수행하는 동안 측정된 값들 중 최대값을 사용하였으며, 3회 측정하여 최대값을 채택하였다. 기초자료 수집과정 동안에는 전통적인 물리치료를 받은 후 측정을 실시하였다.

기초자료 수집과정은 다음과 같았다.

- (1) 전통적인 물리치료를 받은 후 환자는 근전도 검사실로 이동하여 치료용 침대에 누웠다.
- (2) 입둘레근, 눈둘레근, 이마앞쪽근에서 최대 근활성화도 측정의 순서는 무작위로 정하였으며, 최대 전기자극으로 유발된 최대 근활성도를 먼저 측정한 후, 자발적 수축 동안의 최대 근활성도를 측정하였다.
- (3) 전극은 접지 전극 1개와 활성 전극 1개, 그리고 참고 전극 1개로 이루어졌다. 접지 전극은 피하에 근육조직이 적고 부착이 용이한 손등에 부착하였다.
- (4) 전극과 피부 사이 저항은 전극을 부착할 부위를 알코올로 닦아 최소화 하였다.
- (5) 최대 전기자극은 자극 강도를 지속적으로 높여서 최대 근활성도가 3회 나타날 때까지로 정하였고, 이때 자극 강도를 10% 증가하여 측정하였다.
- (6) 자발적 수축 동안의 최대 근활성도는 환자에게 최대한 힘을 주어 근육을 수축시키도록 지시하였으며, 입둘레근의 근수축은 '이 하세요', 눈둘레근은 '눈을 꼭 감으세요', 이마앞쪽근은 '이마에 주름을 잡으세요'라는 지시와 함께 최대한의 노력을 하도록 구두지시를 하였다. 근수축은 5초 동안 실시하였다.

다. 훈련과정

근전도 바이오피드백을 이용한 얼굴 근육

운동 훈련의 효과를 평가하기 위해 훈련기간 동안 최대 전기자극으로 유발된 최대 근활성도와 자발적 수축 동안의 최대 근활성도를 입둘레근, 눈둘레근, 이마앞쪽근에서 각각 측정하였다. 측정은 대상자 1이 16회, 대상자 2가 14회, 대상자 3이 12회 실시되었다.

- (1) 기초자료 수집기간과 동일하게 전통적인 물리치료를 받은 후 환자는 치료용 침대에 바로 누워 근전도 바이오피드백을 이용한 얼굴 근육의 운동 훈련을 받는다.
- (2) 환자가 손거울을 쥌는 운동을 하는 동안 환자 스스로 자신의 얼굴 표정을 관찰하며 시각적 피드백을 받도록 하였다. 운동 훈련은 하나의 근육씩 실시하였으며, 훈련시간은 각각 5분이었고, 훈련의 순서는 무작위로 하였다.
- (3) 피부를 알코올로 닦아 저항을 최소화한 후, 근전도 바이오피드백 1개의 전극을 부착하였다.
- (4) 전극의 부착 과정은 기초자료 수집과정과 동일하게 하였다.
- (5) 근전도 바이오피드백은 운동 훈련을 수행하는 동안에 각각의 얼굴 근육의 수축 정도에 대한 피드백을 제공하기 위해서 사용되었다. 청각 피드백의 형태를 제공하였으며, 피드백은 대상자가 역치를 넘는 근활성도를 보였을 경우에 제공되었다.
- (6) 운동 훈련을 수행하기 전 근전도 바이오피드백으로 1분 동안의 최대 근활성도를 측정하였다. 이렇게 측정한 최대 근활성도의 80%에 해당하는 값을 역치로 정하였다.
- (7) 근전도 바이오피드백을 이용한 운동 훈련 동안에 환자는 5초 동안 수축하고 3초간 휴식하는 것을 반복 수행한다.
- (8) 운동 훈련을 마치고 난 후, 근전도 평가 동안의 대상자의 자세와 자료수집

과정은 기초자료 수집과정('가'항 - '바'항)과 동일하게 실시하였다.

4. 분석방법

분석을 위해서는 그래프를 통한 시각적 분석과 평균값을 사용하였다.

III. 결과

근전도를 이용하여 측정한 최대 근활성도 값은 표 2, 3, 4와 그림 1, 2, 3에 제시한 바와 같이 3명의 대상자들에서 기초자료 수집기간과 훈련과정 간에 차이가 있었다.

표 2. 최대 수의적 수축 동안 입둘레근의 최대 근활성도 (단위: mV)

	기초선	훈련기간
대상자 1	.25±.03 ^a	.40±.02
대상자 2	.01±.00	.02±.00
대상자 3	.18±.01	.28±.02

^a평균±표준편차

표 3. 최대 수의적 수축 동안 눈둘레근의 최대 근활성도 (단위: mV)

	기초선	훈련기간
대상자 1	.24±.02	.35±.01
대상자 2	.03±.00	.05±.00
대상자 3	.16±.01	.40±.06

^a평균±표준편차

표 4. 최대 수의적 수축 동안 이마앞쪽근의 최대 근활성도 (단위: mV)

	기초선	훈련기간
대상자 1	.15±.00	.23±.02
대상자 2	.02±.00	.03±.00
대상자 3	.11±.01	.26±.01

^a평균±표준편차

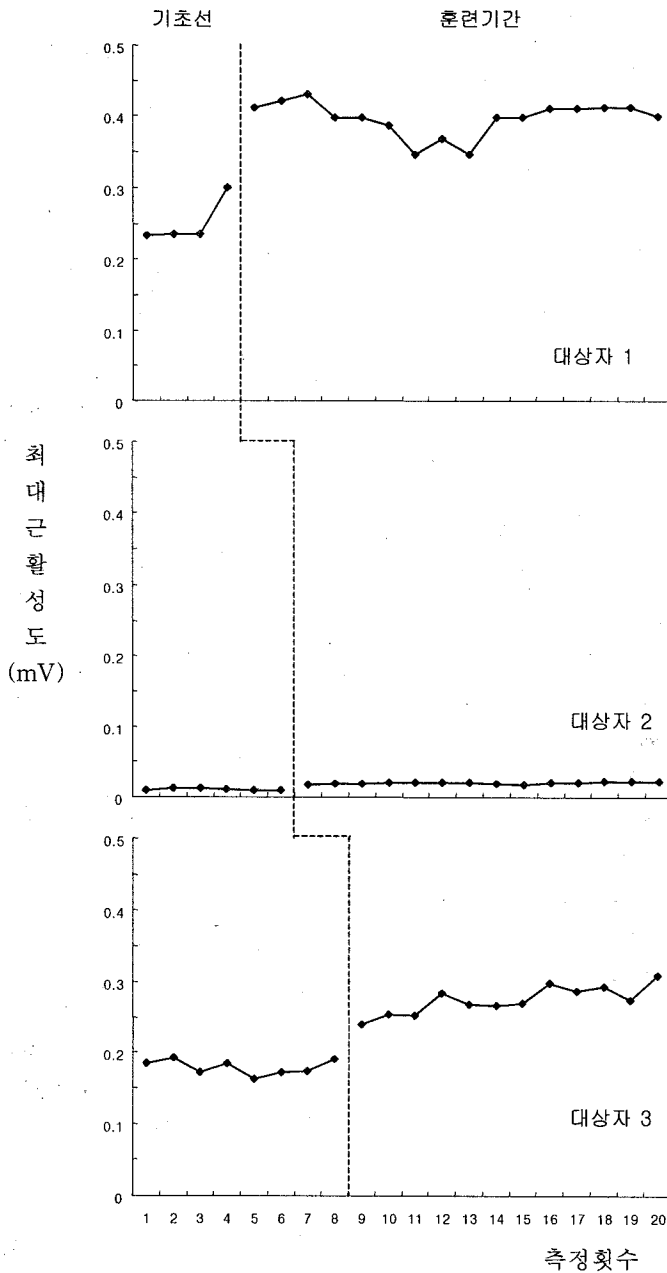


그림 1. 최대 수의적 수축 동안 입둘레근의 최대 근활성도

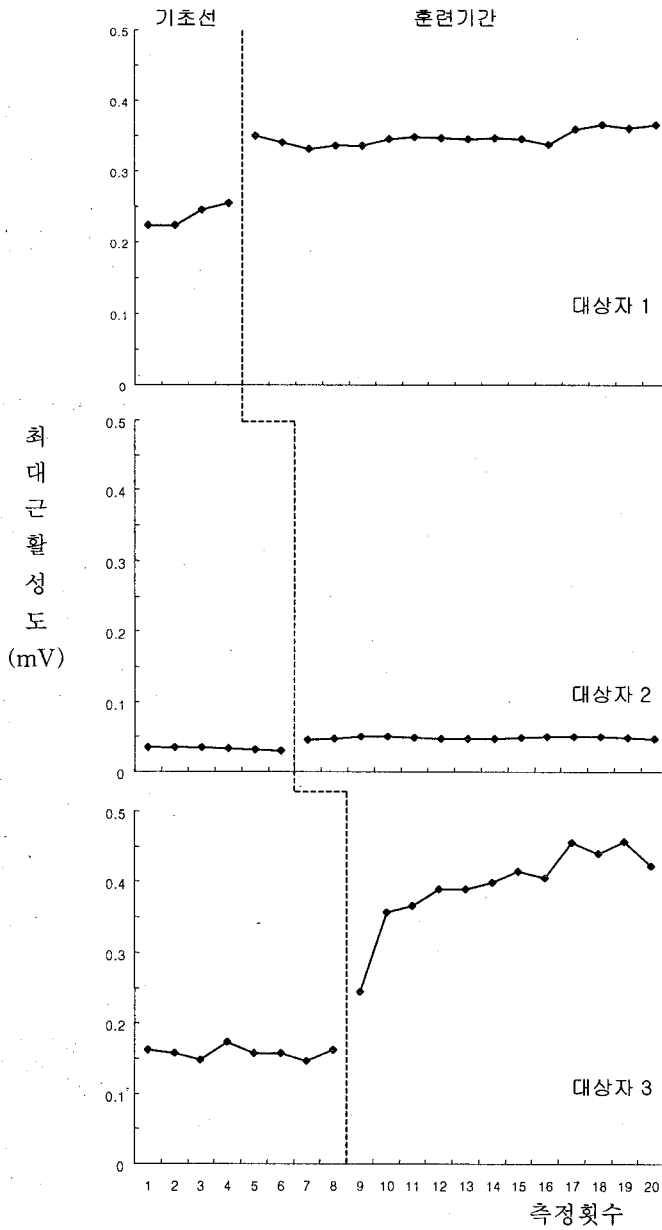


그림 2. 최대 수의적 수축 동안 눈물레근의 최대 근활성도

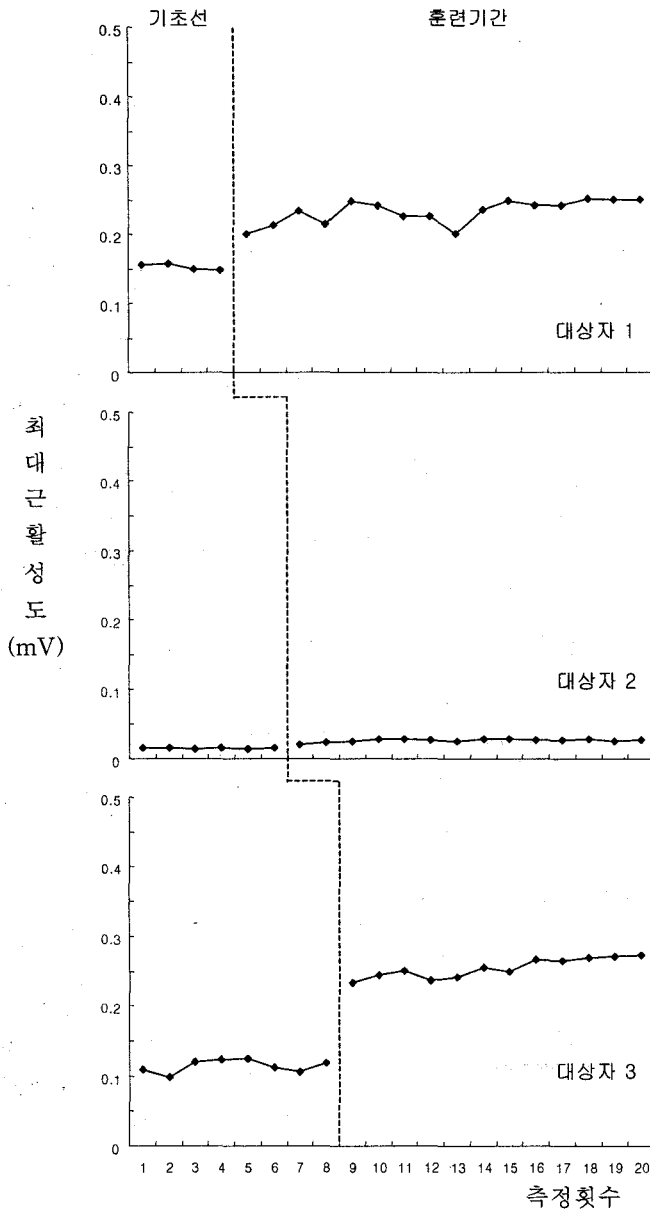


그림 3. 최대 수의적 수축 동안 이마앞쪽근의 최대 근활성도

최대 수의적 수축 동안 입둘레근의 최대 근활성도 변화를 살펴보면 대상자 1에서는 평균 최대 근활성도값이 기초자료 수집과정의 .25 mV에서 훈련기간 동안의 .40 mV으로 증가(60%)하였으며, 대상자 2에서는 .01 mV에서 .02 mV(100%)로, 대상자 3에서는 .18 mV에서 .28 mV(55%)로 증가하였다. 눈둘레근의 최

대 근활성도에서는 대상자 1에서는 평균 최대 근활성도값이 기초자료 수집과정의 0.24 mV에서 훈련기간 동안의 .35 mV로 증가(45%)하였으며, 대상자 2에서는 .03 mV에서 .05 mV (67%)로, 대상자 3에서는 .16 mV에서 .40 mV (150%)로 증가하였다. 이마앞쪽근의 최대 근활성도는 대상자 1에서는 평균 최대 근활성

도값이 기초자료 수집과정의 .15 mV에서 .23 mV로 증가(53%)하였으며, 대상자 2에서는 .02 mV에서 .03 mV(50%)로, 대상자 3에서는 .11 mV에서 .26 mV(136%)로 증가하였다.

이에 반하여 최대 전기자극으로 유발된 최대 근활성도를 살펴보면 기초선 기간 동안의

표 5. 최대 전기자극으로 유발된 입둘레근의 최대 근활성도 (단위: mV)

	기초선	훈련기간
대상자 1	.42±.00	.42±.00
대상자 2	.02±.00	.02±.00
대상자 3	.25±.01	.25±.01

^a평균±표준편차

표 6. 최대 전기자극으로 유발된 눈둘레근의 최대 근활성도 (단위: mV)

	기초선	훈련기간
대상자 1	.41±.01	.41±.01
대상자 2	.06±.01	.05±.00
대상자 3	.25±.01	.25±.01

^a평균±표준편차

표 7. 최대 전기자극으로 유발된 앞쪽이마근의 최대 근활성도 (단위: mV)

	기초선	훈련기간
대상자 1	.28±.00	0.28±0.02
대상자 2	.03±.00	0.03±0.00
대상자 3	.32±.01	0.33±0.01

^a평균±표준편차

표 8. ENoG 검사 결과 (단위: mV)

	기초선	훈련기간
대상자 1	83.07±.67	83.42±.39
대상자 2	96.22±.41	95.58±.56
대상자 3	88.56±.38	88.50±.95

^a평균±표준편차

평균값과 훈련기간 동안의 평균값에서 변화가 없었다(표5, 7). 또한 ENoG 검사 결과도 기초선 기간과 훈련기간 사이에 차이가 없었다(표 8).

대상자 1과 대상자 3에서는 피드백이 주어지는 훈련기간 시작 시점에서 최대 수의적 수축 동안 입둘레근, 눈둘레근, 이마앞쪽근의 최대 근활성도가 뚜렷하게 증가하였으며, 대상자 2에서도 약간의 증가를 보였다.

V. 고찰

안면마비 환자에게 시행되는 물리치료는 주로 안면의 근육을 자극하는 전기 자극치료와 안면 움직임 운동들이다(Brach와 Van Swearingen, 1999). 그러나 전기자극치료 방법은 동물을 대상으로 한 실험에서 신경 재생을 방해할 수 있음이 보고된 바 있으며(Girlanda 등, 1982), 이를 안면신경마비 환자에게 적용하는 것은 부적절하다 또한 안면 움직임 운동들은 총체적 수축을 유발할 수 있다(Diels와 Comb, 1997). 이에 반해 신경근육 재훈련 방법은 안면의 정상적 움직임을 학습하도록 훈련하는 것이다.

본 연구는 근전도 바이오피드백을 이용한 훈련이 안면신경마비 환자의 운동학습에 긍정적인 영향을 주는지 알아보기 위하여 실시하였는데, 근전도 바이오피드백을 이용한 훈련이 안면신경마비 환자의 운동학습에 주목할 만한 효과가 있는 것으로 나타났다. 근전도 바이오피드백을 이용한 훈련 후 최대 자발적 수축 동안 입둘레근, 눈둘레근, 이마앞쪽근의 최대 근활성도 증가는 세 명의 대상자 모두에서 나타났다. 증가 양상은 훈련회수와 대상자 간 차이가 있었는데, 입둘레근의 최대 근활성도 변화를 살펴보면 대상자 1에서는 훈련시작 시점인 4회 때 급격하게 증가하였고, 대상자 2에서는 그래프 상에 큰 변화는 보이지 않으나, 최대 근활성도를 보면 6회

때 .01 mV에서 7회 때 .02 mV로 100%의 증가를 보였다. 이는 대상자 2의 신경손상이 95.87%로 심하여 근육에 남아있는 수축 능력이 작았기 때문이라 생각된다. 대상자 3에서는 훈련 회수가 증가함에 따라 지속적인 증가를 보였다. 눈둘레근과 이마앞쪽근의 최대 근활성도는 입둘레근의 변화 양상과 유사하게 나타났다. 대상자 3에서는 눈둘레근의 최대 근활성도가 훈련회수가 증가함에 따라 급격하게 증가하였다. 대상자 2에서 눈둘레근과 이마앞쪽근의 최대 근활성도 변화가 크게 나타나지 않은 것도 신경손상의 정도와 유사하리라 생각된다.

안면신경마비 환자를 대상으로 신경근육 재훈련의 방법을 사용한 선행 연구들은 이 방법이 안면신경마비 환자의 운동학습에 유용하다고 보고하였다. 신경근육 재훈련을 적절하게 수행하기 위해서는 안면 근육의 움직임에 대한 정보를 제공하는 피드백이 제공되어야만 하는데, 각각의 근육 움직임에 대한 정보를 제공하는 근전도 바이오피드백의 사용은 훈련의 효과를 높이는 데 유용한 방법이라 할 수 있다. Hamerslag 등(1987)은 설하-안면 신경 문합술(hypoglossal-facial nerve anastomosis) 환자 25명 중 16명에게는 수술 후 근전도 바이오피드백을 제공하는 운동 훈련을 시행하였고 9명에게는 실시하지 않은 후 평가하였는데, 근전도 바이오피드백을 이용하여 운동훈련을 실시한 집단에서 더 나은 안면신경의 기능을 보였음을 보고하였다. Brach와 VanSwearingen(1999)은 71세 안면신경마비 환자를 대상으로 13개월 동안 14회에 걸쳐 거울을 이용한 시각적 피드백의 제공과 근전도 바이오피드백을 이용한 근육 재교육 운동훈련을 시행한 결과 안면신경의 기능에 향상이 있었음을 보고하였다. 본 연구에서 안면신경 마비 환자에서 근전도 바이오피드백을 이용한 운동훈련 후 안면 근육의 근활성도의 증가가 나타난 것으로 미루어 볼

때, 신경근육 재훈련이 안면마비 환자의 안면 기능 향상에 효과가 있음이 증명되었다.

안면신경마비 환자에서 근전도 바이오피드백을 이용한 신경근육 재훈련은 새로운 보존적 치료방법 중의 하나이다. 그러나 이에 대한 선행 연구들은 사례연구들이어서 그 효과를 구체적으로 보고하고 있지 못하며, 결과의 측정에 있어서 각기 다른 방법을 사용하여 왔다. 따라서 근전도 바이오피드백을 이용한 신경근육 재훈련 방법이 안면신경마비 환자의 운동학습 훈련과 정상적 움직임의 학습에 유의한 영향을 줄 수 있는지에 대한 구체적인 연구가 필요하다 할 수 있겠다.

V. 결론

본 연구의 목적은 근전도 바이오피드백을 이용한 운동학습 훈련을 통해 안면신경마비 환자의 운동학습을 촉진시킬 수 있는지에 관하여 알아보는 것이었다. 3명의 안면신경마비 환자에게 근전도 바이오피드백을 이용하여 운동 훈련 중 마비된 안면 근육에 대한 피드백을 제공하여 훈련시키고, 근전도를 이용하여 안면 근육의 최대 수의적 수축 동안 최대 근활성도와 최대 전기자극으로 유발된 최대 근활성도를 측정하였다. 결과는 3명의 환자 모두와 입둘레근, 눈둘레근, 이마앞쪽근 모두에서 최대 수의적 수축 동안의 최대 근활성도는 증가하였으며, 최대 전기자극으로 유발된 최대 근활성도에는 변화가 없었다. 이는 근전도 바이오피드백을 이용한 운동 훈련이 비록 안면신경마비환자의 신경 재생을 촉진하지는 못하지만, 남아 있는 잠재적 운동 단위를 최대로 활용하는 방법을 학습시키는 재활 치료방법으로 사용될 수 있음을 제시하고 있다.

인용문헌

Beck DL, Benecke JE. Electroneurography:

- Electrical evaluation of the facial nerve. *J Am Acad Audiol.* 1993;4: 109-115.
- Brach JS, Van Swearingen JM. Physical therapy for facial paralysis: A tailored treatment approach. *Phys Ther.* 1999;79:397-404.
- Cohan CS, Kater SB. Suppression of neurite elongation and growth cone mobility by electrical activity. *Science.* 1986;232: 1638-1640.
- Diels HJ, Comb D. Neuromuscular retraining for facial paralysis. *Otolaryngol Clin North Am.* 1997;30: 727-743.
- Gao Z. Application of facial nerve ENoG and MEP in the diagnosis and prognosis of facial nerve palsy. *Chung Kuo I Hsueh Ko Hsueh Yuan Hsueh Pao.* 1991;13:17-23.
- Girlanda P, Dattola R, Vita G, et al. Effect of electrotherapy on enervated muscles in rabbits: An electrophysiological and morphological study. *Exp Neurol.* 1982;77:483-491.
- Gittins J, Martin K, Sheldrick J, et al. Electrical stimulation as a therapeutic option to improve eyelid function in chronic facial nerve disorders. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1999;40:547-554.
- Hammerschlag PE, Brudny J, Cusumano R, et al. Hypoglossal-facial nerve anastomosis and electromyographic feedback rehabilitation. *Laryngoscope.* 1987;97:705-709.
- Kendall FP, McCreary EK. *Muscles Testing and Function*, 3ed. Baltimore, Williams & Wilkins, 1983:235-267.
- Levitt R, Desinger JA, Wall JR, et al. rehabilitation of minor arthroscopic knee surgeries. *J Sports Med Phys Fitness.* 1995;35:218-223.
- Lydiatt WM, Sobba-Higley A, Morrow P, et al. Use of electroneuronography in monitoring facial nerve paralysis. *Nebr Med J.* 1992;77:231-234.
- Oh SJ. *Clinical Electromyography: Nerve conduction studies.* Williams & Wilkins, 1993.
- Ohsawa S, Yamamoto S, Kanda A. Lower lip-lifting brace for bilateral facial nerve palsy: A case report. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82:1737-1739.
- Portney LG. Electromyography and nerve conduction velocity tests. In: O'sullivan SB, Schmitz TJ, eds. *Physical Rehabilitation, Assessment and treatment.* Philadelphia: F.A. Davis Co. 1994:133-165.
- Simmons RW, Smith K, Erez E, et al. Balance retraining in a hemiparetic patient using center of gravity biofeedback: A single-case study. *Percept Mot Skills.* 1998;87:603-609.
- Targan RS, Along G, Kay SL. Effect of long-term electrical stimulation on motor recovery and improvement of clinical residuals in patients with unresolved facial nerve palsy. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2000;122: 246-252.
- Van Swearingen JM, Brach JS. The facial disability index: Reliability and validity of a disability assessment instrument for disorder of the facial neuromuscular system. *Phys Ther.* 1996;76:1288-1300.