



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

치의학석사 학위논문

구강안면영역에서의 근전도 적용

Application of the electromyography in
orofacial region

2013년 2월

서울대학교 치의학대학원
치학과

임수현

구강안면영역에서의 근전도 적용

지도교수 정진우

이 논문을 치의학 석사학위논문으로 제출함

2012년 11월

서울대학교 치의학대학원

치 의 학 과

임수현

임수현의 석사학위논문을 인준함

2012년 12월

위 원 장 고 홍 섭 (인)

부 위 원 장 정 진 우 (인)

위 원 이 정 윤 (인)

국문초록

구강안면영역에서의 근전도 적용

임수현

서울대학교 치의학대학원

치위학과

근전도는 운동단위의 전기활동을 활성화시켜 이를 오실로스코프에 나타냄으로써 이루어진다. 신경이나 근육세포는 휴지기엔 평형한 분극상태로 존재하는데 어떤 자극에 의해서 평형이 깨어지고 탈분극상태가 된다. 신경이나 근육의 세포막이 탈분극 및 재분극 과정에서의 전기적 활동을 활동전위라 부른다. 활동전위는 한 지점에서 발생하여 신경이나 근육의 섬유를 따라 양쪽으로 전파하게 된다. 이러한 활동전위의 발생, 전파, 동원 등을 포착하여 오실로스코프상에 나타내는 것이 전기진단의 기본 개념이다. 근전도는 신경과 근육의 전기생리학적 변화를 분석하여 진단하는 방법으로 크게 신경전도검사와 침 근전도검사로 나뉜다. 신경전도검사는 운동신경과 감각신경을 전기적으로 자극하여 근육의 반응이나 신경 자체의 반응을 분석하여 이상 유무를 판단하는 것이고, 침 근전도검사는 신경의 손상이 있거나 근육 자체에 이상이 있을 경우에 근육에 나타나는 비정상적인 전기생리학적 변화를 감지하여 이상유무를 진단하는 것이다. 근전도의 정의는 근육 내의 전기적 활동을 탐색하고 증폭하여 기록하는 것이라 할 수 있다.

최근 디지털 신호처리 기법의 발달로 빠르고 정확하게 근전도 신호를 자동 추출하고 분석할 수 있는 여러 방법들이 개발되어 왔으며, 현재 대부분의 전기진단장비에는 이러한 프로그램이 내장되어 있어 손쉽게 정량적 근전도 검사를 실시할 수 있게 되었다. 대표적으로 정량적 MUAP(motor unit action potential) 분석 방법과 분해방법(Decomposition methods)이 있다. MUAP 분석은 정통적인 접근법으로 최소한으로 근육을 수축하는 동안 MUAP를 기록하여 이를 정량적

으로 평가하는 방법이다. MUAP는 운동단위의 근섬유 활동전위의 대수적인 합을 세포 밖에서 기록한 것으로 기록전극과 근섬유와의 공간적 관계와 근섬유 활동전위와의 시간적 관계에 의해 결정된다. MUAP의 형태는 운동단위의 구조, 즉 운동 단위에 속하는 근섬유의 수와 크기 및 분포와 종관의 배열에 영향을 받는다. 신경병증과 근육병증에서 나타나는 근위축이나 비대, 다양한 근섬유 반경, 근섬유 소실, 근섬유의 재생과 분리 및 신경 재분포 등에 의해 MUAP의 형태에 변화가 오게 된다. 정밀 분해법(Precision decomposition)은 4개의 기록표 면을 갖고 있는 quaorifilar 전극으로 다채널 기록을 하여, 최대 근수축의 85~100%에서도 정확히 MUAP를 추출할 수 있는 방법으로 MUAP의 rate coding과 점증의 변화를 측정하여 운동조절 기전을 연구하는데 많이 이용되고 있다. 그러나 특수 침전극이 필요하다는 것과 특수한 지식을 가진 검사자가 자료 처리과정 중 개입하여 자료 분석시간이 길어지는 단점 때문에 임상에 사용하기에는 어려움이 있다.

근전도는 구강안면 영역에서 여러 분야에 활용되고 있다. 측두하악장애를 비롯해 교합접촉 변화, 저작 습관, 골절, 신경자극 등의 여러 가지 원인에 따른 저작근의 변화를 연구할 때 유용하게 이용된다. 측두하악장애 관련 연구들에 따르면 근전도가 신뢰성 있는 객관적인 정보를 제공할 수 있는가에 대해서 논란이 있다고 한다. 악골 골절 후의 근전도 연구에서는 관혈적 정복술을 통한 고정을 했을 때 비이환측에서 더 빠른 회복을 보인다고 한다. 편측안면경련의 미세혈관 감압술시에는 수술 후 7일째에 비정상 활동전위가 완전소실 또는 50% 이상 소실된 경우가 90.9%, 비정상 활동전위가 50% 이하로 소실된 경우가 9.1%라는 연구가 있다. 경피성신경자극을 저작근에 가했을 때, 근수축으로 인한 근 피로도가 감소된다는 근전도 연구도 있다. 전치부 개방교합시 이설근 및 구륜근 활성화도 연구에 따르면 연하시를 제외하고 구륜근과 이설근 모두 근활성도가 정상교합자보다 높게 나타난다고 한다.

주요어: 근전도, 측두하악장애, 구강안면, 저작근
학번 : 2009-22712

목 차

* 서 론	-----1
* 본 론	-----3
I. 근전도의 개요	-----3
1. 근전도의 기본 개념	-----3
2. 근전도 기기	-----3
3. 정상 근전도 소견	-----4
4. 비정상 근전도 소견	-----5
5. 신경전도 검사	-----6
6. 침근전도 검사	-----7
II. 근전도 검사의 정량적 분석	-----9
1. 운동단위활동전위의 정량적 분석	-----10
2. 간섭양상의 정량적 분석	-----15
3. 근전도 검사의 정량적 분석의 사용	-----15
III. 근전도와 측두하악장애	-----16
IV. 구강안면 영역에서의 근전도 활용	-----18
1. 교합접촉 변화에 따른 저작근 활성화 연구	-----18
2. 측방유도형태 저작습관과 저작근 근전도의 변화 연구	-----22
3. 전치부 개방교합시 이설근 및 구륜근 활성화도 연구	-----26
4. 악골 골절에서 술 후 교합압 및 근전도 변화 연구	-----31
5. 편측안면경련의 미세혈관 감압술시 근전도 연구	-----35
6. 경피성 신경자극이 근전도에 미치는 영향 연구	-----40
* 결 론	-----50
* 참 고 문 헌	-----51
* Abstract	-----70

서론

구강안면영역은 치아와 이를 구성하고 있는 상, 하악골 및 연조직, 측두하악관절과 근육 신경계로 구성되어 있으며 해부학적인 형태와 생리적인 기능이 서로 긴밀하게 연관되어 있다. [Galletti et al. 1995, Raustia et al. 1994, Tallgren et al. 1979, Aragon et al. 1985] 구강안면통증의 치료를 위해 내원하는 환자들의 다수는 저작근 통증을 호소한다. 이러한 저작근 통증이 근육의 비기능적 활성화, 자세성 근긴장, 과도한 수축이나 신장 등으로 유발된 근피로가 원인이 된다고 알려진 이래로 많은 연구에서 근전도를 이용하고 있다. 근전도는 다양한 근전기적 신호를 측정분석해서 근육의 생리적 상태를 객관적으로 평가할 수 있는 방법 중 하나이기 때문이다. [Kim et al. 2007]

Electromyography(EMG, 근전도)는 근신경계의 기능을 평가하는 도구로서 Moyers 가 1949년에 치과영역에 처음 도입한 뒤로 널리 사용되어지고 있다. 이는 신경과 근육의 전기생리학적 변화를 분석하여 진단하는 방법으로 크게 신경전도검사와 침 근전도검사로 나뉜다. 신경전도검사는 운동신경과 감각신경을 전기적으로 자극하여 근육의 반응이나 신경 자체의 반응을 분석하여 이상 유무를 판단하는 것이고, 침 근전도검사는 신경의 손상이 있거나 근육 자체에 이상이 있을 경우에 근육에 나타나는 비정상적인 전기생리학적 변화를 감지하여 이상유무를 진단하는 것이다.

근전도는 말초신경과 근골격근에서 형성되는 미세한 전기현상 (electrical potential)을 감지하여 증폭기에서 증대시킨 후 음극선을 통하여 형성되는 전기적 파장을 계기판(oscilloscope)에서 관찰, 분석하여 병변을 진단하는데 이용되고 있다. [Kang 1994] 근전도 검사는 휴지기(resting state), 수의수축(voluntary contraction), 최대수축(maximal contraction)의 3 단계로 검사가 진행된다. 이는 근육에서

발생하는 여러 가지 전기적인 활동을 기록하는 것으로 근육병의 진단에 가장 도움이 되나, 근육섬유들은 근육병뿐만 아니라 근육과 연결된 말초신경의 손상에 의해서도 이차적 변화가 발생하기 때문에 말초신경에 의한 질환을 찾아내는 데에도 사용할 수 있다.

근전도는 time domain과 frequency domain에서 정성적으로 분석이 가능하며, 특히, 주파수 분석은 근육의 피로도를 분석하는 데 널리 쓰인다. EMG를 통해 수축하는 근섬유와 motor unit의 활동전위가 전기적으로 기록되어 시각화 되어 근육관련 질환의 진단과 신경생리학적 연구에 널리 이용될 수 있다.

이 종설의 목적은 전반적인 근전도의 이론과 원리를 살펴보고, 구강안면영역 환자의 연구로 범위를 한정지어 구강안면영역 환자에서 근전도가 어떻게 나타나는지와 어떻게 사용되고 있는지에 대해 고찰해 보는 것이다.

본 론

I. 근전도의 개요

1. 근전도의 기본 개념

전기진단이라 하면 근전도와 신경전도 검사로 나눌 수 있는데 일반적으로 근전도(EMG)로 통용되고 있다. 근전도는 운동단위의 전기활동을 활성화시켜 이를 오실로스코프에 나타냄으로써 이루어진다.〔Goodgold et al. 1972, Kimura et al. 1989, Portney 1988, Licht 1968〕

운동단위는 신경의 척수전각세포, 축삭, 신경근접합부, 그리고 그 신경의 지배하에 있는 모든 근세포를 합친 것으로 하나의 생리적 기본단위이다.

신경이나 근육세포는 휴지기엔 평형한 분극상태로 존재하는데 어떤 자극에 의해서 평형이 깨어지고 탈분극상태가 된다. 신경이나 근육의 세포막이 탈분극 및 재분극 과정에서의 전기적 활동을 활동전위라 부른다. 활동전위는 한 지점에서 발생하여 신경이나 근육의 섬유를 따라 양쪽으로 전파하게 된다. 이러한 활동전위의 발생, 전파, 동원 등을 포착하여 오실로스코프상에 나타내는 것이 전기진단의 기본 개념이다. 근전도의 정의는 근육 내의 전기적 활동을 탐색하고 증폭하여 기록하는 것이라 할 수 있다.〔Kim et al. 1998〕

2. 근전도 기기

근전도의 기본구조는 전극(침전극, 표면전극), 증폭기, 오실로스코프, 기록계, 자극기 등으로 구성된다.〔Goodgold et al. 1972, Aminoff 1987〕 근전도의 활동전위는 크기로는 백만 배로 확대할 수 있고, 시간

적으로는 천배 단위 또는 백만 배 단위로 확대하여 볼 수 있게 되어 있다. 따라서 근육의 전기적 반응을 침전극이나 표면전극으로 검사한 것을 증폭기로 연결하여 여기서 나오는 전기적 활동이 하나는 오실로스코프로 나머지 하나는 전기 에너지가 가정용으로 전환되어 확성기로 방출되며 또는 이것들을 녹음기나 파동기록장치의 사진기로 기록, 유지할 수 있게 되어 있다.[Kim et al. 1998]

3. 정상 근전도 소견

침전극을 근육에 삽입함으로써 근전도 검사가 시작된다. 정상 근육은 침전극을 자입 후 이완 또는 휴식했을 때 고요하고 수의적으로 수축하면 정상 운동단위 활동전위가 나타난다.[Kimura et al. 1989, Sethi et al. 1989, Kottke et al. 1982]

1) 휴식기 근육의 전기적 활동

침전극을 근육에 자입하면 근섬유는 손상되고 이 때 일시적인 전류가 발생하나 병적인 경우에는 이 전류가 소실되든지(근육이 섬유화 되었을 때) 혹은 과다하게 전류가 연장되는 “증가된 삽입활동전위”가 나타날 수 있다. 휴식기의 근육은 전기적으로 고요하다. 단지 전극이 종판에 닿게 되면 소라껍질을 귀에 댔을 때의 소리가 나는데 이를 “종판잡음”이라고 한다. 이는 종판에서 휴식기에 아세틸콜린이 불규칙적으로 방출되어 이 시기의 활동전위가 감지되는 것으로 일종의 자발전위인데 침을 흔들거나 옮기면 이 전위는 즉시 없어진다.[Kim et al. 1998]

2) 운동단위전위

한 개의 운동단위에서 나오는 전위를 관찰하려면 피검자로 하여금 약한 근육 수축을 하게 해야 한다. 이러한 근육 수축의 최소 단위를 운동단위

활동전위 또는 운동단위전위라 한다. 이 전위의 모양은 2상성 또는 3상성이며 때로는 다상성으로 보일 때도 있다. 정상 운동단위의 진폭은 0.3~5.0 mV이고 기간은 3~16msec이다.[Kim et al. 1998]

3) 간섭 및 동원 양식

근육의 수축강도를 점차 증가시키게 되면 운동단위의 수축빈도가 빨라지고, 수축을 계속 강하게 하면 다른 운동단위의 수가 증가하게 된다. 따라서 약한 수축을 할 때 분리되어 잘 보이면 운동단위의 모양은 증가한 다른 운동단위와 섞여서(간섭현상) 그 개개의 모양이 구별되지 않아 화면은 운동단위로 딱 차서 기선을 볼 수 없게 되어 버린다. 이런 상태를 완전간섭과형 혹은 완전동원양식이라고 한다.[Kim et al. 1998]

4. 비정상 근전도 소견

1) 휴식기에 나타나는 자발 전위

중관 이외에서 볼 수 있는 자발활동은 일반적으로 의의가 있고 이상을 의미한다. 안정시(휴식시) 근육에서 나타나는 자발활동의 형은 증가된 삽입활동전위, 근세동전위, 양성예각파, 속상수축전위 및 고주파 방출 등이 있다.[Goodgold et al. 1972, Aminoff 1987]

2) 운동단위활동전위의 변화

비정상 근전도 소견에서는 여러 원인으로 인하여 운동단위활동전위의 진폭, 기간, 모양 등이 변하고 그 동원되는 양상이 다르게 된다. 근육병 변에서는 운동활동전위의 진폭, 기간이 감소하고 모양도 다상성으로 치우치게 된다. 반면에 신경병변에서는 운동단위활동전위의 진폭, 기간 등이 증가하고 다상성 전위가 많아진다. 진폭이 5mV 이상으로 커지면 거

대전위라고 부르기도 한다. 이는 주로 신경근 압박과 척수전각세포 질환에서 특징적으로 볼 수 있다.[Kim et al. 1998]

3) 간섭 및 동원양식의 변화

비정상 근전도 소견에서의 근육병변은 실제로 근육의 힘은 약화되어 있음에도 불구하고 동원양식은 오히려 완전하여 적은 힘으로도 쉽게 완전 동원양식에 도달하게 되는데 반하여 신경병변에서는 병증이 심할수록 동원할 수 있는 운동단위가 적어지므로 불완전 또는 단단위 동원양식이 된다.[Kim et al. 1998]

5. 신경전도 검사

신경전도 검사는 기본적으로 말초신경의 운동분지와 감각분지에 대해 실시하며 병변에 따라서는 H반사, F파 검사 또는 Blink반사 검사를 추가한다. 또한 중증 근무력증과 같은 특수 질환의 진단에는 연속 신경자극검사를 실시하게 된다.[Kang 1994]

1) 일반 신경전도 검사

말초신경의 한 부위에 전기자극을 가하게 되면 세포막에서 전해질의 교환이 일어나면서 활동전위가 발생하여 신경의 축삭을 따라 이동하게 된다. 신경전도검사는 이 때 전이된 활동전위를 신경 또는 근육의 일정부위에서 기록하여 자극 점으로 부터 기록 점까지의 신경전달 경로상의 이상 유무를 가려내는 것이다. 대체로 활동전위의 진폭, 자극시부터 활동전위가 나타날 때 까지의 소요 시간인 잠복과 전도속도를 측정하게 되며, 이 밖에 활동전위의 모양을 관찰하게 된다.

측정치를 정상인에서 측정한 표준치와 비교하거나 건측에서 측정한 정상치와 비교하여 이상 유무를 판정한다.[Kang 1994]

2) H반사 및 F파 검사

H반사 검사는 하지의 경골신경을 대상으로 슬와부에서 전기자극하면 장딴지 근육에서 진폭이 매우 작은 복합근육활동전위를 기록할 수 있는데, 이를 H반사라고 한다.

F파 검사는 운동신경전도 검사시 전기자극의 강도를 최대로 하면 복합근 활동전위보다 매우 작은 또 하나의 복합근활동전위가 나타나는데 이를 F파라고 한다. [Kang 1994]

3) 안윤근 반사(Blink Reflex)

안와상공부에 전기자극을 주면 자극이 삼차신경의 분지인 상안와신경을 통하여 교와 연수에 있는 반사중추를 돌아 원심성신경인 안면신경을 따라 안면근에 도달하게 되어 반응을 기록할 수 있다. [Kang 1994]

4) 연속 신경자극 검사

중증근무력증, 근무력 증후군 등 신경근 접합부에 병변이 있을 때 빈도가 각각 다른 연속적인 전기자극을 주게되면 병변에 따라 복합근 활동전위의 진폭이 커지거나 작아지는 특징적인 소견이 나타난다. 중증근무력증에서는 느린 속도의 연속자극에 대해 활동전위의 진폭이 점차 감소되고, 근무력증후군에서는 매우 빠른 속도의 연속자극을 가하면 전위의 진폭이 커지는 특성이 있다. [Kang 1994]

6. 침근전도 검사

침근전도 검사는 침전극을 근육내로 삽입할 때, 삽입 후 근육을 완전히 이완시켰을 때, 그리고 수의적 수축을 시켰을 때 발생하는 복합근 활동

전위를 관찰하므로 이루어진다.[Kang 1994]

1) 삼입활동전위

침전극을 근육내로 삽입할 때 바늘끝으로 세포막을 자극하게 되어 발생하는 활동전위로 비교적 큰 진폭의 연속적 파장이다. 정상근육에서는 시작과 끝남이 명확하다. 대체로 신경질환에서는 진폭과 기간이 커지고, 근육병증에서는 작아지는데, 전자의 경우 삼입활동전위가 증가되었다고 하고 후자의 경우 감소되었다고 한다.[Kang 1994]

2) 자발전위

근육이 안정 상태로 있을 때에는 전기적 활동이 없다. 그러므로 정상근육에서는 침전극을 삽입한 후 자극을 주지 않고 근육을 이완시키면 아무런 활동전위도 나타나지 않는다. 그러나 신경이나 근육에 병변이 있을 때에는 여러 형태의 전위가 나타나는데 이들을 자발전위라 한다.[Kang 1994]

3) 운동단위 전위

골격근에서는 한 개의 신경섬유가 여러 개의 근섬유를 지배하고 있는데 한 개의 신경섬유와 이에 의해 지배받고 있는 근섬유를 운동단위라고 한다. 근육이 수축할 때에는 여러 개의 운동단위가 동시에 참여하여 활동전위를 발생한다. 근수축을 매우 약하게 하면 침전극과 접촉하고 있는 5~10개의 근섬유를 비롯한 주위 약 0.5mm이내에 있는 근섬유에서 발생하는 전위가 종합되어 하나의 활동전위를 만들게 된다. 이와 같이 근수축시 발생하는 활동전위의 최저 단위를 운동단위전위 또는 운동단위 활동 전위라고 한다.[Kang 1994]

II. 근전도 검사의 정량적 분석

일상적인 전기진단검사에서 신경전도검사는 잠복기, 진폭 및 전도속도와 같이 정량적인 방법을 사용하고 있으나, 침근전도 검사는 아직까지도 많은 경우에 주관적이고 정성적인 방법을 이용하고 있다. 정량적 근전도 검사는 1950년대 Buchthal과 동료들이 운동단위활동전위 (Motor unit action potential: MUAP)를 수동적으로 평가 하여 신경근육계 질환의 진단에 사용되기 시작하였다.[Buchthal et al. 1954, Buchthal et al. 1955] 그러나 이 방법은 환자의 많은 협조가 필요할 뿐 아니라 지루하고 많은 시간이 걸려 일상적인 검사에서 널리 사용되지 못하였다. 최근 디지털 신호처리 기법의 발달로 빠르고 정확하게 근전도 신호를 자동 추출하고 분석할 수 있는 여러 방법들이 개발되어 왔으며, 현재 대부분의 전기진단장비에는 이러한 프로그램이 내장되어 있어 손쉽게 정량적 근전도 검사를 실시할 수 있게 되었다.

운동단위란 운동신경원과 축삭 그리고 그 축삭에 의해 지배받는 근섬유로 구성되며 근 수축의 기본적인 기능 단위이다. 자발적인 근 수축의 정도는 운동단위의 동원 (recruitment)과 그 발화율(firing rate)의 변화가 상호 협조 적인 작용에 의해 조절된다.[Burke 1981, Sohn 2000] 점진적인 근 수축에서 먼저 동원된 운동단위는 역치가 낮고 크기가 작아 작은 힘을 내며, 높은 근 수축에서 동원되는 역치가 높은 제 II형 운동단위는 더 많은 근섬유를 지배하고 빨리 피로해진다. 운동단위의 이러한 동원순서는 척수 전각세포의 크기에 기초를 두며 이를 "Henneman 의 크기이론(size principle)"이라 한다.[Henneman 1965] 힘이 감소되면 활성화된 운동단위의 발화율이 감소되고 동원될 때와는 반대 순서로 즉 마지막으로 동원된 운동단위 먼저 활동을 중지하게 된다.[Sanders 1996, De Luca CJ 1985] 근육에 침 전극을 삽입하고 점진적으로 근 수축을 증가시키면 낮은 근 수축에서는 각 MUAP의 구별이 가능하나 어느 정도 이상의 수축에서는 활동중인 MUAP가 서로 겹치거나 중첩되어 각 MUAP를 구별할 수 없게 되는 간섭양상

(Interference pattern: IP)이 나타난다. 정량적 근전도 검사는 일반적으로 각 MUAP를 분리해서 그 형태학적인 특징과 발화율을 측정하는 정량적 MUAP 분석과, IP 신호를 서로 다른 진폭과 주파수를 갖는 사인곡선의 총합으로 보고 그 특징을 정량적으로 평가는 IP 분석 방법이 있다.[손민균 2000]

1. 운동단위활동전위의 정량적 분석

1) 정량적 MUAP 분석 방법

MUAP(motor unit action potential)는 운동단위의 근섬유 활동전위의 대수적인 합을 세포 밖에서 기록한 것으로 기록전극과 근섬유와의 공간적 관계와 근섬유 활동전위와의 시간적 관계에 의해 결정된다. MUAP의 형태는 운동단위의 구조, 즉 운동 단위에 속하는 근섬유의 수와 크기 및 분포와 중판의 배열에 영향을 받는다.[Stalberg 1996] 신경병증과 근육병증에서 나타나는 근위축이나 비대, 다양한 근섬유 반경, 근섬유 소실, 근섬유의 재생과 분리 및 신경 재분포 등에 의해 MUAP의 형태에 변화가 오게 된다.

가. 역치의 근 수축에서 정량적 MUAP 분석

정통적인 접근법으로 최소한으로 근육을 수축하는 동안 MUAP를 기록하여 이를 정량적으로 평가하는 방법이다. 주로 먼저 동원되는 역치가 낮은 MUAP만을 평가하게 되지만 임상적으로 신경근육계 질환의 진단에 중요한 방법이다.[Buchthal 1982] Buchthal 등[Buchthal 1954, Buchthal 1955]이 수동적인 방법으로 MUAP의 지속기간, 진폭, 위상 수를 정량적으로 측정하였으며 MUAP의 정량적 평가에 있어서 증폭기 gain, 여과범위, 필름속도, 전극의 종류 등에 관한 표준화를 제시하였다.

Computer-aided methods는 검사자가 측정하고자 하는 MUAP를 정하면 그 MUAP의 여러 변수가 자동 측정되는 방법이다. Signal trigger와 delay line을 이용하여 연속적으로 발화하는 MUAP를 일정한 시간에 표시하고 triggered averaging으로 신호대 잡음비(signal to noise ratio)를 증가시켜 MUAP의 변수를 측정하게 된다.[Dorfman et al. 1988] 그러나 하나의 근육에서 20개의 서로 다른 MUAP을 측정하려면 20분 정도가 소요되어 일상적인 검사 방법으로 사용하기에는 어려움이 있다.

Automatic methods는 보다 체계적이고 포괄적인 방법으로 검사자의 중재를 최소화하면서 자동적으로 MUAP를 추출하고 그 변수를 측정하는 방법이다. 검사자는 필요한 경우에 이를 편집하면 된다. 이 방법은 먼저 사건을 감지(detection)하는 것인데, 이는 궁극적으로 MUAP가 될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. 보통 진폭이 20~50 μV 이상의 전위를 분리(segmentation)하여 이 부분을 하나의 모형(template)으로 한다. 이어지는 전위를 계속 모형 맞추기(template-matching)하여 일치하면 여기에 저장하고, 그렇지 않으면 다음 template로 하여 MUAP를 분류(classification)하게 된다. 보통 4~6개의 서로 다른 모형을 만들어 한 모형에 최소한 2~10번의 MUAP가 저장되면 타당한 MUAP로 선택(selection)하여, 이를 평균화하여 MUAP의 변수가 측정(measurement) 되는 과정이다. 반복되지 않는 파는 잡음으로 간주하여 버리게 된다.[손민균 2000]

이러한 프로그램의 전형은 Bergmans[Bergmans 1972]에 의해 기술되었으며, Andreassen[Andreassen 1987]은 진폭이 50 μV 이상 되는 전위를 template로 하여 최대 4개의 template를 만들어 한 template에 최소한 3번의 전위가 저장되면 이를 평균화하여 MUAP의 변수를 측정하였다. Coatrieux[Coatrieux 1984]는 한번에 진폭과 지속시간 기준에 맞는 15개의 전위를 수집하여 타당한 MUAP를 선택하

여 미리 저장해둔 정상 대조군의 자료와 비교하여 실시간으로 정상과 비정상을 자동적으로 판단해주는 방법을 개발하였다. 이는 소수의 MUAP가 비정상인 경우에, 각 변수의 평균을 구하는 방법보다 예민한 검사방법이 된다.[손민균 2000]

Frequency-Weighted Automatic MUAP Analysis는 일정한 진폭이 넘는 모든 전위를 측정하는 방법으로, 개개의 MUAP 뿐 아니라 잡음이나 서로 중첩된 MUAP를 측정하기도 하지만 빠르고 효율적인 방법이다. 한 근육에서 64개의 전위를 측정하여 진폭과 지속시간 및 위 상수의 도수분포도를 작성하게 된다.[Kopec et al. 1976]

나. 분해방법(Decomposition methods)

어느 정도 이상의 근 수축에서는 여러 개의 MUAP가 동시에 작용하여 기저선이 없어지게 되면 지금까지의 방법으로는 MUAP를 분리해낼 수 없다. 따라서 이러한 신호를 분해하여 점증 역치가 낮은 MUAP뿐 아니라 높은 MUAP의 형태학적인 특징과 발화율 까지도 분석하는 방법이 개발되었다.

Multi-MUAP Analysis는 통상적인 침 전극을 사용하여 최대 근수축의 5~30%의 등척성 근수축 동안 5~10초간의 신호를 기록하여 MUAP를 측정하는 방법이다. 한 근육에 보통 2~3 차례 침 전극을 삽입하고, 한번 삽입하여 몇 개의 서로 다른 MUAP를 측정하게 되는데, 총 30개 정도의 MUAP를 수집하여 20개의 적당한 MUAP를 선택하여 측정하는 방법이다.[Bischoff et al. 1994, Stalberg et al. 1994, Nandedkar et al. 1995] 먼저 진폭이 50 μ V 이상이고 상승시간이 짧은 신호를 확인하여, 모형 맞추기로 동시에 최대 6개의 MUAP을 분류하고, 각각을 평균화하여 평균화된 MUAP의 모양과 그 발화율을 중첩된 형태로 제시하는 방법이다. 다음은 검사자가 같은 MUAP가 여러 번 측정되었거나 잡음이나 인공(artifact)이 많은 MUAP를 폐기하거

나, 잘못 측정된 지속시간 커서를 수동으로 교정하게 된다. 20~30개의 MUAP를 획득, 분석, 편집하는데 5분이 넘지 않으며, 특별한 전극이 필요 없으므로 임상 검사에 사용할 수 있는 방법이다. 분석 방법이 표준화 되어 있고, 재현이 가능하며, 증폭기의 gain에 영향을 받지 않는다. 단점이라면 빠르게 발화하는 MUAP가 더 많이 측정된다는 것과, 평균화를 하는 과정에서 연속적인 MUAP 모양이 변화를 보이면 신호가 왜곡된다는 것이다.[Stalberg et al. 1994]

ADEMG(Automatic decomposition electromyography)는 McGill과 Dorfman이 개발한 방법으로 최대 근수축의 30%까지의 근수축동안 10초간의 근전도 신호를 spike-trigger averaging하여 한번에 최대 15개 MUAP를 측정하는 방법이다.[McGill et al. 1989, McGill et al. 1985] 먼저 간섭양상의 신호를 highpass filtering하여 고주파의 극파를 찾아, 진폭 역치 기준으로 각 극파를 모형 맞추기하여 분류하고, 정렬된 극파들의 극파간 간격을 구하여 MUAP의 발화율을 계산하게 된다. 마지막으로 각 극파를 trigger하여 여과되지 않은 근전도 신호에서 각 MUAP를 평균화하게 된다. 이 방법도 임상적으로 의의는 있으나 검사시간이 다소 걸리고 MUAP가 잘못 분류되기도 한다.[손민균 et al. 1995]

정밀 분해법(Precision decomposition)은 4개의 기록표 면을 갖고 있는 quadripolar 전극으로 다채널 기록을 하여, 최대 근수축의 85~100%에서도 정확히 MUAP를 추출할 수 있는 방법으로 MUAP의 rate coding과 점증의 변화를 측정하여 운동조절 기전을 연구하는데 많이 이용되고 있다. 그러나 특수 침전극이 필요하다는 것과 특수한 지식을 가진 검사자가 자료 처리과정 중 개입하여 자료 분석시간이 길어지는 단점 때문에 임상에 사용하기에는 어려움이 있다.[De Luca CJ 1993, LeFever et al. 1982]

2) MUAP 평가 및 진단적 의의

가. 평가 방법

임상검사에서는 MUAP가 정상인가 비정상인가를 판단하며 아울러 비정상의 분포, 정도 및 진행에 대한 정보를 얻게 된다. 일반적으로 20개의 서로 다른 MUAP의 평균과 표준편차를 측정하여 데이터 분포를 기술하는 방법이 가장 흔히 사용된다. 그러나 비정상 MUAP가 소수인 경우에는 전체 평균값이 정상 범위에 있게 되므로 민감도가 떨어질 수 있어 최대 또는 최소 극단 값을 정하여 이보다 크거나 작은 값을 평가하는 방법이 사용되기도 한다. [Bischoff et al. 1994, 박승현 et al. 1998] 극단 값을 MUAP의 극단외(outlier)라 하는데 환자의 검사에서 3개 이상 극단외 MUAP가 나타나면 20개 까지의 MUAP를 수집할 필요 없이 검사를 중단하고 진단을 내리게 된다. 따라서 검사시간을 단축시킬 수 있는 방법이지만 비정상의 심한 정도와 분포를 평가하는 데에는 적당하지 않다.

나. 정량적 MUAP 분석의 진단적 의의

MUAP의 모양은 운동단위의 구조를 반영하는 것이지 특정한 질환을 진단하는 것은 아니며 각 변수들은 진단의 민감도와 특이도가 다양하다.

신경병증은 완전 신경손상 후 초기에는 운동단위가 몇 개의 근섬유로만 재생되므로 진폭이 작고 지속시간이 짧은 다상성 MUAP가 나타나고 jitter와 전도차단에 의해 jiggle이 심해진다. 더 많은 근섬유로 신경 지배가 진행되면서 MUAP 진폭과 기간이 증가하게 된다. 불완전 신경손상에서는 신경재생 초기에도 MUAP 진폭은 보통 정상보다 크고 위상 전위가 증가 된다. 신경재생이 계속 진행되면서 jiggle이 존재하다가 시간이 지나 신경 재분포가 안정화되면 jiggle도 감소된다. 후기에는 극파가 동시에 나타나 극파 기간이 감소되고 진폭은 계속 증가하게 된다. 만성기에는 진폭이 크고 지속기간이 긴 MUAP가 더욱 안정된 모습을 보

이며 위상수는 정상이거나 약간 증가한다.[손민균 et al. 1997, 손민균 et al. 1998] MUAP 진폭이 많게는 10~30배 까지 증가하여 2~3배 증가하는 지속기간보다 더 예민한 지표가 된다. 근육병증, 근섬유의 소실이나 섬유화로 MUAP의 지속기간이 짧아지고 진폭도 감소되는데 특히 지속기간은 신경병증과의 감별에 중요한 변수가 된다. 때때로 근섬유 활동전위의 시간적 산포가 커지고 근섬유가 비대해져 지속기간이 길어지거나 진폭이 큰 MUAP가 보이기도 한다. 근섬유 활동전위의 비동기로 다전환 혹은 다상성 MUAP가 많아진다.

2. 간섭양상의 정량적 분석

근육을 어느 정도 이상 수축하게 되면 활동하는 운동 단위 수가 많아지고 그 발화율이 증가되기 때문에 MUAP가 서로 겹치거나 중첩되어 근전도 신호가 매우 복잡해져서 눈으로는 각 MUAP를 구별할 수 없는 간섭 양상이 나타나게 된다. 일반적으로는 화면에 나타나는 간섭양상의 신호를 보고 그 소리를 들어 반 정량적인 방법으로 IP를 평가하게 되는데, 각 MUAP가 쉽게 구별되면 이를 불연속(discrete) IP라 한다. 운동단위가 모두 활성화되어 기저선이 보이지 않으면 이를 완전(full) IP, 그 중간단계를 불완전(incomplete) IP라 한다.[Buchtha et al. 1982, Willison 1964] 완전 간섭 양상에서 근 수축력을 더 증가시키면 간섭양상은 더 조밀해지고 근전도 신호의 진폭도 증가된다. 이러한 간섭 양상에서 운동단위의 숫자와 발화율 및 동원의 특징 뿐 아니라 MUAP의 형태학적인 정보를 얻게 된다. 근육병증에서는 약한 근수축에서 많은 MUAP가 조기 동원되어 완전 IP를 보이면서 진폭은 감소되나, 신경병증에서는 MUAP의 숫자가 감소되어 간섭양상이 감소되면서 진폭은 커지게 된다.

3. 근전도 검사의 정량적 분석의 사용

일반적인 근전도 검사는 근육의 안정기 동안의 자발 전위를 평가하고, 약한 수축 동안에는 MUAP를, 강한 수축 동안에는 IP를 분석하게 되는데, 최근 디지털 신호처리기술의 발달로 마지막 두 과정을 비교적 빠르고 정확하게 정량적으로 평가할 수 있게 되었다. 정량적 MUAP 및 IP 검사에서 얻을 수 있는 정보가 서로 부분적으로 겹치기 때문에 각 방법의 특징과 차이점을 잘 인식하여, 다른 전기진단 검사와 마찬가지로 중요한 정보를 얻을 수 있는 검사를 잘 선택하여 실시하여야 한다. 특히 전환-진폭 분석은 비교적 협조가 잘 되지 않는 어린 환자에게 사용하기에 적당하다. 일반적으로 국소 신경병증에서는 추적검사에서 변화를 관찰하기 위하여 한두개의 근육에서 정량적 검사를 실시할 수 있으며, 무엇보다도 신경근육계 질환의 정확한 진단이나 질환의 진행 및 치료에 대한 반응을 평가하는 방법으로 가장 잘 사용될 수 있을 것이다.[손민균 2000]

Ⅲ. 근전도와 측두하악장애

근육 기능을 진단하기 위해 근전도나 장력 변환기(force transducer)가 사용되는데, 근전도는 저작 근의 활성도를 관찰하기 위하여 가장 널리 사용되는 방법으로 기본 구성은 각각의 활동성 운동 단위의 흥분 발사이며 진폭은 활동성 운동 단위의 수와 그들의 흥분 발사 빈도의 대수합이다.[Christensen 1986] 근활성도를 정량화하는 방법중 적분분석법이 많이 사용되고 있는데, 근섬유 조성이 일정한 근육에서는 적분된 근활성도와 등장성 장력사이에는 순 상관관계가 있어 적분분석법에 의해 정량화된 근활성도가 근수축력의 지표로 사용될 수 있다고 한다.[Christensen 1986, Naeije 1988, Woods et al. 1983]

근전도가 측두하악장애의 진단 및 예후, 치료를 평가하는데 있어서 신뢰성이 있는 객관적인 정보를 제공할 수 있는가에 대해서는 논란의 여지

가 있다. 근전도가 유용한 방법이라는 주장이 있는 반면, [Ferrario et al. 1991, Glaros et al. 1989, 윤창근 1989] 개인마다의 다양성 및 한 환자에서도 측정방법이나 시차, 사용하는 전극의 종류, 전극의 부착 위치, 피검자의 두부와 신체의 위치 등의 여러 가지 변수가 근전도에 많은 영향을 미칠 수 있으므로 진단학적 가치가 떨어진다는 보고도 있다. [Barbenel 1969, Cecere et al. 1996]

측두하악장애 환자에 대한 평가시 Rugh와 Montgomery [Rugh et al. 1987], Dahlstorm 등 [Dahlstorm et al. 1985]은 측두하악장애 환자에서 안정위시 폐구근의 근활성도가 정상군보다 높다고 보고한 반면, Yenmm [YemmR 1985], Majeski와 Gale [Majewski et al. 1989]은 유의한 차가 없다고 하였으며, Sherman [Sherman 1985]은 이같이 증상을 동반하지 않는 순수한 악관절장애 환자에서 정상인과 유의한 차이가 없다고 보고하였다. 또한 Schunman 등 [Schumann et al. 1988]은 환자군에서는 심리적, 정신적 긴장에 의해 γ -원심성의 증가를 야기하여 근방추의 감지도가 높아져 안정위시 근활성도가 증가한다고 보고하였다.

최대 수의적 수축동안의 근전도는 근육강도의 간접적 측정으로 평가되는데 [Micher et al. 1988], 표면 근전도와 근수 축력과 상관관계에 대한 연구에서 근섬유 구성 성분이 균일한 근육은 상관관계를 보이고, 혼합된 근섬유 구성을 가지는 근육은 상관관계를 가지지 않는다고 보고되었다 [Woods et al. 1983]. 근피로가 있을 경우는 근육강도와 근수 축력이 감소하며 최대 수의적 근수축시 근활성도가 감소된다고 한다. 또한 악관절의 동통에 대해 저작근이 주동근으로 작용하면 운동 뉴런 출력이 감소하고 길항근으로 작용하면 출성도의 감소는 손상된 부위를 보고하려는 적응으로 근육의 구심성섬유, 중간뉴론과 α -운동뉴론에 의한 것으로 설명될 수 있다고 한다. [Dolan et al. 1988]

Cooper 와 Rabuzzi [Cooper et al. 1984]는 최대 수의적 수축시 저

작근의 활성도가 160 μ V 이하이면 비정상적으로 간주하였으며 Scheikholeslam 등[Schikholeslam et al. 1982]은 측두하악장애 환자에서 정상인보다 낮은 근활성도를 나타낸다고 보고하였다. McCarroll 등[McCarroll et al. 1984]은 Helkimo clinical dysfunction index를 사용하여 근활성도를 연구하였는데, 환자 증상의 심각도에 따른 유의한 차이는 없었으나 비이환측이 유의하게 높았다고 보고하였으며, Kroon과 Naeije[Kroon et al. 1992] 등은 동통측이 비동통측보다 유의하게 근 활성도가 낮았다고 보고하였다.

IV. 구강안면 영역에서의 근전도 활용

1. 교합접촉 변화에 따른 저작근 활성 연구

1) 교합접촉 변화에 따른 저작근 근전도 측정 방법

가. 교합장치(occlusal splint의 제작)

일반적인 방법으로 알지네이트인상재를 이용하여 피검자의 상하악 진단 모형을 채득한 후 Facebow transfer하여 반조절성 교합기에 상악모형을 부착시킨 다음 중심교합 상태에서 악간기록을 채득하여 하악모형을 역시 교합기에 부착시킨다. 교합기의 incisal pin을 상하악 구치가 접촉되지 않도록 2mm 정도 증가시킨 후 base plate 왁스를 이용하여 일반적인 방법으로 왁스제작을 하는데 이때 하악구치의 협측교두의 흔적이 가능한 한 넓게 인기되도록 하고 전치부는 점접촉이 되도록 한다. 의치상(denture base)을 위한 아크릴 레진을 이용하여 간접법으로 165°F에서 9시간 경화(curing)한다. 제작된 교합장치를 연마하여 기포나 불필요한 부위를 제거한 다음 피검자의 구강 내에서 적합도를 확인한다. [문상빈 et al. 1990]

나. 측정단계

교합장치를 장착하지 않은 상태에서 자의적 이악물기 시의 전측두근과 교근의 근활성도를 측정 한 후, 양측 구치부의 교합접촉이 면접촉(surface contact)이 되도록 제작된 교합장치를 장착하고 자의적 이악물기 시의 근활성도를 측정하며, 교합장치의 편측 구치부를 조정하여 대합치의 교두정이 점접촉(pointcontact)하도록 한후 이악물기시의 근활성도를 측정한다. 교합상에서 면접촉이 되도록한 편측 구치부를 완전히 제거한 후 다시 이악물기 상태에서 측두근 전엽과 교근의 근활성도를 측정한다.[문상빈 et al. 1990]

다. 근활성도 측정

표면전극이 부착된 8-channel의 bioelectric porcessor(EM2, Myotronic Res., Inc., U.S.A.)를 이용하여 좌우측 교근과 측두근 전엽의 근활성도를 측정한다. Myotronic Res사의 일회용 표면부착용 전극을 사용하여 제조회사의 설명대로 좌, 우측 교근 중앙부와 측두근 전엽의 중앙부에서 근섬유의 주행방향과 평행이 되도록 부착시키고 접지전극을 부착시킨다. 대상자를 지면에 수직이 되도록 의자에 앉힌 후 안이 평면이 지면에 평행이 되도록 한 다음 긴장을 풀도록 안정시키며, 눈은 전방을 향하도록 한다. 모든 피검자에게 실험에 대하여 충분히 설명하여 매 측정시 피검자의 운동이 일정하도록 하고 이악물기를 행한 후 충분히 쉬도록 하여 근육의 피로가 없도록 한다. 휴식상태에서의 좌우측 측두근 전엽과 교근의 근활성도를 측정하여 정상치인지를 확인한 후 피검자로 하여금 중심교합상태로 가볍게 다문 다음 일시에 최대로 턱에 힘을 주게 하여 근활성도를 측정하며 3회씩 측정하여 그 평균값을 이용한다.[문상빈 et al. 1990]

2) 교합접촉 변화에 따른 저작근 근전도 변화에 대한 고찰

중추신경계는 구강내의 여러 수용기로부터 압력, 통증, 열변화 등 여러

형태의 지속적인 정보를 받아 필요한 지시를 하게 되며, 근신경계의 보호반사기능의 변화를 나타낸다.[Mongini 1984] 치아주위의 고유감각 신경종말부는 아주 예민하여 치아에 발생하는 작은 변화조차도 근기능의 형태를 충분히 바꿀수 있다고 하였다. 저작근에 관한 치아접촉의 수나 위치에 관해서는 여러 연구가들에 의한 보고가 있다. Moeller는 저작근 활성도는 교합접촉의 수와 관련이 있다고 하였으며 Van Steenberghe 와 De Vries[Van Steenberghe et al. 1978]는 교합접촉의 수의 증가는 저작력을 증가시킨다고 하였다. Wood, Tobias[Wood et al. 1984]은 교합장치 장착 시 편측 치아접촉의 유무 여부는 근활성도와 거의 관계가 없다고 하였다. Akagawa등[Akagawa et al. 1983], Carlsson등[Carlsson et al. 1979], Manns등[manns et al. 1979]은, 교합 고경의 증가와 저작근의 관계에 관하여 연구한 결과 대부분 교합고경의 증가는 저작근을 변형시켜 하악 장애의 임상적 증상을 유발시킨다고 하였다. 저작근은 구강악계를 구성하는 주요 요소로 하악 운동을 지배하는 조직이며 교합학의 발달과 더불어 치의학 분야에서 많은 관심과 연구의 대상이 되고 있다[김기환 1983, 김정희 et al. 1983].

근전도는 1949년 Moyers에 의해 치과의학 분야의 연구에 소개된 이래로 저작근의 연구에 널리 이용되어 왔다[노장섭 et al. 1984, 진태호 et al. 1989]. 근전도는 근 수축시 발생하는 활동전위를 유도하여 기록하는 장치로써 근신경계의 진단과 연구에 널리 이용되어 왔다. 근전도를 측정하는 방법으로 주로 bipolar surface electrode와 paired fine wire electrode, concentric needle electrode 및 bipolar needle electrode 등의 방법이 이용된다[Wood et al. 1984]. 표면전극은 근육의 전체적인 기록을 위한 만족스런 방법으로 간주되며 교근의 심천부와 측두근의 전·후엽의 기록을 얻기에 효과적인 방법이라 하였다 [Latif 1957, MacDougal et al. 1953, Moyers 1950]. 근전도 측정시 술식이나 환경, 전극의 종류와 위치 및 기록하는 기기의 종류 등은 근활성도에 큰 영향을 미친다고 하였으며[노장섭 et al. 1984], Kramer등, Frame등도 전극의 부착위치가 근전도의 변화를 야기한다

고 하였고, Barbenel은 측정방법인 시기에 따라 변화가 있다고 하였다 [윤창근 1989]. 윤[윤창근 1989]은 측정치의 변호를 초래하는 요소들의 최소화를 위해서는 조건의 표준화와 검사방법의 숙련, 피검자에 대한 충분한 교육등이 필요하다고 하였다.

EM2는 신뢰도가 높기 때문에 하악장애 환자의 근육상태를 진단하고 치료효과에 대한 측정에 매우 유익한 객관적인 방법이라 하였다[윤창근 1989]. 측정오차를 최소로 하기 위하여 동일한 검사자에 의해 측정해야 하고 제조회사의 1회용 전극을 사용해야 한다. Kennedy의 부분 무치악상태의 분류 중 1급과 2급 무치악 상태에서의 조건을 감안하여 Ramfjord와 Ash[Ramfjord et al. 1983]가 추천한 교합접촉이 적은 교합장치의 형태를 변형하여 이를 장착하고 이악물기를 시행하는 것이 좋다. 1급의 경우에서 양측 인공치가 대합치아와 면접촉을 하는 경우를 고려하여 교합장치를 제작하고, 2급의 경우를 고려하여 편측 구치부는 면 접촉으로, 반대편 구치부는 자연치아를 가상하여 점 접촉으로 하며, 편측 무치악 상태일때를 고려하여 구치부에서의 편측 교합접촉을 제거한 경우 등에서 근활성도를 측정한다. 구치부의 결손이 없는 교합장치를 장착한 stage2, 3의 경우, 자연치아가 접촉하는 stage 1과 비교하여 볼 때, 근활성도의 차이는 없는데, 이는 교합장치가 상하악관계를 안정시켜 줌으로써 저작근의 활성도가 증가한다는 Ramfjord, Ash의 이론과 다르며 Mann등[Manns et al. 1989], Wood와 Tobias[Wood et al. 1984]에서와의 결과와도 다르게 나타났다. 이러한 결과는 연구대상 정전시 교합에 이상이 없는 피검자를 선택함으로써 나타난 결과인 것으로 사료된다. 구치부의 교합형태가 점접촉이거나 면 접촉이거나 측두근 전엽과 교근에서의 변화는 나타나지 않는데, 이는 이악물기의 동작이 단순히 정적인 상태에서의 근육의 수축을 유도하는 동작인 것에 의하여 나타난 결과인 것으로 사료되며 측방운동 등 다른 기능적 운동을 할 때와는 다르게 나타날 수도 있는 것으로 생각된다. 편측 구치부의 교합접촉을 제거한 경우에는 동측의 측두근 전엽과 교근의 근활성도가 감소함을 보인다. 이는 Manns등[manns et al. 1979]의 연구결과에서 구치부의 교합접촉시가 전치부만 교합접촉 될 경우에서보다 교근이나 측두근

전엽의 근활성도가 컸던 것과 일치하는 결과라 하겠다. 또한 이는 악구 강계에는 제 3지렛대 원칙이 작용됨으로 구치부로 갈수록 거상근이 큰 힘을 내는 것이라 하겠다[Manns et al. 1989]. 신경생리학적으로 구치는 mechanosensitive threshold가 높은 치주기계수용기(Periodontal mechanoreceptor)의 밀도가 적은 반면에 전치는 mechanosensitive threshold가 낮은 치주기계수용기의 밀도가 크며, 치주기계수용기는 압력에 예민하여 수입정보(afferent information)가 삼차신경의 감각핵(sensitive nucleus)을 통해 운동핵(motor nucleus)으로 전달된다. 이는 악거상근에 대해 inhibitory feedback mechanism으로 작용되어 치아가 과도한, 또는 비생리적인 힘을 받지 않도록 하기 때문인 것이라 하겠다.[Manns et al. 1989] 이 연구에서는 EM2만을 이용하여 근활성도를 측정하였으나 교합접촉과 관련하여 T-Scan system 등 보완된 기기를 이용한 발전된 연구가 더욱 필요한 것으로 사료되는 바이다.[문상빈 et al. 1990]

2. 측방유도형태 및 저작습관과 저작근 근전도의 변화 연구

1) 측방유도형태 및 저작습관에 따른 저작근 근전도 측정 방법

가. 임상 검사

대상자가 선호하는 주 저작측을 파악하고 주 저작측 및 반대측의 측방 유도형태를 파악한다. 측방유도형태는 통상적인 방법에 따라 견치유도형태 및 균기능을 포함한 비견치유도형태로 구분한다.[고준원 et al. 1998]

나. 근활성도의 측정

저작근의 활성도를 관찰하기 위하여 통합적 하악기능 검사장비인

Bio-Pak System (Bioresearch Inc., U.S.A.)을 이용한다. 모든 피검자는 Frankfort - Horizontal plane이 지평면에 평행이 되도록 의자에 앉게 한 다음 심신이 안정상태에 이르도록 유도한 후 근전도를 측정하여 근활성을 기록한다. 전극은 표면전극(No-Gel Surface electrode, Bioresearch Inc., U.S.A.)을 사용하고 직경이 10mm이며 전극간 분리는 20mm로 한다. 이 악물기시 좌우측 전측두근과 교근의 표피를 촉진하여 근섬유의 주행방향과 평행하게 전극을 부착한다. 전측두근의 전극은 눈의 외측각에서 후방 1.5~2.0cm, 관골궁 직상방부에 부착하고, 교근의 전극을 근육의 전후길이의 중간과 상하길이의 중간이 만나는 부위에 부착하며 보조전극은 목 부위에 부착한다. 전극을 위치시키기 전에 표피 임피던스를 감소시키기 위해 해당부위를 알콜 스폰지로 잘 닦은 후 부착하며 피검자를 치과용 의자에 정면을 보고 편안히 앉히고 머리를 기대지 않은 상태에서 Frankfort평면이 바닥과 평행하도록 위치시킨다. 대상자에게 수차례 이 악물기 운동을 교육 시킨 후 측정을 실시한다. 안정위, 중심교합위로 이악물기의 순서로 측정하며 양측 교근 및 전측두근의 근활성(μV)을 기록한다.[고준원 et al. 1998]

다. 교합접촉점의 수 및 교합접촉력의 측정

근활성의 측정과 동시에 전자식 교합 기록기인 T-Scan System (Tekscan Co., USA)를 이용하여 근활성 측정과 동시에 이 악물기에서의 교합접촉 양태를 교합 접촉점수와 교합 접촉력을 중심으로 기록한다.[고준원 et al. 1998]

라. 통계처리

수집된 자료를 저작측과 교합유도 형태에 의한 변화 및 저작계 기능 장애의 유무에 따른 차이에 관해 비교 분석한다. 즉 환자군과 정상군, 주저작측과 반대측, 측방유도 형태에 따라 분류하고, 비교 분석한다. 통계

를 위해서는 SPSS 프로그램을 이용하였다. 또한 이들 측정치의 유의성 검정을 위하여 paired t-test를 시행한다.[고준원 et al. 1998]

2) 측방유도형태 및 저작습관에 따른 저작근 근전도 변화에 대한 고찰

근기능 이상의 진단 및 치료를 위해 여러 분야에서 널리 사용되어왔던 근전도는 치과계에서는 저작근 및 경부근의 기능이상을 객관적으로 진단하고 치료하는 방법으로 이용되어 왔으며 특히 하악운동 중에 발생하는 저작근의 활성화에 관한 연구는 악기능 운동을 평가하는데 있어서 관심의 대상이 되어왔다. 그러나 저작근의 연구에 근전도를 활용하는 것에 대해 비록 Throckmorton 등[Throckmorton et al. 1992]과 Cecere 등[Cecere et al. 1996]이 그 신뢰도에 대한 의문을 제기하기도 했지만 Lindauer 등[Lindauer et al. 1991]은 특히 이악물기나 저작시와 같이 근활성도가 높게 나타날 때, 그 정략적 수치를 신뢰할 만하다고 하였으며 Kroon 등[Kroon et al. 1992]도 근육성 장애환자에서 동통이 있는 근육은 동통이 없는 근육보다, 동통이 없는 근육도 정상인의 근육보다 이악물기시 활성화도가 낮은 것으로 보고하여 그 신뢰성을 뒷받침해 주고 있다.

Kawazoe[Kawazoe et al. 1980], Hagberg등[Hagberg 1988]은 측두하악장애 환자는 정상인과 근활성도에 있어서유의한 차이가 있으므로 근활성도의 정확한 측정은 측두하악장애의 진단 및 예후, 치료를 평가하는데 중요하다고 하였다. 따라서 근래에도 근전도를 이용하여 저작근에 대해 지속적으로 연구가 이루어지고 있는데 Ferrario 등[Ferrario et al. 1991]은 편측 이악물기시 작업측 관절보다 균형측 관절이 항상 많은 부하(load)를 받은 것은 아니라고 하면서 측두근 활성도가 높을 때 양측악관절의 부하가 증가한다고 보고하였고, Borromeo 등[Borromeo et al. 1995]은 안정장치상에서 이악물기시 교근의 활성화도는 견치유도군과 근기능 사이에 차이가 없다고 하여 Manns등[Manns et al. 1984]과는 다른 결과는 보고하였다. 이 연구에서는 측

두근과 교근 모두에서 견치 유도근과 비견치유도근 간의 근활성도에 있어서 유의한 차이는 없었다.

또한 Kerstein등[Kerstein et al. 1991]은 측방운동시 근활성이 높을수록 구치부 이개시간(posterior disocclusion time)이 길다고 보고하여 구치부 이개시간이 길수록 근활성도가 높아져서 근 경련이나 근파로가 생기는 원인이라고 보고하였다. Vissor등[Visser et al. 1994]은 근육성 두개하악장애 환자가 정상인에 비해 이악물기시 근활성도가 교근에서는 낮고 전측두근에서는 차이가 없다고 하였는데, 이 연구에서도 교근의 경우 환자군이 주 저작측 및 반대측 모두에서 정상군보다 근활성이 유의하게 낮게 나타나 Vissor등[Visser et al. 1994]의 연구와 일치된 결과를 보여주었다. 그러나, 전측두근의 경우는 이 연구에서는 환자군과 정상군간의 유의한 차이는 없었으나, 전반적으로 환자군이 정상군보다 낮게 나타났다.

대상자가 선호하는 저작측에 따른 분석은 비교할 만한 보고가 거의 없는 실정이지만 Gillings등[Gillings et al. 1973]은 대부분의 사람들이 대칭적인 저작주기를 가지는 것이 아니고 선호하는 저작측이 있다고 하였다. Pond등[Pond et al. 1986]과 Kumai[Kumai 1993]는 일단 성인이 되어 저작양태가 확립되면 동통성 자극만이 저작측을 변화시킬 수 있다고 하면서 관절염, 개구 및 저작시 어려움, 운동장애, 개폐구시 편위, 근육통과 관절통등이 측두하악장애환자의 저작운동에 다양한 영향을 미치지만 저작측 선호와는 연관성이 없다고 보고하였고 Wilding등[Wilding et al. 1991]은 대상자의 45%가 일관된 저작측을 가지지만 선호하는 손이나 발, 눈과 소리를 듣는 측과는 상관성이 없다고 보고하였다. 이 연구에서는 환자군에서는 좌측저작자가 많이 나타났고 정상군에서는 우측저작자가 현저하게 많이 나타났다. 선호하는 저작측으로 저작시에 비선호측으로 저작시보다 대체로 근활성이 높게 나타나는데 이러한 결과는 동통이나 교합장애 때문에 편측저작이 발생한 경우 당연한 결과라고 사료된다.

비정복성 관절원판 전위환자만을 대상으로 연구 한 Sato등[Sato et al. 1996]은 근육통이 있는 환자와 없는 환자 간에는 근활성의 차이가 없다고 하였고 저작측의 교근($12.1\mu\text{V}$)에서 정상군($18.8\mu\text{V}$)보다 낮게 나타났다고 보고하였다.

측두하악관절은 양측성 관절이므로 만성적인 질환인 경우 편측의 이환이 반대측에도 영향을 미칠 수 있으며, 정상인에서도 근육의 면적, 여러 가지 교합요소에 의해 좌우근육의 비대칭성이 생길 수 있으므로 비대칭성을 병적 상태로 간주할 수는 없다고 생각된다.[고준원 et al. 1998]

3. 전치부 개방교합시 이설근 및 구륵근 활성화도 연구

1) 전치부 개방교합시 이설근 및 구륵근 근전도 측정 방법

가. Acrylic appliance

이설근의 활성화도를 측정하기 위하여 Acrylic appliance[Milidonis et al. 1988]를 제작한다. 압박인상을 채득하여 측절치의 후방으로 잇몸과 구강저 점막의 경계에 설소대 양측으로 은판전극(Pure silver plate electrode)을 위치시키기 위해 cast 모형상에 한 변이 6mm인 정사각형의 은판전극을 붙인 다음 레진으로 매몰하여 치경부의 높이로 제2대구치까지 연장하여 적절한 유지장치를 제작한다. 장치의 일정성과 혀의 운동에 장애를 주는 것을 피하기 위해 레진은 약 1.5mm 두께로 1인의 술자에 의해 제작한다.

나. 근전도 기록

지면에 수직인 등받이가 없는 의자에 피검자를 편안히 앉히고, 긴장을

풀도록 안정시킨 후, 환자의 눈은 전방을 향하도록 한다.[정동기 et al. 1993] 그 후, 각 자세를 자세히 설명하고, 충분히 연습시킨 후 근활성도를 기록한다. 근전도 기록은 2회 측정하여 평균값을 근활성도의 지표로 이용한다. 근전도 기록을 위한 전극은 양극표면전극을 사용하고, 표면전극을 이용한 근전도의 기록 시 표면 유막에 의한 전기적 저항을 감소시키기 위하여 구륵근에 전극을 부착시키기 전에 전극 부착부를 알콜 스폰지로 깨끗이 닦고 직경 10mm의 은판전극에 근전도크림을 전극에 주입한 후 상순 인중의 좌우측으로 1cm씩 떨어져 정중선에서 동일한 위치에 있게 하고 종이테이프로 고정시켜 구륵근의 근활성도를 측정한다. 이설근은 위에서 언급한 방식으로 제작하여 대상에게 장착한 후 근활성도를 기록한다.

다. 근전도기

이설근과 구륵근의 근활성도를 측정하기 위해 8 Channel recorder를 이용하고 근전도기의 민감도는 100 μ V로, Band width는 10-2000Hz로 한다.

라. 근전도 관찰 항목

근전도 측정시 관찰할 항목은 안정위, 연하시, 개구시, 등장성 혀 내밀기의 5가지 기능운동 상태이다.

마. 측모두부방사선계측사진의 분석

근전도를 검사한 동일 피검자를 대상으로 측모두부방사선계측사진을 촬영하여, 통법에 따라 tracing paper에 투사한 후, 다음 항목을 계측한다.

- 각도계측항목

a. SNA

- b. SN-OP
- c. SN-PP
- d. SNB
- e. SN-MP
- f. OP-MP
- g. U1 to L1
- h. U1 to SN
- i. L1 to MP
- 선계측항목
 - a. Midcondylar to ANS
 - b. Midcondylar to Pog
 - c. overbite
 - d. overjet
 - e. Maxillary molar height(교합평면과 수직으로 측정된 구개평면에 대한 상악 제 1 대구치 근심협측교두까지의 거리)
 - f. Mandibular molar height(하악평면과 수직으로 측정된 하악평면에 대한 하악 제 1 대구치 근심협측교두까지의 거리)
 - g. Na-Me
 - h. Na-Me line에 평행한 Na-ANS 거리
 - i. Na-Me line에 평행한 ANS-Me 거리
 - j. SN plane에 수직인 Go-SN plane 거리
 - k. Ramus height
- 통계처리

전치부 개방교합자와 정상교합자의 각 군별로, 측모두부방사선계측사진에서 측정된 계측항목들과 근전도 검사 측정치인 근활성도에 대해 평균 및 표준편차를 구하고, 두 군 간의 통계적 유의성의 검정은 Student t-test를 이용한다. 그리고 두 개 안면골의 형태와 근활성도의 상관관계를 알아보기 위해 상관 분석을 실시하여 상관계수를 구한다.[강용 et al. 1995]

2) 근활성도 및 근활성도와 안면골격요소와의 상관관계

개방교합자의 선정에서 Angle의 분류와 관계없이, overbite가 -0.5에서 -6mm인 대상들이 선정되었기 때문에 SNB와 RH는 전치부 개방교합자와 정상교합자간에 안면골격요소에서는 유의성 있는 차이를 보였지만 안면골격요소와 근활성도간에는 상관관계수가 0.4 이하여서 유의성 있는 상관관계는 없다고 한다.

정상교합자와 전치부 개방교합자에서 안면골격요소와 근활성도간의 상관관계를 보면, 정상교합자보다 전치부 개방교합자에서 더 많은 항목에서 유의성이 있는 상관관계가 있음을 나타내었다. 특히 전치부 개방교합자의 하악골 및 OB와 관련된 항목에서 더 많은 상관관계가 있었다. 전체적인 상관관계의 비교에서도, 전치부 개방교합자에서 더 높은 상관관계수를 나타냈다고 한다. 이것은 전치부 개방교합의 발생 및 발전에 영향을 끼쳤음을 보여준다고 할 수 있다.[강용 et al. 1995]

3) 전치부 개방교합시 이설근 및 구륜근 활성도 고찰

전치부 개방교합은 진단과 치료가 어렵고, 또한 치료결과도 유지하기 어려운 부정교합의 한 형태이다. 개방교합의 주요한 원인으로서는 혀와 주위 근육의 관계가 중요하게 다루어지고 있다. 인간의 혀는 내설근, 외설근의 두 가지 근육집단으로 구성되어 있고[Bennett et al. 1946], 혀의 전돌 운동은 외설근 중의 하나인 이설근의 활동에 의한 것이라고 생각되어 왔다.[Lowe 1980] 이른 바탕으로 개방교합의 주요한 원인요소를 제공하는 이설근의 근활성도와 구강 주위의 입술을 이루는 구륜근의 근활성도를 관찰하고, 측모두부방사선계측사진을 이용하여 두개안면구조와의 상관관계를 분석한 결과는 다음과 같다고 한다.

개방교합자에서 ODI는 50 또는 60 정도의 수치로써, 정상보다 작은 수치를 보이며, SNA는 비교적 정상범주에 속하며, SNB는 정상보다 작다. 교근 및 측두근은 발육이 덜 되어 있고, 후방의 근육은 활처럼 휘어져 있으며, 교근은 대구치의 후방에 위치하여, 치아의 전방이동을 발생

시키는 힘이 작용하여, 전치부의 전방경사를 나타내게 되고, 상하악 중 절치가 이루는 각은 작게 된다. 제 3 대구치의 매복과 비정상적인 맹출이 많고, 하악골은 수직방향의 성장이 왕성하게 된다. Gonial angle은 둔각을 이루며, Antegonial notch는 발달되어 있고, ramus는 비교적 짧고, 하악골의 symphysis는 덜 발달되어 위아래로 길고, 전후방으로 좁다. 교합면은 하방으로 경사를 이루며, 하악골은 후방으로 전위되어 있다. 상악골의 특징으로는 구개평면이 전상방면으로 올라가 있고, 구치부 치조골의 길이가 길고, posterior cranial base의 길이가 짧고, 과두는 높게 위치하고 있으며, 과두에서 대구치까지의 길이는 길다고 한다.[박영철 1982]

안정위 근활성도에 관하여, 최[최연석 et al. 1994]는 개방교합자의 이설근의 활성도가 정상교합자보다 유의하게 컸으며, 구륜근에서는 유의차가 없었다고 하였다. 이 연구에서는 정상교합자 및 개방교합자간의 구륜근의 활성도가 유의성 있는 차이로 전치부 개방교합자에서 높았다.

연하시 근활성도에 관하여, Ingervall[Ingervall 1976, Ingervall et al. 1978]은 연하중 하순은 안면구조와 상관관계가 없고, 하악의 회전과도 관계가 없다고 보고하였다. Kydd[Kydd et al. 1963]등은 개방교합자의 연하 중 설압은 정상교합자의 2배라고 하였고, 구순압은 개방교합자가 정상교합자보다 적다고 하였다. 최[최연석 et al. 1994]는 주스 연하 중 설근과 구륜근의 활성도는 개방교합자가 정상교합자보다 유의성이 컸다고 하였다.

개구와 관련된, 증가된 이설근의 활성도에 대한 생리학적인 관점은 호흡과 관련된 인두 직경의 확장과 관련이 있다. 하악이 하후방으로 회전시, 인두는 다소 크기가 줄어들고, 증가된 이설근의 활성도는 후두에서 코로 더 원활한 기도를 확보하도록 한다. 그 이유는 인두의 전벽은 최소한 이설근에 의해 일부나마 위치적으로 결정되어지기 때문이다. 외설근의 하나인 이설근은 혀의 전진근으로, 수의적인 개구운동시 하악이 후하방으로 회전하여 인두부의 크기가 줄어들면, 이설근은 혀를 전방으로 이동시켜 인두부의 직경을 유지하여 원활한 기도가 확보되도록 한다.[Lapidot et al. 1975, Subteiny et al. 1964]

전치부 개방교합자에서 하악의 수의적인 개구시 Lowe〔Lowe 1980, Lowe et al. 1979〕는 이설근의 근활성도 역치는 낮고, 구륵근은 유의한 차이를 보이지 않는다고 하였다.

등장성 혀 내밀기는 상악 전치부 설면에 혀를 댈 때의 근활성도이며, 개방교합군에서 이설근은 전치와 하악이 관련된 골격 계측 항목인 OB와는 순상관관계가 있고 구륵근은 OB와 유의성 있는 역상관관계를 보였다는 연구가 있다. 정상교합자 및 개방교합자에서 이설근과 구륵근의 활성도는 유의성 있는 차이로 전치부 개방교합자에서 높다고 한다.

최대 혀 내밀기는 혀를 최대한 전방으로 내밀었을 때 측정된 근 활성도이며 개방교합자에서 이설근은 상하악과 관련된 골격 계측항목인 PFH와 유의성 있는 순 상관관계를 보였고, 구륵근도 1 to SN의 계측항목에서 유의성 있는 역상관관계를 보인다. 정상교합자 및 개방교합자에서 이설근과 구륵근의 활성도는 유의성 있는 차이로 전치부 개방교합자에서 높다고 한다.

하악과 관련된 항목의 골격요소들이 근활성도와 높은 상관관계를 보이는 점을 고려할 때, 하악의 위치 변화나 성장방향과 성장량이 상악에 비해 더 긴밀한 연관성을 지닌다고 할 수 있다. 저작근내의 근활성도와 골격구조가의 상관관계는 근활성도가 골격의 형태를 형성하는데 기여하거나 혹은 근활성도의 정도가 유전적으로 이미 결정된 안모 양상에 따라 다양하게 나타난다고 시사해 준다.〔Lowe et al. 1979〕

골격형태와 이설근과 구륵근의 근활성도 간에 상관관계가 정상교합군에서는 적은 반면, 개방교합군에서는 더욱 많은 항목의 골격요소들이 안정위, 언하시, 개구시, 등장성 혀 내밀기 및 최대 혀 내밀기 때의 근활성도와 밀접한 상호관계를 보여 이설근, 구륵근의 근활성도는 전치부 개방교합의 발생에 중요한 영향을 끼쳤을 것으로 생각된다.〔강용 et al. 1995〕

4. 악골 골절에서 술 후 교합압 및 근전도 변화 연구

교근은 협골궁에서 기시하고 하악지의 외측면에서 정지하는 악골의 폐구에 관계하는 근육으로 삼차신경의 3번째 가지인 하악신경의 교근신경에 의해 지배를 받는데, 교합 시 교근이 수축하는 동안 근섬유의 전기적 활성이 일어나게 되고, 이렇게 발생된 전기적 신호가 전극(electrode)을 통해 기록된다.[Ahlgren et al. 1973, 김명국 1968]

자발적 교합력(voluntary bite force)은 악골의 폐구근의 (근전도적 활성도, electromyographic activity)에 비례해 증가하게 되고 근전도는 악골의 폐구근의 활성도의 관찰에 많이 사용된다.[Georgiakaki et al. 2007, Armijo-Olivo et al. 2007, Teenier et al. 1991]

악구강계의 기능은 안면골격 구조와 여러 연조직의 조화 속에서 이루어지며[Miralles et al. 1991], 어떠한 요인에 의해 이러한 조화가 깨지게 되면 여러 변화가 나타나기 때문에 하악골의 골절은 교합과 하악의 운동 범위, 저작근의 근활성도 및 교합력을 변화 시킨다[Reena et al. 1998].

1) 교합력의 측정

환자의 최대 자발적 교합력(maximum voluntary bite force)을 측정하고 교합력의 변화는 OCCLUSAL FORCE-METER GM10 (NAGANO KEIKICO., Japan)를 사용하여 절치부, 견치, 소구치부 및 대구치부 이렇게 4개의 군으로 나누어 골절측(Fracture side)과 비이환측(Normal side)을 각각 측정한다. 수술 후 총 6회(1주, 2주, 3주, 4주, 6주 및 8주)에 걸쳐 측정한다.[최용관 2007]

2) 근활성도 측정

HK/214 advanced Human Physiologic Teaching Kit(Iworx, U.S.A)를 사용하여 측정한다. 피대상자의 신체에 모든 장신구를 제거하고 150 pre-gelled Ag/AgCl surface electrode를 부착해야 하는 부위를 알콜솜으로 닦은 후 ground electrode를 우측 팔에 부착하고

나머지 두 개의 electrode는 교근의 주행 방향에 따라 기시부와 정지부에 부착한다. 하악을 안정위(resting position)상태로 유지시키다가 최대 자발적 교합력을 3회 유도하고 평균값을 측정한다. 골절측과 비이환측의 근활성도 값을 수술 후 총 6회(1주, 2주, 3주, 4주, 6주 및 8주)에 걸쳐 측정한다.[최용관 2007]

3) 악골 골절에서 술 후 교합압 및 근진도 변화 고찰

하악골 골절의 치료 목적은 수상전 환자가 가지고 있었던 해부학적 형태, 기능적 교합 및 안면부의 심미성을 회복시켜주는 것이다.[Kuriakose et al. 1996] 악골 골절의 치료 방법 대해 수많은 논쟁이 있어왔는데 비관혈적 정복술(closed reduction)에서 부터 견고 고정술(rigid fixation) 까지 다양한 방법이 연구 되어 왔다. 비관혈적 정복술의 intermaxillary fixation(IMF)은 오랫동안 사용되어왔던 방법이지만 불리골절(unfavorable fracture)시 골절편의 정복이 확실하지 않고 환자의 불편감 및 사회활동의 어려움이 커진다는 데 큰 단점이 있다[Kuriakose et al. 1996]. Williams 등[Spiessl 1972]은 IMF를 받은 환자에서 일회 호흡량(tidal volume)이 최대 40%까지 감소한다고 보고하였으며, 골절편의 정복이 잘 이루어지지 않을 경우 술 후 비유합(ununion)등의 합병증이 발생할 수 있는데, 양 등[영병은 et al. 2007]은 2개의 mini-implant를 이용해 골절편의 정복을 보다 용이하게 할 수 있는 방법을 소개했다.

하악골의 골절시 골절측과 비이환측의 최대 자발적 교합력과 폐구근의 근활성도가 현저하게 감소되는데, 그 이유는 악안면 영역에서 통각을 일으킬만한 자극에 반응하는 유해 수용기는 안면 피부, 구강점막, 악관절낭, 치수, 치주 조직, 그리고 골막과 근육에 주로 분포하고 있으며[서울대학교 치과대학 1995], 하악골 골절시 악골과 골막, 근육 등에 있는 유해수용기가 자극을 받아 동통이 발생하기 때문으로 생각된다. 골절측과 비이환측의 교합력과 폐구근의 근활성도를 비교해보면 골절측에서의 감소가 약간 더 심하다[Tate et al. 1994, Tate et al. 1994].

저작근은 4쌍의 주저작근과 3쌍의 부저작근으로 구성이 되어있다. 이 중 폐구운동은 교근과 측두근 그리고 내측익돌근에 의해 이루어지게 되지만 동심침 전극(coaxial needle electrode)을 통한 근전도 분석이 아닌 은판 표면전극(surface electrode)을 통한 근전도 분석이고 관혈적 정복술을 통한 내부쇠판 고정술 시 박리되는 주된 근육이 교근일 경우 교근에 대한 근활성도만 측정하는 것이 적합하다.[최용관 2007]

Gerlach등[Gerlach et al. 2002]은 하악 우각부 골절시 전신마취하 관혈적 정복술을 통한 내부쇠판 고정술을 시행 후 교합력은 6주동안 정상 58%정도로 회복되었으며, 4주에서 6주 사이에 일시적으로 감소하는데, 이유는 하치조 신경이 재생(regeneration)되고, 박리되었던 골막이 재위치(reinnervation)되어 동통감각이 돌아오기 때문이라고 주장하였다. 하지만 구치부의 최대 자발적 교합력이 2주에서 3주째 변화가 없었을 뿐 나머지 기간 동안에 최대 자발적 교합력이 감소하는 양상을 보이지 않았고, 6주째 골절측 구치부의 교합력은 76%가 회복되었다는 연구도 있다.[최용관 2007]

4) 악골 골절에서 술 후 교합압 및 근전도 변화 측정 결과

하악골의 편측 우각부 골절과 과두하부 골절시 교근의 박리 후 관혈적 정복술을 통한 내부 금속판 고정술을 시행 하였을 때 환자의 최대 자발적 교합력과 교근의 근활성도가 감소할 것이라고 추정되어 단국대학교 치과대학교 병원 부속 치과병원에 하악골의 우각부 골절과 과두하부 골절로 진단받은 후 전신마취 하 관혈적 정복술을 통한 2.0mm noncompression miniplate를 이용하여 superior border와 inferior border에 내부 쇠판고정술을 시행한 20명의 환자를 대상으로 골절측과 비이환측의 최대 자발적 교합력과 교근의 근활성도를 각각 술 후 총 6회(1주, 2주, 3주, 4주, 6주 및 8주)측정하여 통계분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.[최용관 2007]

가. 대조군의 최대 자발적 교합력은 전치부, 견치, 소구치부 및 대구치

부에서 각각 0.113kN, 0.182kN, 0.295kN 및 0.486kN으로 측정되었으며 교근의 활성도는 0.192volts로 측정되었다.

나. 실험군의 골절측에서 최대 자발적 교합력은 절치부에서 4주, 견치와 소구치부에서 6주, 구치부에서 8주에 회복되었으며, 교근의 근활성도는 6주에 회복되었다.

다. 실험군의 비이환측에서 최대 자발적 교합력은 절치부에서 4주 그리고 견치, 소구치, 대구치부에서는 모두 6주에 회복되었으며, 교근의 근활성도는 3주에 회복되었다.

라. 2.0mm miniplates를 이용하여 superior border와 inferior border에 고정하는 방법은 20명의 환자 중 어떠한 합병증도 발생하지 않았으며, 양호한 최대 자발적 교합력과 근활성도의 회복을 보였다.

5. 편측안면경련의 미세혈관 감압술시 근전도 연구

편측안면경련은 한쪽 안면근이 불수의적, 간헐적 그리고 불규칙적으로 수축하는 질환으로서, 보통 안륜근에서 시작되어 점차 반측안면의 모든 근육이 동시에 수축하게 되는 소견이 특징이다. 특히 시간이 경과함에 따라 안면 근력이 약화되고 강직현상이 나타나는 등 외관상의 문제로 환자는 정상적인 사회생활에 지장을 받게 된다[Auger 1979, Kim et al. 2001]. 편측안면경련은 제 7 뇌신경이 신경근 기시부(Root exit zone)에서 특정혈관에 의해 맥동성 압박을 받아 뇌신경 과기능증을 유발하여 증상이 발현되는 것으로 알려져 있다[Auger 1979, Møller et al. 1985, Møller et al. 1987]. 뇌신경의 과기능증의 발생기전에 대해서 알려진 가설중에 혼선가설이 있는데, 이는 안면신경의 일부 축삭의 정상적 전기 활동이 탈수초 부위에서 인접한 축삭으로 혼선(ephase, cross talk)이 되어 안면경련이 발생한다는 것이다[Møller et al. 1985, Nielsen 1984]. Nielsen[Nielsen 1984]은 편측안면경련 환자에서 안면신경의 협골 분지를 역행방향(antidromic)으로 자극할 때 이근(mentalis muscle)에서 정상 군에서 나타나지 않는 지연반응이

있음을 보고하면서 그 기전을 혼선가설에 의한 것으로 설명하였으며, Møller와 Jannetta [Møller et al. 1985, Møller et al. 1987]는 수술시 이반응의 소실을 관찰하여 수술 성공률을 높일 수 있다는 임상적인 연구결과를 보고하였다.

그러나 전기생리학적 감시 하에서 원인혈관을 완전히 감압하여도, 수술 후에 안면경련의 임상양상의 변화를 보이며, 또한 수술 후 전기생리학적 변화가 일정치 않음이 보고되어지고 있다[Møller et al. 1985, Auger et al. 1981, Møller et al. 1985]. Nielsen[Nielsen 1985]은 수술 후 전기생리학적 검사를 시행하고 비정상 활동전위(abnormal muscle response : AMR)의 소실정도를 추적 검사하여 지속적인 전기생리학적 변화를 보고하였다. 신경외과 영역에서 편측안면경련의 치료로서 제 7 뇌신경을 압박하는 혈관을 감압시키는 미세혈관 감압술(microvascular decompression : MVD)을 시행하는데, 수술 중 전기생리학적 안면 근전도 감시는 현재 흔히 사용하고 있으며 그 유용성이 크다고 보고되고 있으나[Møller et al. 1985, Møller et al. 1987, Auger et al. 1981, Møller et al. 1985, Jang et al. 1994, Lee et al. 1992]. 수술 중 안면 근전도 감시조건과 수술 후 환자의 임상적인 결과와 연관성에 대한 보고는 드물며, 수술 후 추적 검사한 안면 근전도 검사의 변화와 임상적인 결과와의 연관성에 대한 보고도 드문 실정이다. 또한 이근에서 보이는 비정상 활동전위의 변화정도와 임상적인 결과의 상관관계도 알려져 있지 않다.[Heo 2002]

1) 편측안면경련의 미세혈관 감압술시 근전도 측정법

수술 전 관골 분지(zygomatic branch of the facial nerve)를 역행성으로 자극하여 이근(mentalis muscle)에서 비정상 활동전위(abnormal muscle response : AMR)의 출현을 확인한다, 수술 중 근전도 감시를 위하여 마취 직후에 표면막 대전극을 관골하연 눈 외측 가장자리로부터 3 cm 정도 외측에 부착시키고, 안면신경의 관골분지를 1-2초마다 한 번씩 자극한다. 이근에서의 비정상 활동전위의 기록은 단

극 침전극을 사용한다. 수술 전과 수술 각 단계, 즉 경막 절개시 지주막 박리시, 원인혈관 감압시, 수술 종료시에서 비정상 활동전위의 변화를 측정하고, 수술 후 7일째의 비정상 활동전위의 변화를 측정한다. 수술 중 감시를 위하여 마취유도 때부터 수술 종료 시까지 근육이완을 위한 신경근육 차단제는 사용하지 않는다. 전기생리학적 변화는 수술 전에 측정된 비정상 활동전위의 진폭의 크기를 기준으로 하여 비정상 활동전위가 완전히 소실된 경우, 50% 이상 감소한 경우, 50% 미만 감소한 경우, 변화가 없거나 증가된 경우로 분류한다. [Heo 2002]

2) 편측안면경련의 미세혈관 감압술시 근전도 고찰

수술 중 안면 근전도 감시를 시행하여 원인혈관의 완전한 감압을 유도하여 성공적인 수술을 시행할 수 있다는 보고들이 있지만 근전도 감시군과 비감시군 간의 수술성적의 차이가 있다는 문헌은 없으며, 오히려 두 군 간의 임상적 차이가 없다는 보고도 있다 [Kim et al. 2001, Shin et al. 1995]. 이 연구에서 근전도 감시군과 근전도 비감시군의 수술성적의 통계적인 유의한 차이는 보이지 않았다. 이러한 결과의 원인으로 추정되고 있는 가설은 첫 번째로 “원인혈관의 육안적 관찰의 한계성”이다 [Kim et al. 2001, Shin et al. 1996]. 근전도 감시에 상관없이 원인혈관을 찾는데 수술자의 육안적 관찰이 중요한데, 육안적으로 관찰된 원인혈관을 충분히 감압시켰는데도 불구하고 근전도상 비정상 활동전위가 남아 있는 경우가 있다. 이는 아마도 다른 원인혈관이 해부학적으로 확인하기 힘든 위치에 있을 수 있다는 가설이다. 즉 원인혈관이 표재성으로 위치한다면 근전도 감시 없이도 쉽게 감압시킬 수 있으나, 원인혈관이 해부학적으로 관찰하기 어려운 위치에 있다면 근전도 감시에 상관없이 감압시키기 어렵다. 원인혈관의 압박 위치가 수술 중 감시여부보다 수술성적에 영향을 주는 더욱 중요한 인자일 가능성이 있다. [Heo 2002] 두 번째 가설은 “탈수초 신경의 재수초화”이다 [Kim et al. 2001, Shin et al. 1995, Shin et al. 1996]. 육안적으로 원인 혈관의 완전한 감압 후에도 수술 종료시에 남아있던 비정상 활동전위가 시간

이 지남에 따라 소실되는 것을 볼 수 있는데, 이는 혈관압박으로 인한 탈수초화 되었던 신경이 시간이 지남에 따라 재수초화됨에 따라 나타나는 것으로 추측된다. 따라서 수술자는 전기생리학적 감시의 결과에 상관 없이 술자의 경험에 의거하여 수술을 종료할 수 있는 근거가 된다. 이 두 가지의 가설에 [Kim et al. 2001, Shin et al. 1995, Shin et al. 1996] 따르면 수술 중 근전도 감시가 수술성적에 큰 영향을 주지 못할 가능성이 있으며 이로 인하여 이 연구에서도 근전도 감시군과 비감시군 간의 임상결과의 유의한 차이를 보이지 않았을 것으로 생각되나 정확한 원인을 밝히기 위해서는 향후 많은 수의 대조군을 이용한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

미세혈관 감압술 후 발생할 수 있는 합병증으로 뇌신경 장애, 소뇌기능 장애, 창상감염, 뇌척수액 누루, 두개강내 출혈 등이 보고되어지고 있다 [Mooij et al. 2001, Møller et al. 1985, Shin et al. 1995]. 이들 합병증 중에서 원인혈관 조작 및 감압 시에 수술조작에 의해서 직접적으로 생길 수 있는 합병증은 두개강내 출혈과 뇌신경 장애가 있다. 이 연구에서는 수술 후 두개강내 출혈은 없었고 뇌신경 장애를 보인 경우가 있었다. 뇌신경 장애는 근전도 감시군에 비해 비감시군에서 더 많은 발현을 보였으며 통계학적으로 유의한 차이가 있었는데, 그 원인으로는 근전도 감시를 통하여 보다 정확하고 빠르게 원인혈관을 찾을 수 있어 수술 중 불필요한 수술조작에 의한 뇌신경 손상을 줄일 수 있었기 때문이라고 생각된다. 근전도 비감시군에서 발생한 뇌신경 장애 중 4례는 일시적 안면신경 마비증상이었으며 모두 2주 이내에서 정상으로 회복되었다. 이는 수술 조작에 의한 안면신경 손상으로도 생각할 수 있으나, Frueh등 [Frueh et al. 1990]은 수술 전 검사에서 90%에서 불완전 안면신경마비가 있었다고 보고하여, 수술 후 관찰되는 안면신경 마비는 수술의 합병증보다는 안면 경련이 소실되면서 지각되어지는 경우라고 보고하였으며, 이로 인한 일시적 안면신경 마비의 발현가능성도 배재할 수는 없다.

하지만 근전도 비감시군에서는 객관적인 근전도 검사를 시행하지 못하여 수술 전에 안면신경 마비가 있었는지 알 수 없는 상태이다. 수술 후

발생한 합병증은 수술자의 경험과 수술수기의 숙달정도와의 연관성을 배재할 수 없으나, 수술자의 경험이 적을수록 근전도 감시가 원인혈관의 발견과 감압에 도움을 주므로 불필요한 수술조작을 줄여 합병증을 줄이는데 도움이 될 수 있을 것이라고 사료된다.

이 연구에서 장기 추적 임상결과와 밀접한 연관성을 보인 근전도 검사는 수술종료 직후 근전도 감시상의 비정상 활동전위의 소실정도가 아니라, 수술 후 7일째 추적 검사한 근전도상에서 비정상 활동전위의 소실 정도였다. 근전도 감시군에서 수술 후 7일째 시행한 안면 근전도 검사상 비정상 활동전위의 완전소실 혹은 50%이상 소실을 관찰할 수 있었던 경우는 20례였으며, 모두에서 좋은 임상결과와 좋은 예후를 보였으며 통계학적으로 유의하였다. 수술 종료 시에 감시 근전도상에서 비정상 활동전위의 완전소실 혹은 50% 이상의 소실을 보였으나, 2례는 나쁜 임상결과를 나타냈다. 이 중 1례는 증상이 호전되어 좋은 임상결과와 예후를 보였으며 수술 후 7일째 추적검사 상에서 비정상 활동전위가 50% 이상 소실된 소견을 계속 유지하였다. 수술 종료시에 감시 근전도상에서 비정상 활동전위의 50% 이하의 소실을 보였으며 나쁜 임상결과를 보인 1례는 수술 이후 점차 증상이 호전되는 것을 관찰할 수 있었는데, 수술 후 1주째 시행한 추적 검사상에서 비정상 활동 전위가 50% 이상 소실된 소견을 볼 수 있었다. 수술이후 안면경련증상의 호전에 따라 전기생리학적 현상도 변하는 것을 관찰할 수 있었는데, Shin등 [Shin et al. 1995, Shin et al. 1996]의 연구에서도 같은 현상을 보고 하였다. 이런 전기생리학적 현상의 변화를 보고한 Sood등[Sood et al. 1993]의 연구에 따르면 전기생리학적 현상의 정상화에 대해 다음과 같이 설명하고 있다. 수술 이후 점진적인 증상의 호전을 보이는 현상은 손상된 신경의 수초탈락의 유무와 수초재형성의 시기와 관련된다고 하였고, 조기에 경련이 소실되는 것은 박동성 압박에 의하여 유발된 자발성 흥분 혹은 이소성(ectopic) 흥분이 감압 후 즉시 없어진 결과로 설명하였으며, 증상의 점진적 소실은 안면신경의 미세손상으로 인한 이차적인 신경핵의 비정상적인 과흥분 상태가 잔존하다가 서서히 소실되면서 경련이 소실되는 것으로 설명하였다. Møller와 Janneta는[Møller

et al. 1986] 수술 후 평가한 전기생리학적 검사에서 비정상 활동전위가 없어지거나 감소한 경우는 추적관찰시 임상증상이 완전히 없어질 가능성이 높다고 하여 수술 후 시행한 전기생리학적 검사는 환자의 예후 예측에 도움이 된다고 하였다.

이처럼 수술 후에도 안면신경의 전기생리학적 현상의 변화가 관찰되며, 안면경련의 증상의 변화와도 연관을 지을 수 있다. 손상된 말초신경의 재생 과정에서 재수초화는 손상 후 1주에서 3주 사이에 시작된다[Shin 1993]. 지속적 혈관압박에 의한 손상으로 탈수초화된 신경이 재수초화가 시작되는 시기도 같을 것으로 사료되며, 따라서 수술 후 1주째에 시행한 근전도 검사는 신경의 재수초화가 시작되는 시기를 반영하므로 예후와의 연관성을 보인 것으로 추측된다. 이 연구에서도 수술 후 추적검사한 근전도 검사소견과 임상결과 및 장기 추적 임상결과와의 연관성이 있었으며 통계학적으로 유의한 결과를 보여 특히 수술 후 7일째 검사한 비정상 활동전위의 변화는 예후를 예측하는 데 도움이 될 것으로 사료된다.[Heo 2002]

3) 편측안면경련의 미세혈관 감압술시 근전도 측정 필요성

편측안면경련의 미세혈관 감압술 중 안면 근전도 감시는 수술 중 특히 2가지 이상 복합된 원인 혈관의 확인과 감압에 도움이 되며, 수술과 연관된 합병증 중 특히 제 7 뇌신경과 제 9 뇌신경 손상을 줄이는 데에도 도움이 된다. 수술 후 임상결과와 예후는 수술 직후의 전기생리학적 검사의 결과보다 수술 후 7일째 추적 검사한 전기생리학적 검사의 결과와 연관성이 있다. 따라서 수술 후 임상결과와 예후를 예측하는데 추적 전기생리학적 검사가 필요할 것이며, 전기생리학적 검사 결과의 변화와 임상양상의 변화에 대한 추가적인 연구가 편측안면경련 환자의 효과적인 치료에 도움이 될 것으로 보인다.[Heo 2002]

6. 경피성 신경자극이 근전도에 미치는 영향 연구

구강안면영역에서 나타나는 비치성 동통의 주된 원인으로 알려진 측두하악장애 (Temporomandibular disorders)의 일종인 저작근 통증은 구강안면통증의 치료를 위해 내원하는 환자들이 흔히 호소하는 문제 중 하나이다.[Bell 1989, Schiffman 1990] 이러한 저작근 통증의 발생 기전에 대해서는 근육의 비 기능적 활성화, 자세성 근긴장, 과도한 수축이나 신장 등으로 유발된 근피로가 저작근 통증의 발생에 기여한다는 가설이 제시된 이래 많은 연구가 이루어져오고 있으나 아직까지 명확하게 밝혀지지 않았고, 다만 type III, IV 유해구심성섬유가 감작되거나 국소인자에 의해 활성화되어 통증을 일으키는 것으로 추측되고 있다.[Laskin 1969]

근피로는 근육조직이 일정한 수축력을 유지하지 못하는 일시적인 상태로 정의되며, 피로상태의 골격근은 수축력이 감소하고 임상적으로 촉진시에 동통을 호소한다.[Mao et al. 1993] 동통이란 조직 손상이나 잠재적인 조직 손상과 관련된 불쾌한 감각 및 심리적 경험으로서, 동통이 갖는 다양하고 복잡한 양상, 그리고 동통에 대한 개인의 다양한 반응의 차이로 인해 동통의 역치를 정확히 평가하는 것은 매우 어려운 일이다. 일반적으로 주관적인 통증의 정량화에 가장 많이 이용되는 통증 측정법은 Visual Analog Scale (VAS)을 이용하는 방법이다. 즉 VAS는 환자 스스로가 평가하는 주관적 통증강도 측정법이지만 질병의 심도와 비례하지 않을 수 있다는 단점이 있다.

근피로를 포함한 근육의 생리적 상태를 객관적으로 평가하는 방법에는 압력통각계를 이용한 근육의 압력통각역치 (Pressure Pain Threshold: PPT)의 측정, 다양한 근전기적 신호를 측정, 분석하는 근전도 (Electromyography: EMG) 검사 등이 있다. 근육의 압력통각역치 측정은 높은 신뢰도가 입증되어 심부 근육통증의 지표로서 널리 이용되고 있으며 근막동통 환자와 긴장성 두통환자를 포함한 많은 만성 근육 기원성 동통질환들에서 동통이 없는 정상인보다 낮은 압력통각역치가 보고되고 있다.[Fisher 1987, Chung et al. 1992, Langemark et al. 1989, Ohrbach et al. 1989, Jensen 1990, McMillan et al.

1994]

근육의 다양한 생리학적 상태를 반영하는 복잡한 근전기적 신호를 정량적으로 분석하는 방법 중에서 근전도 power spectrum 분석법은 sampling frequency 를 이용하여 얻은 신호를 FFT (Fast Fourier transformation)에 의하여 주파수 형태로 전환시켜 분석하는 방법으로서 주로 근육의 피로에 대한 분석을 목적으로 이루어지고 있다. [Kim et al. 1990] 많은 연구들에서 근수축이 지속되어 근피로가 진행 될수록 근전도 신호의 power spectrum 은 저주파 영역으로 이동된다는 사실이 입증되어, 근전도 power spectrum 의 주파수분석은 근피로의 지표로 널리 이용되고 있다. [Boxtel et al. 1983, Celichowski et al. 1991, Naeije et al. 1981]

저작근 통증을 포함하는 측두하악장애의 치료법으로는 물리치료, 행동 및 심리치료, 약물치료, 교합안정 장치치료, 교합치료, 외과적 치료 등이 있는데, 일반적으로 가역적 방법을 먼저 시행하며, 증상 및 징후의 개선이 나타나지 않는 경우에 비가역적 방법을 고려하게 된다. 물리치료는 대표적인 가역적인 치료법으로서 교합안정장치치료와 함께 측두하악장애의 치료를 위해 가장 많이 쓰이는 치료법이다. [Kim et al. 2006] 구강안면통증의 물리치료에는 온열요법, 냉각요법과 함께 다양한 전기요법이 널리 이용되고 있다. 이 중 전기자극이 통증의 치료목적으로 활발히 사용하게 된 것은 Melzack 과 Wall 의 관문조절설이 대두되면서부터였다.

경피성 전기신경자극요법 (Transcutaneous Electric Nerve Stimulation: TENS)은 일반적으로 고주파의 파장이 짧은, 중간강도의 자극을 가하여 큰 직경의 고유감각 수용성 신경을 선택적으로 활성화시켜 작은 직경의 섬유에 의한 유해수용성 자극을 차단하거나 조절하여 통증을 감소시킨다. [Francini et al. 1981]

1967년 Wall 과 Sweet 의 연구에서 통증조절을 위해 TENS 가 이용될 수 있음을 처음 보고한 이후로 많은 연구들에서 급성통증 뿐만 아니라 근막동통(myofascial pain), 복합성 국소동통 증후군(Complex Regional Pain Syndrome: CRPS), 섬유근통(fibromyalgia) 등의

다양한 만성 근골격계 동통질환에서 통증완화효과가 보고되고 있다.[Francini et al. 1981, Somers et al. 2006, Johnson et al. 2007, Sabino et al. 2007, Wall et al. 1967, Offenbacher et al. 2000]

1) 경피성 신경자극에 대한 근전도 측정

예비연구에서 주관적 통증강도 (Visual Analogue Scale: VAS), 압력통각역치(Pressure Pain Threshold: PPT), 근전도 power spectrum 의 측정값은 좌, 우측 교근에서 통계적으로 유의한 차이가 없었기 때문에 우측 교근만을 대상으로 한 실험이다. 실험은 교차설계를 하여 적어도 3일 이상 간격을 두고 양일간 수행되었다. 즉, 무작위로 양일 중 하루는 실험군으로서 TENS 를 적용하였고, 다른 하루는 대조군으로서 sham-TENS 를 적용하였다. 지속적인 등척성 수축으로 유발된 근피로 전과 후의 주관적 통증강도, 압력통각역치, 근전도 power spectrum을 TENS/sham-TENS 를 적용하기 전과 후에 반복 측정하였다.

머리를 편하게 고정할 수 있는 치과진료용 의자에 피험자를 앉히고, 안정상태에서 우측 교근의 표층부 하방 1/3 부위의 주관적 통증강도와 압력통각역치를 측정 한 뒤, 피험자에게 정상적인 구치부 교합으로 최대한 이를 악물게 하여 근전도상에 나타나는 최대 진폭 (peak to peak amplitude) 값을 측정하였다. 이 과정을 3회 반복하여 각 측정치 중 최대값을 최대 수의적 등척성 수축력 (Maximum Voluntary Contraction : MVC) 으로 정하였다. 5분간 휴식 후 피험자로 하여금 근전도 기기와 연결된 컴퓨터 화면에 나타나는 파형을 보면서 MVC의 70% 수준을 일정하게 유지하면서 이악물기를 하게 하여 실험적으로 근피로를 유발하였다. 더 이상 MVC의 70% 수준을 지속할 수 없을 때까지의 인내시간 (endurance time) 과 근전도 power spectrum 을 기록하였다. 피험자가 더 이상 MVC의 70% 수준을 유지할 수 없게 되면 이악물기를 중단시키고, 즉시 같은 부위의 압력통각역치와 주관적 통

증강도를 측정하였다.

첫째 날에 무작위로 실험군으로 선택된 피험자는 TENS 를 45분간 적용한 직후에 다시 안정 상태에서 압력통각역치와 주관적 통증강도를 측정한 후 MVC의 70% 수준을 일정하게 유지하면서 이악물기를 하게 하였다. 인내시간 동안의 중간주파수를 기록하였고 피험자가 더 이상 MVC의 70% 수준을 유지할 수 없게 되면 이악물기를 중단시키고, 근 피로 후의 압력 통각역치와 주관적 통증강도를 측정하였다. 둘째 날에는 대조군으로서 sham-TENS 를 적용할 때 표면 전극만 부착한 채 전기 자극 없이 45분 경과 후 상기 평가항목을 동일한 방법으로 측정하였다.

근전도의 기록은 Nicolet Viking IV electrodiagnostic system® (Nicolet Biomedical Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A.)을 이용하였다. 근전도의 기록을 위해서 원반형의 pre-gelled Ag/AgCl 표면전극(Nicolet Biomedical Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A.)을 이용하였다. 우측 교근의 측정부위를 알콜솜으로 닦은 뒤, 활성전극(active electrode)을 부착하고, 이 전극과 2.5cm 의 거리를 두고 같은 교근에 기준전극(reference electrode)을 부착하였다. 피험자가 MVC의 70% 수준을 유지하는 동안 근전도 power spectrum 의 중간주파수(median frequency)와 중간주파수의 기울기(slope of median frequency shift)를 측정하였다.

실험군의 피험자들에게 1.5 초 간격으로 지속시간 500 μ sec 의 전기 자극이 전달되도록 설정된 Myomonitor J-4®(Myotronics Inc., Tukwila, WA, U.S.A.)를 이용하여 low frequency TENS 를 적용하였다. 알콜솜으로 교근 하방 1/3 부위를 포함하는 전이개 부위를 깨끗이 닦은 후 양측 외이도 전방의 coronoid notch 부위에 활성전극을 부착하여 5,7 번 뇌신경이 동시에 자극되도록 하였고, 비활성전극은 hairline 직하방의 후두부 아래의 중앙에 부착한 뒤 피험자의 근육수축이 일어나면서 통증을 느끼기 전까지 진폭을 조절한 상태에서 45분간 적용하였다. 대조군의 피험자들은 실험군과 모든 조건이 동일한 상태에서 단지 자극강도를 0으로 유지한 상태로 45분간 적용하였다. [Kim et al. 2007]

2) 경피성 신경자극에 대한 근전도 측정 결과 고찰

압력통각역치는 심부조직의 통증을 평가하기 위해 널리 이용되는 방법으로서 근막동통, 긴장성두통, 섬유근통 등의 근육기원성 통증에서 정상 대조군보다 낮은 압력통각역치가 보고되었고, 그 기전으로서 근육이 수축하는 동안 근육의 허혈로 인한 기계유해수용기(mechanonociceptor)의 민감화(sensitization)나 동통 조절과정의 이상으로 인해 압력통각역치가 낮아진다고 설명되고 있다. [McMillan et al. 1994, Sandrini et al. 1994, Kosek et al. 1996]

연구결과도 마찬가지로 지속적인 등척성 수축으로 유발된 근피로와 근육통증 상태에서의 압력통각역치는 유의하게 감소하였다. Sham-TENS는 근피로 유발 전과 후의 압력통각역치에 아무런 변화를 주지 않았으나 TENS를 적용한 후에는 압력통각역치가 유의하게 증가하였고, TENS의 통증감소 효과를 간접적으로 평가하기 위해 측정한 지속적인 등척성 수축 전과 후의 압력통각역치의 변화량은 TENS 적용 후 유의하게 감소하여, 근 피로로 유발된 근육통증을 감소시키는 효과를 관찰할 수 있었다. 지속적인 등척성 수축으로 유발된 근육통증에 대한 피험자들의 주관적인 통증강도도 압력통각역치와 함께 TENS 적용 후에 유의하게 감소하였다.

근전도 power spectrum 분석은 국소 근피로를 나타내는 지표로써 널리 이용되고 있다. [Boxtel et al. 1983, Naeije et al. 1981, Palla et al. 1981] 정량 분석에 이용되는 척도에는 평균주파수(mean frequency), 중간주파수(median frequency), 고주파 구성성분에 대한 저주파 구성성분의 비율 등이 있으나 이 중 중간주파수가 잡음(noise)에 가장 덜 민감하여 대부분의 power spectrum 분석에 있어서 가장 선호되는 척도로 알려져 있다.

많은 연구들에서 근수축이 지속되어 피로도가 증가할수록 근전기적 신호(myoelectrical signal)의 power spectrum은 저주파영역으로 이동된다는 사실이 입증되었다. [Kim et al. 1990, Boxtel et al.

1983, Naeije et al. 1981, Palla et al. 1981, Chung et al. 2002] 저작근의 지속적인 수축 시 근전도 power spectrum 이 저주파 영역으로 변화를 일으키는 기전으로는 활동전위 전도속도(action potential conduction velocity)의 감소설, 활동전위형태(action potential shape)의 변화설, 운동단위(motor unit)의 동시화(synchronization)설, 운동단위의 보충(recruitment)설 등이 있으며, 이 중에서 근섬유를 따라 주행하는 활동전위의 전도속도의 감소가 power spectrum 의 형태를 변화시키는 가장 주요한 요인이라고 하였다.[Mao et al. 1993, Palla et al. 1981, Chung et al. 2002, Lindstrom et al. 1970] 지속적인 근수축으로 유발된 근피로와 관련된 생리학적 요인들로는 Ca^{2+} , glycogen, adenosine triphosphate (ATP) 의 감소와 젖산 등의 축적 등이 제시되고 있는데, Lindstrom 등은 근육이 지속적으로 수축하는 동안 근육내 혈액순환이 억제되고 조직의 산소요구량이 충족되지 못하게 되어 에너지 대사가 저효율의 혐기성 에너지 대사로 전환하면서 대사과정으로 발생한 노폐물이 신속하게 제거되지 못하고 산성 대사산물이 점차 축적된다고 하였다. 이 때 산소 부족보다는 대사산물의 축적이 근피로의 발생에 더욱 중요한 요인으로 생각되고 산성 대사산물의 발생으로 인해 세포내 pH 가 낮아지면 세포막의 흥분성이 감소하기 때문에 활동전위 전도 속도의 감소와 근전도 power spectrum 의 변화가 초래 된다고 하였다.[Lindstrom et al. 1983]

이 연구에서는 중간주파수의 변화 양상을 지속적인 근수축 시작과 종료 시의 중간주파수의 변화량과 근수축동안 중간주파수가 변화하는 기울기로 평가하였다. TENS/sham-TENS 를 적용하기 전과 후 모두에서 지속적인 근수축 후 근피로가 발생하면서 중간 주파수는 감소하였다. 비록 통계적 유의성은 없었으나 지속적인 근수축 동안 중간주파수의 변화량은 TENS 를 적용한 경우 더욱 적게 감소하였고, 중간주파수 변화의 기울기는 더욱 크게 증가하여 TENS 가 근수축으로 인한 근피로도를 감소시키는 경향을 관찰하였다. 더불어 대상이 지속적인 등척성 근수축을 시작한 시점부터 더 이상 근수축을 유지하지 못하는 시점까지의 시간을 의

미하는 인내시간(endurance time)도 통계적 유의성은 없었으나, sham-TENS 적용 후에는 감소한 반면, TENS 적용 후에는 약간 증가하였다. 인내시간과 근전도 power spectrum 의 중간 주파수 변화 양상을 분석한 결과, TENS 적용은 지속적인 근수축으로 인한 근피로를 감소시키는 경향을 관찰할 수 있었다.

Thomas 는 근전도 power spectrum 을 분석하여 근육 수축으로 유발된 근피로는 자연스러운 휴식보다 TENS 치료에 의해서 더욱 효과적으로 감소된다고 하였고, Frucht 등과 Montes Molina 등은 저작근에 대한 TENS 치료 결과 중간주파수가 증가함을 관찰하고, 이는 근피로시에 나타나는 주파수 변화양상과 상반되는 결과로서, TENS 가 근육을 이완시키는 효과가 있음을 제시하는 객관적인 증거라고 설명하였다.[Frucht et al. 1995, Montes Molina et al. 1997, Thomas 1990] Eble 등은 이러한 근전도 power spectrum의 변화는 TENS 가 근육세포 내 전해질 농도의 변화와 대사산물의 축적으로 유발된 근피로를 해소시키기 위해 혈류량을 증가시키고 조직의 온도를 상승시켜서 대사산물을 능동적으로 제거하거나, 다른 한편으로는 전기자극이 가해지는 동안 K⁺이온 등을 재구성하여 근육을 정상상태로 회복시킨다고 하였다. 그 결과 근섬유의 흥분성이 증가하고 효과적인 근수축이 가능해져서 근육기능이 재생되고, 다른 한편으로 고유감각수용성 되먹임기전(proprioceptive feedback system)의 변화를 정상화시켜서 근피로를 회복시킨다고 설명하였다.[Eble et al. 2000]

통증을 조절하는 여러가지 비침습적인 물리치료법 중에서 경피성 전기신경자극(TENS)은 작고, 이동가능하고, 건전지에 의해 작동되는 기기이며, 거의 부작용이 없으므로 사용 시 주의사항만 잘 숙지한다면 환자 스스로 집에서 시행할 수 있는 효과적인 자가치료법이 될 수 있다. 일반적으로 TENS 는 운동신경이 흥분을 하지 못하도록 역치이하의 일정한 크기의 전류 강도와 자극시간 그리고 전류의 변화속도를 이용하여 감각신경을 자극하여 통증을 감소시킨다.

통상적인 TENS(Conventional TENS, high frequency TENS)는 고빈도(50~100 Hz), 저강도(10~30mA)의 전류로 근육의 수축이 유

발되지 않을 정도의 범위 내에서 지각이상 같은 감각(paresthesia-like sensation)을 느낄 때까지 전류 강도를 상승시켜 편안감을 느끼는 낮은 강도로 15~45분간 자극함으로써 큰 직경의 A β 섬유를 자극하여 내분비성 아편제의 분비 없이 하행성 억제기전(descending inhibitory mechanism)을 활성화시킨다. 이러한 효과는 전기자극 10~20분 이내에 진통작용이 나타나 자극 후 20~30분 정도 지속되어 통증 감소 효과가 비교적 빠르게 나타나지만 효과의 지속시간이 짧아 급성통증을 치료하는데 많이 사용한다.

반면에, 저빈도-고강도 TENS (low frequency TENS)는 저빈도(0.5~10 Hz), 고강도(30~80mA)의 전류로 강하게 자극하여 직경이 작은 유해수용성 구심섬유와 운동섬유를 활성화시킨다. 전기자극 후 20~30분 경과 후에 진통작용이 나타나고 자극 후 2~6시간 정도 지속되어 비교적 진통효과가 느리게 나타나지만 효과지속시간이 길어 만성통증을 치료하는데 많이 사용한다. β -endorphin 같은 내분비성 아편제의 분비효과가 있어서 naloxone 으로 그 효과가 차단될 수 있다. 이 같은 진통효과 외에도 근육을 이완시키고 국소 혈액순환을 증가시키기 때문에 low frequency TENS 는 근막동통 환자의 치료에도 효과적이라고 보고되고 있다.

Sabino 등은 동물실험에서 급성염증으로 인한 통증의 조절에 high frequency(130 Hz) TENS 와 low frequency(10 Hz) TENS 를 적용한 결과 모두 통증이 감소된다고 하였다. low frequency TENS는 통증 감소효과가 더욱 오래 지속되었고 부분적으로 내분비성 아편제의 유효를 통한 기전도 존재함을 보고하였다. 특히 전기자극을 전달하기 위한 활성전극을 염증부위의 반대쪽에 적용한 경우에도 통증이 감소되어, 창상으로 인해 직접 전극을 위치시키기 어려운 부위의 통증조절에도 TENS 가 효과적일 수 있음을 보고하였다.[Sabino et al. 2007] Wieselmann Penkner 등은 TENS 에 의한 운동신경의 직접적인 자극이 저작근으로 하여금 유효적인 수축을 일으켜 골격근의 반복적인 탈분극이 국소혈액순환과 산소공급을 증가시켜 간질성 부종(interstitial edema) 과 유해자극성 대사산물의 축적을 감소시켜서 근육을 이완시키

고 통증을 감소시킨다고 하였다.[Wieselmann Penkner et al. 2001]
Kamyszek 등은 삼차신경과 안면신경에 low frequency TENS 를 적용하여 과활성된 저작근과 이완상태의 저작근 모두에서 안정시 근전도 활성이 감소된다고 하였다.[Kamyszek wt al. 2001]

이상과 같이 통증의 관문조절이론, 내분비성 동통 억제물질 분비기전의 활성화, 근육조직 대사과정의 회복 등의 작용기전 외에도 TENS 의 저작근 이완효과에는 최면효과(hypnosis), 외수용성 억제(exteroceptive suppression), 반대자극(counterirritation), 교감신경계 활성의 감소 등도 부분적으로 작용한다고 알려져 있다.[Galletti et al. 1995]

본 연구결과를 통해 구강안면통증의 치료를 위해 내원하는 환자들이 흔히 호소하는 임상증상 중 하나인 근육기원성 통증과 이갈이를 호소하는 환자들에서 과활성된 근육을 이완시키고 통증을 감소시키기 위해 이용하는 TENS 의 임상적 유용성을 확인할 수 있다.[Kim et al. 2007]

결론

본 종설에서는 구강안면영역의 장애를 분석하고 진단하기 위한 여러 방법 중 신경과 근육의 전기생리학적 변화를 분석하여 진단하는 방법인 근전도의 전반적인 개요, 정량적 분석방법, 측두하악장애에서의 활용 및 근전도를 이용한 구강안면영역의 연구들에 대해 고찰해 보았다.

근전도는 활동전위의 발생, 전파, 동원 등을 포착하여 근육 내의 전기적 활동을 탐색하고 증폭하여 기록하는 것이다. 근전도를 통해 측정된 운동단위활동전위는 MUAP 분석, 분해방법 등을 이용해 정량적으로 분석할 수 있다. 근전도는 측두하악장애를 비롯한 여러 구강안면영역의 질환의 연구에 널리 사용됨으로서 구강안면영역의 이해에 기여해 왔다.

근전도 검사는 임상에서 구강안면영역의 근골격계 질환의 평가에 중요한 신경생리학적 결과를 제공해 줄 뿐만 아니라 추적 검사를 통해서 예후를 예측하고 진료의 방향을 설정하는데 필수적이다. 즉 골격근의 이상 유무 및 그 골격근을 지배하는 신경의 상태를 자세히 파악함으로써 여러 가지 관련되는 질병을 진단하고 치료하고 예후를 판정하는데 핵심적인 정보를 제공할 수 있다.

참 고 문 헌

- * Ahlgren J., Thilander BL., Muscle activity in normal and positional occlusion, Am J Orthod. 1973;64:445-456.
- * Akagawa, Y., Nikai, H. and Tsuru, H., Histologic changes in rat masticatory muscles subsequent to experimental increase of the occlusal vertical dimension, J Prosthet Dent. 1983;50:725.
- * Aminoff M.J., Electromyography in Clinical Practice, Electrodiagnostic Aspects of Neuromuscular Disease, Churchill Livingstone, 1987;2nd ed.
- * Andreassen S, Methods for computer-aided measurements of motor unit parameters, Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1987;39:13-20.
- * Aragon SB, Van Sickels JE, Dolwick MF, Flanary CM, The effects of orthognathic surgery on mandibular range of mortion, J Oral Maxillofac Surgery, 1985;43:938.
- * Armijo-Olivo S., Gadotti I., kornerup N., Lagravere MO., Flores C., Quality of reporting masticatory muscle electromyography in 2004, Journal of Oral Rehabilitation, 2007;34:397-405.
- * Auger RG, Peipgras DG, Laws ER, Miller RH, Microvascular decompression of the facial nerve for hemifacial spasm, Clinical and eletrophysiologic observations, Neurology, 1981;31:346-350.
- * Auger RG. Hemifacial spasm, Clinical and electrophysiologic observations, Neurology, 1979;29:1261-1272.
- * Barbenel JC., Analysis of forces at the temporomandibular fuction. Dent Prac, 1969;19:305-154.
- * Bell WE., Orofacial pains. Classification, Diagnosis,

Management. 4th ed., Chicago, Year Book Medical Publishers, 1989:101-113.

* Bennett G.A. and Hutchinson R.C., Experimental studies on the movement of the mammalian tongue. The protrusion mechanism of the tongue(dog), *Anat, Rec.*, 1946:94:59-72.

* Bergmans J, Computer assisted on line measurement of motor unit parameters in human electromyography., *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 1972:11:161-181.

* Bischoff C, Stalberg E, Falck B, Edebol Eeg-Olofsson K, Reference values of motor unit action potentials obtained with multi-MUAP analysis. *Muscle Nerve* 1994;17:842-851.

* Bischoff C, Stalberg E, Falck B, Outliers - a way to detect abnormality in quantitative EMG., *Muscle Nerve*, 1994;17:392-399.

* Borromeo GL, Suvinen TI, Reade PC., A comparison of the effects of group function and canine guidance interocclusal device on masseter muscle electromyographic activity in normal subjects., *J Prosthet Dent*,1995;74:174-80.

* Boxtel AV, Goudswaard P, Molen GM et al., Changes in electromyogram power spectra of facial and jaw-elevator muscles during fatigue., *J Appl Physiol*, 1983;54:51-57.

* Buchthal F, Kamieniecka Z, The diagnostic yield of quantified electromyography and quantified muscle biopsy in neuromuscular disorders., *Muscle Nerve*, 1982;5:265-280.

* Buchthal F, Pinelli P, Rosenfalck P, Action potential parameters in normal human muscle and their physiological determinants., *Acta Physiol Scand*, 1954;22:219-229.

* Buchthal F, Rosenfalck P, Action potential parameters in different human muscles., *Acta Physiol Scand*, 1955;30:125-131.

- * Burke RE, Motor units anatomy, physiology and functional organization. In Brooks VB, editor., Handbook of physiology., Section 1 The nervous system. Vol. II Motor control. Bethesda, MD, American Physiological Society, 1981:345-422.
- * Carlsson, G.E., Ingervall, B., and Kocak, G., Effect of increasing vertical dimension on the masticatory system in subjects with natural teeth., J Prosthet Dent 1979;41:284.
- * Cecere F Ruf, Pancherz H., Is quantitative electromyography reliable?, J Orofac Pain, 1996;10:38.
- * Celichowski J, Grottel K, Rakowska A., Changes in motor unit action potentials during the fatigue test., Acta Neurobiol Exp, 1991;51:145-155.
- * Christensen LV., Physiology and pathophysiology of skeletal muscle contractions Part II. Static activity., J Oral Rehab, 1986;13:463-477.
- * Christensen LV., Physiology and pathophysiology of skeletal muscle contractions Part I. Dynamic activity., J Oral Rehab, 1986;13:451-461.
- * Chung JW, Kim C, McCall WD Jr., Effect of sustained contraction on motor unit action potentials and EMG power spectrum of human masticatory muscles., J Dent Res, 2002;81:646-649.
- * Chung SC, Um BY, Kim HS., Evaluation of pressure pain threshold in head and neck muscles by electronic algometer : Intrarater and interrater reliability., J Craniomand Pract., 1992;10:28-34.
- * Coatrieux J-L, On-line electromyographic signal processing system., IEEE Trans Biomed Eng, 1984;BME-31:199-207.
- * Cooper BC, Rabuzzi DD., Myofacial pain dysfunction

syndrome:A clinical study of asymptomatic subjects.,
Laryngoscope, 1984;94:68-75.

* Dahlstorm L, Carlsson SG, Gale EN, Jansson TG.,
Stress-induced muscular activity in mandibular
dysfuction-Effects of biofeedback training., J Behab md,
1985;8:191.

* De Luca CJ, Control properties of motor units., J Exp Biol,
1985;115:125-136.

* De Luca CJ, Precision decomposition of EMG signals.,
Methods Clin Neurophysiol, 1993;4:1-28.

* Dolan EA, Keefe FJ., Muscle activity in myofacial
pain-dysfuction syndrome patients:a structured clinical
evaluation., J Craniomand Disord, 1988;2:101-105.

* Dorfman LJ, McGill KC, AAEE minimonograph
#29:automatic quantitative electromyography., Muscle Nerve,
1988;11:804-818.

* Eble OS, Jonas IE, Kappert HF., Transcutaneous electrical
nerve stimulation (TENS):Its short-term and long-term
effects on the masticatory muscles., J Orofac Orthop,
2000;61:100-111.

* Ferrario VF, et al., Reproducibility of eletromyograpgic
measures:a statisticl analysis., J Oral Rehab,
1991;18:513-521.

* Ferrario VF, et al., Reproducibility of eletromyographic
measures:a statistical analysis., J Oral Rehab,
1991;18:513-521.

* Fisher AA., Pressure algemetry over normal muscles.
Standard values, validity and reproducibility of pressure
threshold., Pain, 1987;30:115-126.

* Francini F, Maresca M, Procacci P et al., The effects of

non-painful transcutaneous electrical nerve stimulation on cutaneous pain threshold and muscular reflexes in normal men and in subjects with chronic pain., *Pain*, 1981;11:49-63.

* Freuh BR, Preston RA, Musch DC., Facial nerve injury and hemifacial spasm., *Am J Ophthal*, 1990;110:421-423.

* Frucht S, Jonas I, Kappert HF., Muscle relaxation by transcutaneous electric nerve stimulation (TENS) in bruxism., An electromyographic study., *Fortschr Kieferorthop*, 1995;56:245-253.

* Galletti SP, Bergamini M, Pantaleo T., Highlights in the subject of low frequency-high intensity TENS(review)., *Minerva Stomatol*, 1995;44:421-429.

* Georgiakaki I., Tortopidis D., Garefis P., Kiliaridis S., Ultrasonographic thickness and electromyographic activity of masseter muscle of human females., *Journal of Oral Rehabilitation*, 2007;34:121-128.

* Gerlach KL., Schwarz A., Bite force in patients after treatment of mandibular angle fractures with miniplate osteosynthesis according to Champy., *Int J Oral Maxillofac Surg.*, 2002;31:345-348.

* Gillings BRD, Graham CH, Duckmanton NA., Jaw movements in young adult men during chewing., *J Prosthet Dent*, 1973;29:616.

* Glaros AG, McGlynn D., Kapel L., Sensitivity, specificity, and the predictive value of facial electromyographic data in diagnosing myofacial pain-dysfunction., *J Craniomand Pract*, 1989;7:189-193.

* Goodgold J., Eberstein A, *Electrodiagnosis of Neuromuscular Diseases*, Balimore, Williams & Wilkins,

1972.

* Hagberg C., Surface EMG frequency dependence of force in the masseter and in the anterior temporal muscles., Scand J Dent Res, 1988;96:451-456.

* Henneman E, Somjen G, Carpenter DO, Functional significance of cell size in spinal motor neurons. Ann Plast Surg, 1965;28:560-589.

* Heo, DH, Significance of intraoperative electrophysiological monitoring and follow up results in microvascular decompression for hemifacial spasm, Yonsei University, 2002.

* Ingervall B. and Helkimo, Masticatory muscle force and facial morphology in man, Arch. Oral. Biol., 1978;23:203-276.

* Ingervall B., Facial morphology and activity of temporal and lip muscles during swallowing and chewing, Angle Orthod., 1976;46:372-380.

* Jang IH, Lee YH, Chung UW., Intraoperative electromyographic monitoring of the facial nerve during microvascular decompression for hemifacial spasm., J Korean Acad Rehabil Med, 1994;37:142-151.

* Jensen K., Quantification of tenderness by palpation and use of pressure algometers. In Fricton JR, Awad E(Eds). Advances in pain Research and Therapy. New York, Raven Press Ltd., 1990:165.

* Johnson M, Martinson M., Efficacy of electrical nerve stimulation for chronic musculoskeletal pain: A meta-analysis of randomized controlled trials., Pain, 2007;130:157-165.

* Kamyszek G, Ketcham R, Garcia R Jr et al., Electromyographic evidence of reduced muscle activity when ULF-TENS is applied to the Vth and VIIth cranial nerves.,

Cranio, 2001;19:162-168.

* Kang S.Y., Introduction to Electromyography, 대한통증학회지 제 7권 제 1호., 1994.

* Kawazoe Y, et al., Effect of occlusal splints on the electromyographic activities of masseter muscles during maximum clenching in patients with myofascial pain-dysfunction syndrome., J Prosthet Dent, 1980;43:578-580.

* Kerstein RB, Wright NR., Electromyographic and computer analyses of patients suffering from chronic myofascial pain-dysfunction syndrome: before and after treatment with immediate complete anterior guidance development, J Prosthet Dent, 1991;66:677-686.

* Kim C., Park M. S., The Effects of Transcutaneous Electric Nerve Stimulation (TENS) on the EMG Power Spectrum and Pressure Pain Threshold (PPT), 대한구강내과학회지, 2007;32.

* Kim H., Park Y., Bae S., Clinical Application of Electromyography and Nerve Condition Study, The Journal of Korean Society of Physical Therapy, 1998;10:199~212.

* Kim SK, MA HI, Kwon Y, Lee SA., Intraoperative Electrophysiological Monitoring during Microvascular Decompression for Hemifacial Spasm and Surgical Outcome., J Korean Neurol Assoc, 2001;19:260-265.

* Kim YJ, Kim C., A review of physical therapy modalities for patients with temporomandibular disorders(TMDs) caused by dental treatment., J Korean Dent Assoc, 2006;44:711-718.

* Kim YJ, Lee SW., A study on electromyographic power spectral analysis of masticatory muscles., J Dent Coll SNU, 1990;14:185-201.

- * Kimura J., *Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle, Principles and Practice*. 2nd ed., Philadelphia, F.A. Davis, 1989.
- * Kopec J, Hausmanowa-Petrusewicz I: On line computer application in clinical quantitative electromyography., *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 1976;16:49-64.
- * Kosek E, Ekholm J, Hansson P., Modulation of pressure pain thresholds during and following isometric contraction in patients with fibromyalgia and in healthy controls: Research reports., *Pain*, 1996;64:415-423.
- * Kottke F.J., Stillwell G.K., Lehmann J.F., Krusen's *Handbook of Physical Medicine and Rehabilitation*. 3rd ed., W.B. Saunders, 1982:56~85.
- * Kroon GW, Naeije M., Electromyographic evidence of local muscle fatigue in a subgroup of patients with myogenous craninomandibular disorders., *Arch Oral Biol.*, 1992;37:215-218.
- * Kroon GW, Naeije M., Electromyographic evidence of local muscle fatigue in a subgroup of patients with myogenous craniomandibular disorders., *Archs Oral Biol*, 1992;37:215-218.
- * Kumai T, Difference in chewing patterns between involved and opposite sides in patients with unilateral temporomandibular joint and myofascial pain-dynfunction., *Arch oral biol.*, 1993;38:467-478.
- * Kuriakose MA., Fardy M., Sirikumara M., Patton DW., Sugar AW., A comparison review of 266 mandibular fractures with internal fixation using rigid(AO/AIF) plates or miniplates., *Br J Oral Maxillofac.*, 1996;34:315-321.
- * Kydd W.L., Alkamine J.S., Mendel R.A., Karus B.S.,

Tongue and lip force exerted during deglutition in subjects with and without on anterior open bite, J. Dent. Res., 1963,42:858-866.

* Langemark M, Jensen K, Jensen TS, et al., Pressure pain thresholds and thermal nociceptive thresholds in chronic tension-type headache., Pain, 1989;38:203-210.

* Lapidot A., Ben-Hur N., Fastening the base of the tongue forward to the hyoid for relief of respiratory distress in Pierre-Robin syndrome Plast, Reconstr. Surg., 1975;56:89-91.

* Laskin DM., Etiology of the pain dysfunction syndrome., J Am Dent Assoc, 1969;79:147-153.

* Latif, A., An electromyographic study of the temporalis muscle in normal persons during selected positions and movements of the mandible, Am J Orthod, 1957;43:577.

* Lee YH, Chun SI, Shin JS., Electrophysiologic Study of Hemifacial Spasm., J Korean Acad Rehabil Med, 1992;16:101-108.

* LeFever RS, De Luca CJ, A procedure for decomposing the myoelectric signal into its constituent action potentials. I: Technique, theory and implementation., IEEE Trans Biomed Eng, 1982;29:149-157.

* Licht S., Electrodiagnosis and Electromyography. 2nd. ed., Elizabeth Licht, 1968:286-411.

* Lindauer SJ, Gay T, Rendell J., Electromyographic force characteristics in the assessment of oral function., J Dent Res, 1991;70:1417-1421.

* Lindstrom L, Hellsing G., Masseter muscle fatigue in an objectively quantified by analysis of myoelectric signals., Archs Oral Biol, 1983;28:297-301.

- * Lindstrom L, Magnusson R, Petersen I., Muscular fatigue and action potential velocity changes studied with frequency analysis of EMG signals., *Electromyography* 1970;4:341-356.
- * Lowe A., Johnson W., Tongue and jaw muscle activity in response to mandibular rotation in a sample of normal and anterior open-bite subjectives, *Am. J. Orthod.*, 1979;76:565-576.
- * Lowe A., Correlation between orofacial muscle activity and craniofacial morphology in a sample of control and anterior open-bite subjects, *Am. J. Orthod.*, 1980,78:89-98.
- * MacDougal J.D.B., Andrew B.L., An electromyographic study of the temporalis and masseter muscles., *J Anat*, 1953;87:37.
- * Majewski RF, Gale EN., Electromyographic activity of anterior temporal area pain patients and non-pain subjects., *J Dent Res*, 1989;63:1228-1231.
- * Manns A, Chan C, Miralles R., Influence of group fuction and canine guidance on electomyographic activity of elevator muscles., *J Prosthet Dent*, 1984;57:494.
- * Manns A., Miralles R., and Palazzi C., EMG, bite force, and elongation of the masseter muscle under isometric voluntary contractions and variations of vertical dimension., *J Prosthet Dent*, 1979;42:674.
- * Manns A., Miralles R., Valdivia J., Bull R., Influence of variation in anteroposterior occlusal contacts on electromyographic activity., *J Prosthet Dent*, 1989;61:617.
- * Mao J, Stein RB, Osborn JW., Fatigue in human jaw muscles, A review., *J Orofac Pain*, 1993;7:135-142.
- * McCarroll RS, Honee GL. Naejie M., Relationshop of electromyographic parameters in jaw dyafunction patients

classified according to Helkino's index., J Oral Rehab, 1984;11:521-527.

* McGill K, Dorfman L, Automatic decomposition electromyography(ADEMG), methodologic and technical considerations. In: Desmedt JE, ed. Computer aided electromyography and expert systems. Clinical neurophysiology updates. Basel, Karger, 1989:91-101.

* McGill KC, Cummins KL, Dorfman L, Automatic decomposition of the clinical electromyogram., IEEE Trans Biomed Eng, 1985;32:470-477.

* McMillan AS, Blasberg B., Pain-pressure threshold in painful jaw muscles following trigger point injection., J Orofac Pain, 1994;8:384-390.

* Micher L, Moller E, Bakke M., On-line analysis of natural activity in muscles of mastication., J Craniomand Disord, 1988;2:65-82.

* Milidonis MK, Widmer CG, Segal RL, Kraus SL, Surface intraoral genioglossus EMG recording technique for kinesiological studies, Am. J. orthod., 1988,94:240-244.

* Miralles R., et al, Pattern of electromyographic activity in subjects with different skeletal facial types., Angle Orthod., 1991;61:277-84.

* Møller AR, Jannetta PJ., Microvascular Decompression in Hemifacial Spasm: Intraoperative Electrophysiological Observation., Neurosurgery, 1985;16:612-618.

* Møller AR, Jannetta PJ., Monitoring facial EMG response during microvascular decompression operations for hemifacial spasm., J Neurosurg, 1987;66:681-685.

* Møller AR, Jannetta PJ., Physiological abnormalities in hemifacial spasm studied during micovascular decompression

operations., *Exp Neurol*, 1986;93:584-600.

* Møller RG, Jannetta PJ., Hemifacial spasm, Results of electrophysiologic recording during microvascular decompression operations., *Neurology*, 1985;35:969-974.

* Mongini F, The stomatognathic system, function, dysfunction and rehabilitation. Chicago, Quintessence Publishing Co., Inc., 1984.

* Montes Molina R, Taberner Galan A, Martin Garcia MS., Spectral electromyographic changes during a muscular strengthening training based on electrical stimulation. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1997;37:287-295.

* Mooij JJ, Mustafa MK, Weerden TW., Hemifacial Spasm, Intraoperative Electromyographic Monitoring as a Guide for Microvascular Decompression., *Neurosurgery*, 2001;49:1365-1371.

* Moyers, R.E., An electromyographic analysis of certain muscles involved in temporomandibular movement., *Am J Orthod*, 1950;36:481.

* Naeije M, Zorn H., Changes in the power spectrum of the surface electromyogram of the human masseter muscle due to local muscular fatigue., *Archs oral Biol*, 1981;26:409-412.

* Naeije M, Muscle physiology relevant in craniomandibular disorders., *J Craniomandib disord Facial Oral Pain*, 1988;2:153-157.

* Nandedkar S, Barkhaus P, Charles A, Multi-motor unit action potential analysis(MMA)., *Muscle Nerve*, 1995;18:1155-1166.

* Nielsen VK, Electrophysiology of the facial nerve in hemifacial spasm: Ectopic/ephaptic excitation., *Muscle Nerve*, 1985;8:545-555.

- * Nielsen VK., Pathophysiology of hemifacial spasm. I. Ephatic transmission and ectopic excitation., *Neurology*, 1984;34:418-426.
- * Offenbacher M, Stucki G., Physical therapy in the treatment of fibromyalgia., *Scand J Rheumatol Suppl*, 2000;113:78-85.
- * Ohrbach R, Gale EN., Pressure thresholds, clinical assessment, and differential diagnosis : Reliability and validity in patients with myogenic facial pain., *Pain*, 1989;39:157-169.
- * Palla S, Ash MM., Power spectral analysis of the surface electromyogram of human jaw muscles during fatigue., *Archs Oral Biol*, 1981;26:547-553.
- * Pond LH, Barghi N, et al., Occlusion and chewing side preference., *J Prosthet Dent*, 1986;55:498-500.
- * Portney L.G, Electromyography and Nerve conduction velocity tests. In, *Physical Rehabilitation*. 2nd. ed., Library of Congress Cataloging-in- Publication Data, 1988:159-192.
- * Ramfjord S.P., Ash M.M., *Occlusion*. 3rd. ed., Philadelphia, W.B. Saunders Co., 1983.
- * Raustia AM, Oikarinen KS, Changes in electric activity of masseter and temporal muscles after mandibular sagittal split osteotomy, *Int J Oral Mazillofac Surg*, 1994;23:180.
- * Reena M., Talwar., Ellis E. III, Gaylord S., Throckmorton: Adaptation of the Masticatory System After Bilateral Fractures of the Mandibular Condylar Process., *J Oral Maxillofac Surg.*, 1998;56:430-439.
- * Rugh JD, Montgomery GT., Physiological reactions of patients with TM disorders vs. sympton-free controls on physical stress task., *J Craniomandib Disord Facial Oral*

Pain, 1987;1:243-250.

* Sabino GS, Santos CM, Francischi JN et al., Release of endogenous opioids following transcutaneous electric nerve stimulation in an experimental model of acute inflammatory pain., J Pain, 2007;5:Epub ahead of print.

* Sanders DB, Stalberg EV, Nandedkar SD, Analysis of the electromyographic interference pattern., J Clin Neurophysiol, 1996;13:385-400.

* Sandrini G, Antonaci F, Pucci E et al., Comparative study with EMG, pressure algometry and manual palpation in tension-type headache and migraine., Cephalgia, 1994;14:451-457.

* Sato S, Goto S, Takanezawa H, Kawamura H, Motegi K., Electromyographic and kinesigraphic study in patients with nonreducing disk displacement of the temporomandibular joint., Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 1996;81:516-521.

* Schiffman EL, Friction JR, Haley DP et al., The prevalence and treatment needs of subjects with temporomandibular disorders., J Am Dent Assoc, 1990;120:295-303.

* Schikholeslam A, Moller E, Louis I., Postural and maximal activity in the elevators of mandible before and after treatment of functional disorders., Scand J Dent Res, 1982;90:37-46.

* Schumann, NPM, Zwiener, Nebrichm A., Personality and quantified neuromuscular activity of the masticatory system in patients with temporomandibular joint dysfunction., J Oral Rehabil, 1988;15:35-47.

* Sethi R.K., Thompson L.L., the Electromyography's handbook. 2nd. ed., Little, Brown, 1989.

- * Sherman RA., Relationships between jaw pain and jaw muscle contraction level: Underlying factors and treatment effectiveness., *J Prosthet Dent*, 1985;54:114-118.
- * Shin JC, Jang IH, Oh HI, Chung UW, Lee YH., Significance of intraoperative electrophysiologic monitoring and follow-up results after microvascular decompression of hemifacial spasm., *J Korean Acad Rehabil Med*, 1995;19:309-318.
- * Shin JC, Kim YC, Park CI, Chung UH., Intraoperative monitoring of microvascular decompression in hemifacial spasm., *Yonsei Med J*, 1996;37:209-213.
- * Shin JO., *Clinical Electromyography, Nerve conduction studies* ed 2. Maryland : Williams & Wilkins, 1993:665-680.
- * Sohn MK, Graven-Nielsen T, Arendt-Nielsen L, Svensson P, Inhibition of motor unit firing during experimental muscle pain in humans., *Muscle Nerve*, 2000;23:1219-1225.
- * Somers DL, Clemente FR., Transcutaneous electrical nerve stimulation for the management of neuropathic pain: The effects of frequency and electrode position on prevention of allodynia in a rat model of complex regional pain syndrome type II., *Phys Ther*, 2006;86:698-709.
- * Sood S, Vyas L, Taori GM, Hemifacial spasm. Early postoperative normalization of blink reflex latency., *Br J Neurosurg*, 1993;7:407-411.
- * Spiessl B., Rigid internal fixation of fractures of lower jaw., *Reconstr Surg Traumatol*, 1972;13:124-140.
- * Stalberg E, Falck B, Sonoo M, Astrom M, Multi-MUP EMG analysis-a two year experience with a quantitative method in daily routine., *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1994;97:145-154.

- * Stalberg E, Nandedkar SD, Sanders DB, Falck B, Quantitative motor unit potential analysis., J Clin Neurophysiol, 1996;13:401-422.
- * Stalberg E, Sonoo M, Assessment of variability in the shape of the motor unit action potential, the jiggle at consecutive discharges., Muscle Nerve, 1994;17:1135-1144.
- * Subteiny J.D., Sakuda M., Open-bite; diagnosis and treatment, Am. J. Orthod., 1964,50:337-358.
- * Tallgren A., Melson B., Hansen MA, An electromyographic and roentgen cephalometric study of occlusal morphofunctional disharmony in children, Am J Orthod, 1979;68:394.
- * Tate GS., Ellis E. III, Throckmorton GT., Bite Force in Patients Treated for Mandibular Angle Fractures., J Oral Maxillofac Surg., 1994;53:734-736.
- * Tate GS., Ellis E., Throckmorton G., Bite forces in patients treated for mandibular angle fractures: Implications for fixation recommendations., J Oral Maxillofac Surg., 1994;52:734-736.
- * Teenier TJ., Throckmorton GS., Ellis E., III: Effect of Local Anesthesia on Bite Force Generation and Electromyographic Activity., J Oral Maxillofac Surg., 1991;49:360-365.
- * Thomas NR., The effect of fatigue and TENS on the EMG mean power frequency., Front Oral Phys, 1990;7:162-170.
- * Throckmorton GS, Teenier TJ, Ellis E 3d., Reproducibility of mandibular motion and muscle activity levels using a commercial computer recording systems., J Prosthet Dent, 1992;68:348-354.
- * Van Steenberghe D., and de Vries J.H., The influence of

local anesthesia and occlusal surface area on the forces developed during repetitive maximal clenching efforts., J Periodont Res, 1978;13:270.

* Visser A, McCarroll RS, Oosting J, Naejie M., Masticatory electromyographic activity in healthy young adults and myogenous craniomandibular disorder patients., J Oral Rehabil, 1994;21:67-76.

* Wall PD, Sweet WH., Temporary abolition of pain in man., Science, 1967;155:108-109.

* Wieselmann-Penkner K, Janda M, Lorenzoni M et al., A comparison of the muscular relaxation effect of TENS and EMG-biofeedback in patients with bruxism., J Oral Rehabil, 2001;28:849-853.

* Wilding RJ, Lewin A., A model for optimum functional human jaw movements based on values associated with preferred chewing patterns., Arch oral biol., 1991;37:519-523.

* Willison RG, Analysis of electrical activity in healthy and dystrophic muscle in man., J Neurol Neurosurg Psychiatry, 1964;27:386-394.

* Wood W.W., Tobias D.L., EMG response to alteration of tooth contacts on occlusal splints during maximal clenching., J Prosthet Dent, 1984;51:394.

* Woods JJ, Bigland-Ritchie B., Linear and non-linear surface EMG/Force relationships in human muscles., Am J Phys Med M, 1983;62:287-299.

* Woods JJ, Bigland-Ritchie B., Linear and nonlinear surface EMG/Force relationships in human muscles., Am J Phys Med 1983;62:287-299.

* YemmR., A newrophysiological approach to the pathology

and etiology of temporomandibular dysfunction., J Oral Rehab, 1985;12:343-353.

* 강용, 송형근, 윤영주, 김광원, 전치부 개방교합자와 정상교합자의 이설근 및 구륵근 활성화도에 관한 비교 연구, 대치교정지, 1995;25:175-185.

* 고준원 외, 측방유도형태 및 저작습관이 저작근 활성화도 및 교합접촉에 미치는 영향, 대한치과보철학회지, 1998;36:4.

* 김기환, 하악운동시 Occlusal Splint의 설계가 교근활 성도에 미치는 영향에 관한 근전도학적 연구, 대한치과 의사협회지, 1983;21:55.

* 김명국, 정상인 하악운동시에 있어서 저작근의 근전도 분석, 서울대학교 논문집., 1968;19:76-92.

* 김정희, 윤창근, 교모면적과 저작근활성도와의 관계에 대한 연구., 대한치과보철학회지, 1983;21:47.

* 노장섭, 최부병, Bruxism과 악관절기능장애자의 치료 에 관한 근전도학적 연구., 대한치과보철학회지, 1984;22:85.

* 문상빈 외, 교합접촉의 변화가 저작근 활성화도에 미치는 영향에 관한 연구, 대한 치과 보철학회지, 1990;28:2.

* 박승현, 문재호, 강성용, 극단외 운동단위활동전위의 수와 진 단적 유용성., 대한재활의학회지, 1998;22:133-141.

* 박영철, 개교의 진단과 치료, 대한치과교정학회지, 1982,12:51-60.

* 서울대학교 치과대학편, 악안면 신경과학,군자출판사, 1995.

* 손민균, 근전도 검사의 정량적 분석, 대한 근전도·전기진단의학회지, 2000;2:69-78.

* 손민균, 김봉옥, 신지철, 근 수축력이 운동단위활동전위에 미치는 영향: ADEMG 분석., 대한재활의학회지, 1995;19:897-904.

* 손민균, 복수경, 김봉옥, 신경병증에서 위성전위의 특징., 대한재활의학회지, 1998;22:672-677.

* 손민균, 윤여삼, 말초신경손상 환자에서 손상기간에 따른 근 전도 신호의 변화., 대한재활의학회지, 1997;21:547-552.

* 양병은, 최영준, 최원철, Mini-implant를 이용한 하악골 우각부 골

절의효과적인 정복: 증례보고., J Kor Oral Maxillofac Surg, 2007;33:397-400.

* 윤창근, EM2를 이용한 근전도검사의 신뢰도에 관한 연구, 대한치과 의사협회지, 1989;27:149-154.

* 정동기, 김광원, 과개교합자의 저작근 활성화도 및 교합력에 관한 연구, 구강 생물학연구, 1993;17:312-324.

* 진태호, 이호용, 균형측 교합장애가 저작근 활성화도 및 과로에 미치는 영향에 관한 연구., 대한치과보철학회지, 1989;27:1.

* 최연석, 이기수, 박영국, 개방교합자의 설근과 구륜근 활성화도에 관한 연구, 대한치과교정학회지, 1994;24:233-246.

* 최용관, Occlusal Force and EMG Change of Mandibular Fracture, 단국대학교, 2007.

Abstract

Application of the electromyography in orofacial region

Lim, Soo-Hyun
School of Dentistry
The Graduate School
Seoul National University

Electromyography(EMG) is displayed information of oscilloscope about activated electrical activity of motor unit. Nerve and muscle cells present as equilibrium polarization state in the resting stage, but certain stimuli can break equilibrium and they are present as depolarization state. Electrical activity of nerve or muscle membranes in the process of depolarization and repolarization is called action potential. Action potential occurs at the one point will propagate to both sides along nerve or muscle fiber. The basic concept of electrical diagnosis is to represent occurrence, propagation, mobilization of action potential on the oscilloscope. EMG is the method to analyze electrophysiological change and diagnose diseases. It is greatly classified as nerve conduction examination and needle EMG examination.

Through recent development of digital signal processing techniques, EMG signal is extracted and analyzed in a

number of ways, automatically and accurately. Representative two methods are quantitative MARP(motor unit action potential) and Decomposition methods. MARP analysis is conventional method to record MARP of minimum muscle contraction and to assess quantitatively. Precision decomposition is used to measure rate coding and change of MARP and to study motor control mechanisms.

EMG has been used in many orofacial areas. It is useful when you want to study the changes of the masticatory muscles due to temporomandibular disorders, occlusal contact changes, chewing, fractures, nerve stimulation. According to the related research of temporomandibular disorders, does EMG provide reliable information is controversial. Jaw fractures fixed by open reduction looked for a more rapid recovery in the non-affected side in EMG study. Muscle fatigue due to muscle contraction is reduced when applied transcutaneous nerve stimulation in the masticatory muscles, in EMG study.

Key words: Electromyography, Temporomandibular disorder, Orofacial, masticatory muscle
Student number: 2009-22712