

식품의 물성이 저작근의 활성화 및 저작 양태에 미치는 영향

서울대학교 치과대학 보철학교실

조리라 · 김광남 · 장익태 · 허성주

목 차

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 방법
- III. 연구결과
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

저작은 교합과 악운동뿐만 아니라 근신경계, 고위 중추까지 복합적으로 관여하는 악구강계의 중요한 기능적 행위 중 하나이다. 사람들은 100 pounds 이상의 힘과 매우 빠른 속도로 다양한 음식물을 특별히 의식하지 않은 상태로 저작한다.¹⁾ 이러한 저작 행위는 뇌간에 있는 중추성 행위 발생기(Central Pattern Generator, 이하 CPG)에 의해 1/1000 inch까지 정교하게 자동적으로 조절되는데 잘못 유도될 경우 심한 동통이나 손상을 유발하기도 한다. 그러나 인간의 저작 행위에 관해 개인적으로 매우 큰 편차를

나타낸다는 것을 제외하고는 이용 가능한 정보가 별로 없는 실정이다.

저작기관의 생역학을 규명하기 위해 저작력, 근신경계의 활성화도, 저작 능률, 교합 축지력, 저작 양태 등의 변수를 다양한 방법으로 측정하는 많은 연구가 보고되었다. 저작력을 측정하는 방법은 감지기를 직접 보철물에 매식하는 직접법과 음향이나 근전도 등을 측정하여 저작력을 함수곡선에서 추정하는 간접법이 있는데 직접법은 결과를 즉시 얻을 수 있는 장점이 있으나 그 활용 범위가 제한되어 있고 결과에 대한 해석이 만족스럽지 않으며 실질적인 저작 중에는 측정할 수 없는 단점이 있어 최근에는 간접법을 많이 사용하는 추세이다.^{2,3,4,5,6)} 비교하는 지표로는 주로 최대 저작력을 사용하고 있으나 그 외에도 실제 저작시의 저작력과 약한 힘으로 감함할 때의 힘 등도 사용된다.

서로 다른 비교군의 저작 기능을 설명하기 위해 저작력을 측정하는 방법이 널리 사용되어 왔다. 최대 저작력은 측정 영역, 악구강계의 기능과 상태, 개구정도, 성별, 연령, 잔존치의 수, 하악골의 위치, 악간 거리, 대합치, 머리 자세 등과 관련이 있으며 반드시 근육의 최대 활동을

의미하는 것은 아니라고 하였다.^{7,8,9,10,11,12)} 최대 저작력도 연구에 따라 매우 다양한데 이렇게 측정치가 다른 이유는 사용한 방법이 다양하고 실험 조건이 통일되지 않았기 때문이다.^{13,14,15,16)}

저작근의 근전도를 기록하는 방법 즉, electromyogram은 저작 중의 개별 저작근의 활동 전위를 기록하여 재현하는 전자적인 방법으로 시간과 주파수 영역에서 각각 분석하여 근육의 활동을 정량적, 정성적으로 분석할 수 있어 편리하고 유용한 방법이다.^{17,95)} 근전도의 정량적 분석 방법 중 시간 영역에서 분석하는 방법으로는 직접 검사법, 평균 진폭과 평균 전압 비교법, 적분 분석법 등이 있고 주파수 영역에서 분석하는 방법으로는 파워스펙트럼 밀도의 중간 주파수나 평균주파수 혹은 절대값 등을 분석하는 방법이 있다.^{18,19,96)} 주파수 분석법은 근피로 연구에 주로 사용되고 있는데 많은 연구들에서 근수축이 지속될수록 근전기 신호의 power spectrum은 저주파 영역으로 이동한다는 사실이 입증되었다.^{17,18,19,20,21,22,97)} 근전도를 측정하면 오실로스코프에서 양의 값과 음의 값으로 나타나므로 실질적인 데이터의 비교가 어려워 이를 절대치로 적분하여 최대값과 평균값을 비교하는 적분 분석법을 사용하고 있다. 적분 분석법은 근육수축력과 근육 활성간의 관계를 규명하려는 연구들에서 많이 사용되어져 왔다. 이 방법은 근섬유 조성이 일정한 근육에서는 근력과 정비례 관계를 보인다고 하였으나 복합 근육인 저작근에서는 조성 비율에 따라 다른 양상을 보인다. 근전기적인 최대 활성화도와 기계적인 최대 저작력 사이에는 40-80 msec 정도 지연되는 시간이 있기는 하지만 최대 근전도를 기록하는 것은 저작 중의 최대 저작력을 측정하는 매우 정확한 방법으로 알려져 있다.²³⁾

교합 촉지력을 측정하는 방법은 다양한 두께의 금속 박막을 대합치 사이에 위치시켜 감지하고 구별할 수 있는 두께의 역치를 측정하는 것으로 치주 인대의 고유 수용기나 유리 신경 말단 등의 말초적인 감각기관의 민감도를 측정하는 것이다.^{24,25)} 교합 촉지력은 감각의 인지도를 측정하기 위해 사용되는 방법이며 일반

적으로 자연치가 감지해내는 구별 역치는 20 μ m 정도라고 알려져 있다. 무치악 환자의 경우는 자연치에 비해 5 배나 높는데 의치 특히, 하악 의치의 유지력에 따라 교합 촉지력이 달라지며 골유착성 임플란트의 경우 2에서 4배 정도 된다는 사실이 보고되었다.^{24,25,26,27,28)}

저작 양태는 kinesigraph, BioPAK[®], cineradiography, light emitting diode, magnetic device, photo-optical device 등을 사용할 수 있으며 그 형태는 객관적인 비교가 어려우므로 저작 시간, 개구 속도 및 폐구 속도, 상하 개구량, 측방 변위량, 저작 횟수 등의 지표를 저작 양태 지표라 하여 분석하고 있다.^{29,30,31,32,98,99,100)} 저작 능력은 시험식품을 분쇄하는 능력을 측정하여 자연치 교합이나 보철물의 안정도 및 효과를 객관적으로 평가하는 방법이며, 주관적 평가법인 저작 효율로 조사할 수도 있다. 저작 능력은 연하 전까지의 음식의 분쇄도를 측정하는 것인데 이는 음식의 소화 및 흡수라는 면에서 매우 중요하다. 개인의 저작 능력은 설문지에 의한 주관적인 방법과 분쇄된 시험식품의 부피나 무게를 측정하는 객관적인 방법에 의해 이루어진다. 선현들의 연구 결과에 의하면 저작 능력은 연령, 치아의 수, 교합 접촉점의 넓이, 음식물의 크기 등과 관련 있다는 것이 밝혀졌다.^{33,34,35,36,37)} 또한 주관적인 평가와 객관적인 평가가 반드시 일치하지는 않으며 주관적인 평가가 보다 낙관적임을 보여 주었다.^{38,39)} 무치악 환자의 저작 능력은 의치 장착 후 증가하는데 Lundqvist 등⁴⁰⁾은 총의치 환자의 저작 능력은 하악 의치의 유지와 관련이 있다고 하였고 골유착성 임플란트 지지 보철물에서는 개선된 저작 능력을 보인다고 하였으나 그 반대의 결과도 보고되었다.^{41,42,43)}

이처럼 상반된 연구 결과는 실험 방법의 표준화가 이루어지지 않았거나 결과의 잘못된 해석일 가능성이 높으므로 보다 엄격한 방법이나 재료의 사용이 요구된다. 악구장계의 저작 기능을 조사하기 위해 고안된 다양한 방법 중 저작력, 근신경계의 활성화도, 저작 능력, 저작 양태 등은 시험식품을 이용하여 측정하게 되는데 대부분의 저작 실험에서 땅콩, 사과, 부

드러운 빵 등을 사용한 결과를 보고하고 있다.⁴⁴⁾ 사용하는 시험식품으로는 땅콩, 아몬드 등의 자연식품과 optosil, optocal 등의 인공 제조식품이 있는데 시험식품의 종류에 상관없이 음식의 물성에 대한 정확한 이해를 바탕으로 한 물성의 표준화가 이루어지지 않은 상태로 부드러운 음식 혹은 단단한 음식으로만 정의하여 저작실험을 행하였기 때문에 결과 해석의 객관성이 문제가 되어 왔다.

저작 과정을 통해 식품을 분쇄하여 소화되기 쉽게함과 동시에 물성에 대한 전반적인 느낌을 얻게 되는데 예를 들면 고기와 같은 경우는 부드럽거나 질기다 등으로 표현할 수 있다. 그러나 이러한 표현이 통일되어 있지 않으므로 식품 공학에서는 보다 과학적인 용어로 식품의 물성을 정의하고 있다. 식품의 물성은 저작시의 기계적 행위를 파악하기 위해 외부적인 힘을 가하여 변위되는 성질을 분석한 결과로 저작 초기에 주로 영향을 미치는 것으로 알려진 경도, 파쇄도, 응집성 등과 저작 중에 영향을 미치는 고무성, 저작성, 부착성 등이 있다. 경도는 일정량의 변위를 유발하는 힘을 말하며 파쇄도는 음식물이 파절되는데 필요한 힘이다. 저작성은 고성 음식을, 고무성은 반고성의 음식을 연하하기 좋은 상태로 만드는데 소요되는 에너지로 정의한다. 응집성은 식품을 구성하는 내부 결합의 강도를 의미하고 부착성은 음식의 표면간 혹은 접촉하는 다른 재료와의 간극에 작용하는 인력을 상쇄하는데 필요한 일로 정의한다. 이러한 물성 중 고무성, 저작성, 파쇄도 등은 경도, 응집성, 부착성 등의 독립 변수에 따라 결과가 달라지는 종속 변수이다.

식품의 물성을 측정하는 방법은 기기를 사용하는 방법과 관능검사 요원을 통한 경험적 방법이 있다. 초기 식품 연구에는 압축 혹은 신장에 의한 응력-변위 관계를 연구하는 Instron 만능 시험기를 사용하였으나 복잡한 저작 과정을 단지 압축에 의해서만 분석하는 단점을 가지고 있어 최근에는 식품 물성 측정기인 texturometer를 사용하여 연구하고 있다. Texturometer는 저작 과정을 흉내내도록 고안된 기계로 strain gauge와 strip-chart recorder로 이루어져

시편을 두 번 압축하고 다른 저작 속도로 실험할 수 있으며 시편에 힘을 가하는 동안 힘-시간 곡선을 추정할 수 있도록 되어 있다. 경험적 방법은 검사 요원을 택하고 훈련시켜 식품 물성에 관한 특성을 정확히 기술하도록 하여 각 물성마다 표준적인 지표를 확립한 방법이다. 기계에 의한 방법보다 세밀함이 떨어지기는 하지만 복잡한 저작 과정을 거친다는 장점이 있고 훈련된 검사 요원을 사용한다면 경험적 방법도 상당한 정도의 객관성을 지닌다고 하며 대부분의 조사는 두 가지 방법을 병행해서 사용하고 있다.^{29, 47, 48)}

위와 같은 음식물의 성상은 다양하게 저작 행위에 영향을 끼치며 복잡한 저작 양태에 기여하는 인자로 작용한다. Gibbs 등⁴⁹⁾에 의하면 초기 저작력은 음식물의 견고성과 관련 있다고 하였고 Gay 등²⁾은 음식을 저작하는데 필요한 기능적인 절치 저작력은 내재된 저작 능력보다는 음식의 종류에 의해 결정된다는 의견을 보고한 바 있다. 또 60%의 실험군에서 음식의 강도에 따라 저작 양태가 확연히 달라진다는 연구 결과도 있다.⁵⁰⁾ 경도가 높은 음식을 저작할 때 저작력이 더 크다는 연구가 있으나 저작력이 많이 증가하지 않는다는 반대되는 연구 결과도 있다.^{13, 49)}

이처럼 한 종류 혹은 두 종류의 음식만으로 개인의 저작 행위를 완전히 실험하기는 불충분하며 선택한 시험식품의 물성을 보다 정확히 측정, 표준화하여 저작 실험의 결과를 해석하여 그 기전을 규명해야 할 것으로 사료된다. 이에 본 연구는 전 단계의 실험을 거쳐 물성을 충분히 검증한 식품을, 물성을 세분화하여 선택한 후 표준적인 실험군에서 저작하게 하여 저작 속도, 변위량, 저작 시간 등의 저작 양태 및 저작근의 근전도를 측정하여 식품의 물성이 저작 행위에 어떤 영향을 미치는 지를 규명하고자 하였으며 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구 재료

시험식품의 표준화를 위해 미국식품공학협회에서 제공한 관능검사 표준 경도치에 근거하여 이에 준하는 음식 중 한국인이 주로 섭취하는 음식을 수치별로 선택하였다.⁴⁷⁾ 표준 음식들은 크림 치즈, 계란 흰자, 프랑크푸르트, 치즈, 올리브, 땅콩, 당근, 아몬드, 사탕 등이었으나 이들 중 크림 치즈는 한국인의 저작 실험에는 적합치 않아 이와 유사한 경도를 가지는 두부를 선택하였다. 두부는 생두부로 예비 실험한 결과 익숙하지 않은 저작감 때문에 표준 편차가 매우 커 실험 결과의 해석에 문제를 초래할 가능성 때문에 제외하였고 당근은 경도와는 관계없이 강도가 높은 음식이며 수분 함유량에 따라 다른 성질을 나타내므로, 사탕은 기계를 이용한 실질적인 경도 측정이 불가능하여 시험식품에서 제외하였다. 또 선발한 관능검사 요원을 대상으로 실험한 결과 대부분 음식의 경도가 4에서 5 사이에 집중되어 있으므로 훈련된 관능검사요원의 판단에 의해 중간 정도의 경도를 가지는 음식을 4.5로 정의하였다. 일정한 경도이며 성상이 단일하고 크기가 일정하며 실제 저작감이 익숙하고 물성 측정 실험

험이 용이한 음식을 선택하였다. 사용한 식품은 Table 1과 같다.

식품의 시편 크기는 제조 건빵의 크기에 맞추어 2×1.5×1cm³로 제작하였고 이와 유사한 부피가 되도록 땅콩과 아몬드는 개수를 조절하였다. Texturometer (rheometer)로 실험시편의 경도, 고무성, 저작성, 응집성, 부착성 등을 각 3회씩 측정하여 이를 평균한 값을 시편의 물성이라 정의하였다 (Fig. 1, 2).

2. 연구 방법

건강한 치과대학생 중 단일치 금관 이상의 수복물이 없는 전체 치열을 가진 정상교합인을 대상으로 현재 혹은 과거에 진행성 측두 하악 관절 장애 증상이 없는 18명 (남 15, 여 3, 평균 연령 25.2세)을 선택하여 실험 시편 저작시의 저작 양태 및 저작근의 활성도를 측정 및 기록하였다.

피검자를 치과용 의자에 수직으로 편안히 앉힌 채 F-H 평면이 지면과 평행하도록 한 후 BioPAK® (Bio-Research Associates Inc., Milwaukee, WI, USA)을 이용하여 저작 양태를 기록하였다 (Fig. 3). 사용 안내서에 따라 자석의 중앙부가 하순 소대와 일치하며 동공 연결선에 평행하도록 하악 전치에 부착하였다.⁵¹⁾ 자석을

Table 1. Standard hardness scale and selected food

| Panel rating | Product by IFT* | Selected Food | Brand or type | Manufacturer | Sample size |
|--------------|-----------------|---------------|---------------------|--------------|------------------------|
| 1 | Cream cheese | | Philadelphia | Kraft food | |
| 2 | Egg white | Eg | Hard-cooked, 5 min | — | 2×1.5×1cm ³ |
| 3 | Frankfurters | Sg | Large, skinless | Baeksul | 2×1.5×1cm ³ |
| 4 | Cheese | Pz | Yellow, pasteurized | Seoul milk | 2×1.5×1cm ³ |
| 4.5 | | Yg | Soft | Haitai | 2×1.5×1cm ³ |
| 5 | Olives | Bq | Exquisite, stuffed | Haitai | 1 olive |
| 6 | Peanuts | Pn | Cocktail type | Haitai | 2 nut |
| 7 | Carrots | | Uncooked, fresh | | |
| 8 | Almond | Am | Candy part | Delmont | 1 nut |
| 9 | Rock candy | | | | |

* Institute of Food Technologists

Eg; Egg white, Sg; Sausage, Pz; Pizza cheese, Yg; Yang-geng, Bq; biscuit,

Pn; Peanut, Am; Almond

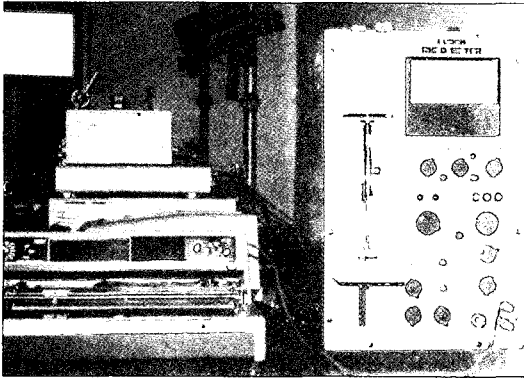


Fig. 1. Texturometer.

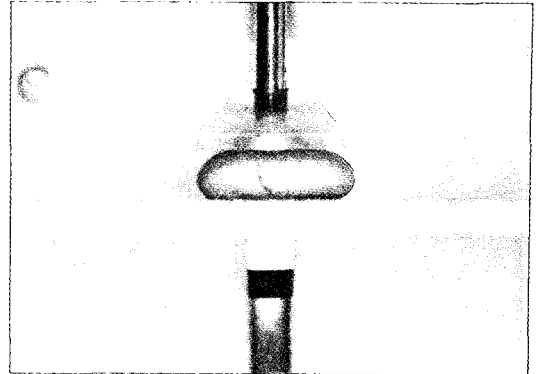


Fig. 2. Hardness test with texturometer.



Fig. 3. Chewing pattern recording.

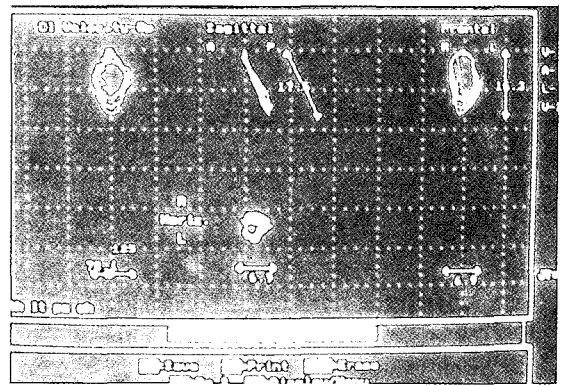


Fig. 4. BioPAK recording.

위치시켰을 때 감압이나 저작을 방해하여 말초성 피드백이 변형되지 않도록 주의하였다. 감지기의 상부 횡주대가 동공간 연결선에 평행하도록 설치한 후 피검자의 머리에 맞추어나사를 조절하였다. 자석 위치 보조기가 자석과 1cm 정도 거리를 유지하도록 위치시킨 후 보조기를 제거하여 하악운동의 궤적을 기록하였다. 준비한 실험 시편을 순서대로 공급한 후 저작하게 하여 습관적 교두 감압위부터 연하가 시작되기 직전까지의 저작운동을 기록하여 분석하였다. 분석한 지표들은 연하 직전까지의 저작 횟수, 저작 시간, 최대 개구량, 평균 개구량, 평균 개구 속도 및 평균 폐구 속도 등이었다 (Fig. 4).

근전도를 기록하고 분석하기 위하여 서울시립대학교 전자공학과에서 개발한 컴퓨터 근전도 시스템 SCU-1을 이용하여 power spectrum

분석을 시행하였다(Fig. 5). 피검자를 F-H 평면이 지면과 수평이 되게 치과용 의자에 앉히고 피부를 에틸 알코올로 깨끗이 닦은 후 저작근의 근복부를 촉지하여 양극성 Ag-AgCl 표면전극을 Lippold의 방법으로 양측 전측두근 및 교근에 부착하였다.³²⁾ 저작 실험은 저작 양태를 측정하기 위한 방법과 동일하게 시행하여 양측 전측두근 및 교근에서 발생하는 근전기 신호를 기록하였다. 양측 전측두근과 교근의 근전기 신호를 차후에 분석하기 위하여 super-VHS 시청각 테이프에 기록한 후 얻어진 기계식 근전기 신호를 1024 Hz의 표본율과 512 Hz의 최저 여과치로 여과하여 전자식 신호로 전환하였다. 전자식 근전기 신호는 EMG 프로그램에 의해 자동적으로 분석되어 그 결과를 모니터 상에서 확인하였다. 근전도 변수는 좌우측 전측두근과 교근의 최대 적분 근전도와 평균 적분 근전도로

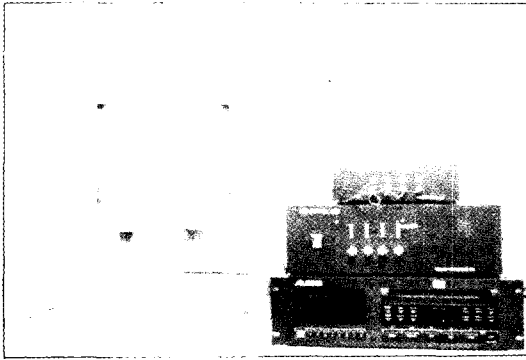


Fig. 5. SCU-1 for electromyogram.

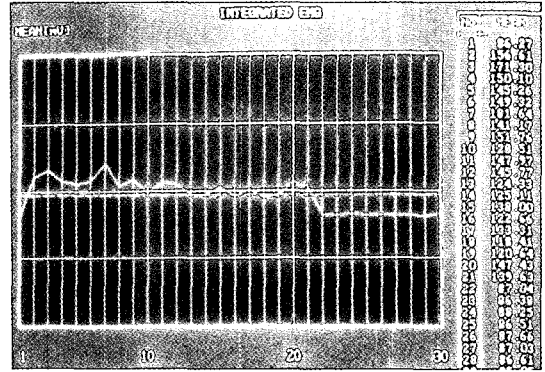


Fig. 6. Integrated EMG.

설정하였다 (Fig. 6).

저작 양태 및 근전도 실험 모두 각 시험식품 저작간에 충분한 휴식시간을 가지도록 하였으며 이질적인 저작감으로 인한 영향을 제거하기 위하여 약간의 음식을 미리 섭취토록 하는 저작 훈련을 행하였다. 모든 실험은 각 2회씩 시행하였으며 하루 중 오후 2시에서 4시에만 실험하여 일과성 리듬의 영향을 배제하였다.

IBM/PC의 SPSS/SAS 통계 프로그램을 사용하여 변수의 평균 및 표준편차를 구하였고 각 2회의 실험에 의한 변수의 차이를 paired t-test로 검증하였으며 음식의 물성이 측정 지표에 미치는 영향을 판단하기 위해 각 변수의 평균의 차이에 대해 ONE-WAY ANOVA test를 시행하여 Sheffe's multiple range test로 통계적

유의성을 유의수준 5%에서 검증하였다. 또한 각 경도 및 응집성, 부착성을 독립 변수로 하여 측정 지표와의 관계를 회귀분석으로 검증하였다.

III. 연구결과

Table 2는 texturometer로 3회씩 측정된 시험식품 물성치의 평균이다. 경도는 계란 흰자가 3.8이었고 건빵이 73.2, 아몬드가 122.2로 관능 검사에서의 순서와 동일하지만 각 시험식품간의 경도 차이는 일정하지 않았다. 시험식품의 탄력성은 핏자 치즈가 가장 컸고 부착성은 연양갱이 가장 컸으며 계란 흰자와 건빵은 부착성이 없었다. 응집성, 저작성, 고무성 등은 건빵이

Table 2. Texture of selected food

| | hard -ness (N) | spring -ness (m) | adhesi -veness (J) | cohesi -veness (B/A) | gumm -iness | chewi -ness |
|--------------|----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------|----------------|
| Egg white | 3.8 | 0.0033 | 0 | 0.871 | 3.3 | 0.0108 |
| Sausage | 10.6 | 0.0036 | 0.00252 | 0.861 | 9.2 | 0.0331 |
| Pizza cheese | 12.6 | 0.0042 | 0.00036 | 0.826 | 10.4 | 0.0443 |
| Yang-geng | 33.0 | 0.0025 | 0.00568 | 0.263 | 8.7 | 0.0216 |
| Biscuit | 73.2 | 0.0020 | 0 | 0.904 | 66.6 | 0.1333 |
| Peanut | 88.4* | — | — | — | — | — |
| Almond | 122.2* | — | — | — | — | — |

* Because of irregular shape, the hardness of peanut and almond can be measured with the other type explorer.

가장 컸다. 경도, 응집성, 부착성 등은 독립 변수이나 고무성, 저작성, 탄력성 등은 전술한 성질의 종속 변수이므로 이러한 물성이 저작에 미치는 영향은 분석하지 않고 독립 변수에 의한 영향만 분석하기로 하였다.

1. 음식물의 경도에 따른 저작 양태 및 저작근의 근전도

각 2회씩 행한 저작 실험에서 시도 횟수에 따른 차이를 비교한 결과 저작 횟수만이 2회째 약간 길었으며 다른 모든 측정 지표들에서는 1회와 2회 시도에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$). 또 각 개인간의 결과는 매우 다양하여 저작 행위가 개인에게 내재한 고유 운동임을 알 수 있었다.

시험식품의 저작실험에서 얻은 저작 시간 및 하악골 변위량에 의한 저작 양태의 변화를 Table 3-1, 2, 3에 정리하였다. Table 3-1 및 Fig. 7-2에서 저작 시간 및 저작 횟수는 계란 흰자와 아몬드가 가장 짧고 핏자 치즈에서 가장 길어 음식물의 경도와는 관련이 없음을 나타내며 익숙하지 않은 음식을 저작할 때 가장 긴 시간이 소요되는 것을 보여준다.

음식물의 경도에 따른 하악골의 변위량이 Table 3-2 및 Fig. 7-4에 나타나 있다. 저작시 최대 개구량 및 평균 개구량은 어떤 음식간에도 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다 ($p > 0.05$).

음식물의 경도에 따른 하악골의 운동 속도 즉, 평균 폐구 속도와 평균 개구 속도가 Table 3-3 및 Fig. 7-6에 있다. 평균 폐구 속도는 핏자 치즈가 가장 빠르고 연양갱이 가장 느리지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않으며 경도와는 관련이 없음을 나타낸다 ($p > 0.05$).

음식물의 경도에 따른 좌, 우측 전측두근의 최대 근전도 및 평균 근전도를 분석한 결과가 Table 3-4 및 Fig. 7-8에 있다. 근전도 값은 경도에 따라 증가하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 나타내는 군을 살펴보면 계란 흰자가 가장 작았고 소시지, 핏자 치즈, 연양갱 등은 유사한 결과를 나타냈으며 건빵, 땅콩, 아몬드 등은 가장 컸다. 각 개인간의 차

이를 제거한 난괴법으로 분석한 결과, 경도에 따른 전측두근의 근전도 차이는 모든 지표에서 더욱 뚜렷한 차이를 보였다. 전측두근의 최대치와 평균치 모두 좌측에서 우측보다 더 컸다 ($p < 0.05$).

음식물의 경도에 따른 교근의 근전도를 좌우측 최대치와 평균치로 비교한 결과가 Table 3-5 및 Fig. 7-10에 있다. 교근의 근전도는 음식물의 경도가 커질수록 증가하는 경향을 보이며 우측 교근의 최대 근전도와 평균 근전도는 좌측과 비교하여 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다 ($p < 0.05$).

피검자에게 음식을 자연스러운 형태로 저작하도록 지시하였으므로 좌우측 교대로 저작하는 양태가 대부분이었으나 선호측은 18명의 피검자 중 대부분 (15명)이 우측이었으며 이를 토대로 선호측의 근전도와 시험식품의 경도를 평가한 결과 선호측의 근전도는 음식물의 경도에 따라 증가하며 그 차이는 좌우측으로 비교한 결과보다 뚜렷함을 알 수 있었다. Table 3-6 및 Fig. 7-12은 선호측 및 비선호측에서의 전측두근의 근전도이며 Table 3-7 및 Fig. 7-14는 선호측 및 비선호측 교근의 근전도 비교이다.

음식물의 경도와 각 변수간의 상관관계를 분석하고 회귀식을 도출하기 위해 다중 회귀 분석을 시행한 결과 저작 횟수, 개구량, 개구 및 폐구량 등의 지표는 경도와는 관련이 없었으나 저작 시간 및 전체 근전도 지표는 5%의 유의수준에서 통계적으로 유의한 상관관계가 있었다. γ 값은 0.22에서 0.55까지로 중등도의 상관관계를 보이고 있었으며 측두근보다는 교근에서, 최대값보다는 평균값에서 더 높은 상관관계를 보였다. 좌측 측두근을 우측 측두근과 비교한 것을 제외하고는 좌측보다는 우측에서 비선호측보다는 선호측에서 높은 값을 보였다 ($p < 0.05$).

2. 음식물의 응집성, 탄력성, 부착성 등에 따른 저작 양태 및 저작근의 근전도 변화

음식물의 응집성은 저작 양태 및 근전도 변화와 통계적으로 유의한 관계를 나타내지 않

Table 3-1. Chewing number and chewing time by food hardness

| | Chewing number (No.) | | Chewing time (sec) | |
|--------------|----------------------|-------|--------------------|------|
| | Mean | S.D. | Mean | S.D. |
| Egg white | 18.80 | 7.62 | 11.31 | 3.87 |
| Sausage | 24.72 | 7.12 | 14.94 | 4.21 |
| Pizza cheese | 28.86 | 10.26 | 17.25 | 5.71 |
| Yang-geng | 22.47 | 4.66 | 15.08 | 3.85 |
| Biscuit | 26.56 | 7.54 | 16.75 | 4.52 |
| Peanut | 20.36 | 5.74 | 12.53 | 3.81 |
| Almond | 18.39 | 5.41 | 11.50 | 3.26 |

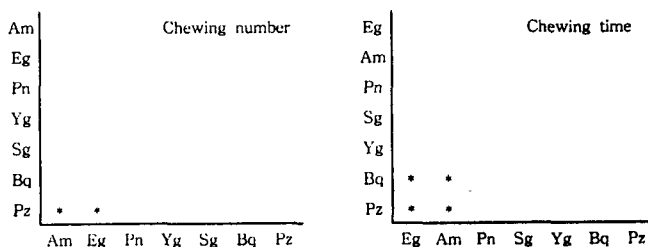


Fig. 7-1. Statistical analysis with Sheffe's multiple range test (* : $p < 0.05$).

Eg; Egg white, Sg; Sausage, Pz; Pizza cheese,
Yg; Yang-geng, Bq; biscuit, Pn; Peanut, Am; Almond

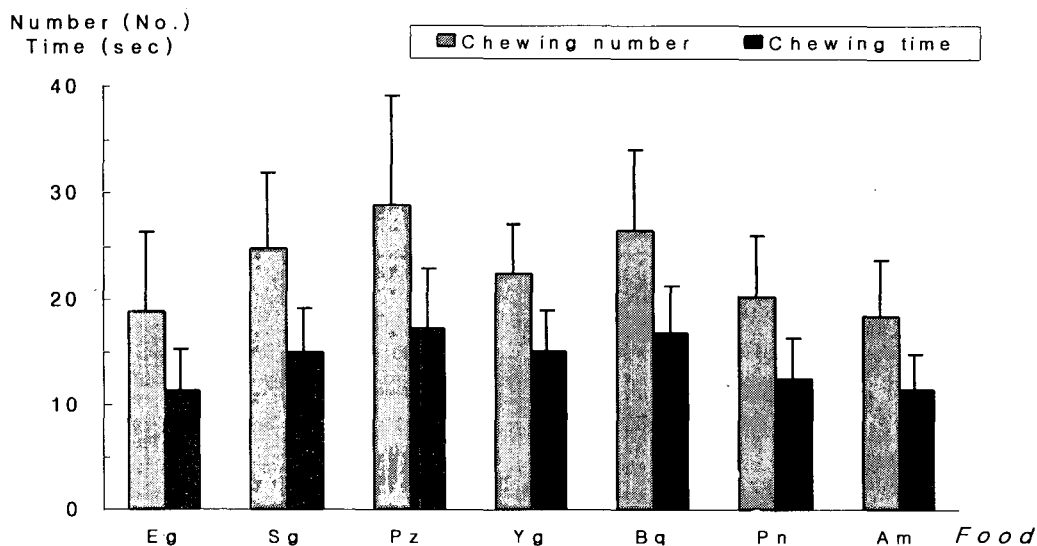


Fig. 7-2. Chewing number and chewing time by food hardness.

Eg; Egg white, Sg; Sausage, Pz; Pizza cheese,
Yg; Yang-geng, Bq; biscuit, Pn; Peanut, Am; Almond

Table 3-2. Mandibular displacement by food hardness

| | Maximum opening (mm) | | Average opening (mm) | |
|--------------|----------------------|------|----------------------|------|
| | Mean | S.D. | Mean | S.D. |
| Egg white | 19.71 | 4.29 | 16.27 | 3.01 |
| Sausage | 22.38 | 4.61 | 16.54 | 2.61 |
| Pizza cheese | 21.48 | 4.23 | 16.28 | 3.27 |
| Yang-geng | 22.21 | 3.96 | 17.38 | 3.46 |
| Biscuit | 21.82 | 4.07 | 17.41 | 2.61 |
| Peanut | 18.53 | 3.55 | 14.86 | 2.54 |
| Almond | 18.76 | 4.51 | 15.58 | 3.52 |

No two groups are significantly different at the 0.05 level.

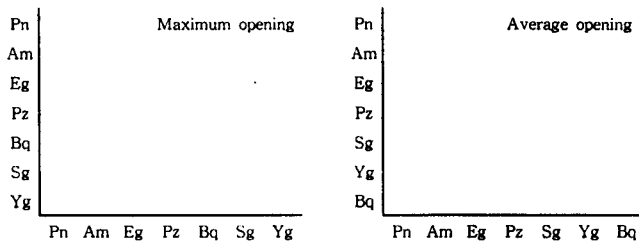


Fig. 7-3. Statistical analysis with Sheffe's multiple range test (* : $p < 0.05$).

Eg; Egg white, Sg; Sausage, Pz; Pizza cheese,
Yg; Yang-geng, Bq; biscuit, Pn; Peanut, Am; Almond

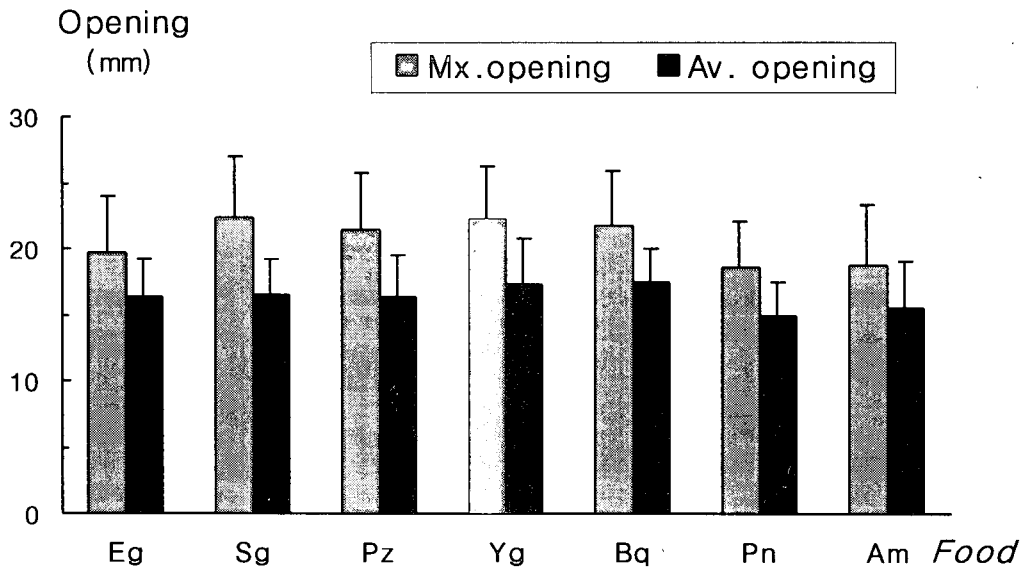


Fig. 7-4. Mandibular displacement by food hardness.

Eg; Egg white, Sg; Sausage, Pz; Pizza cheese,
Yg; Yang-geng, Bq; biscuit, Pn; Peanut, Am; Almond

Table 3-3. Mandibular movement velocity by food hardness

| | Average closing velocity(mm/sec) | | Average opening velocity(mm/sec) | |
|--------------|----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|
| | Mean | S.D. | Mean | S.D. |
| Egg white | 98.52 | 22.82 | 131.58 | 22.24 |
| Sausage | 102.45 | 22.42 | 134.24 | 20.37 |
| Pizza cheese | 105.44 | 24.28 | 132.12 | 20.78 |
| Yang-geng | 97.13 | 25.61 | 118.73 | 21.34 |
| Biscuit | 103.53 | 28.69 | 140.22 | 21.88 |
| Peanut | 104.44 | 31.67 | 136.21 | 28.29 |
| Almond | 98.90 | 32.05 | 127.44 | 28.58 |

No two groups are significantly different at the 0.05 level.

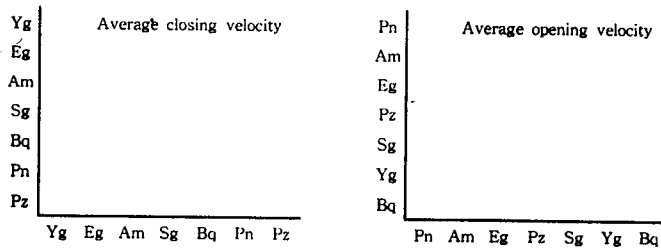


Fig. 7-5. Statistical analysis with Sheffe's multiple range test (*: $p < 0.05$).

Eg; Egg white, Sg; Sausage, Pz; Pizza cheese,
Yg; Yang-geng, Bq; biscuit, Pn; Peanut, Am; Almond

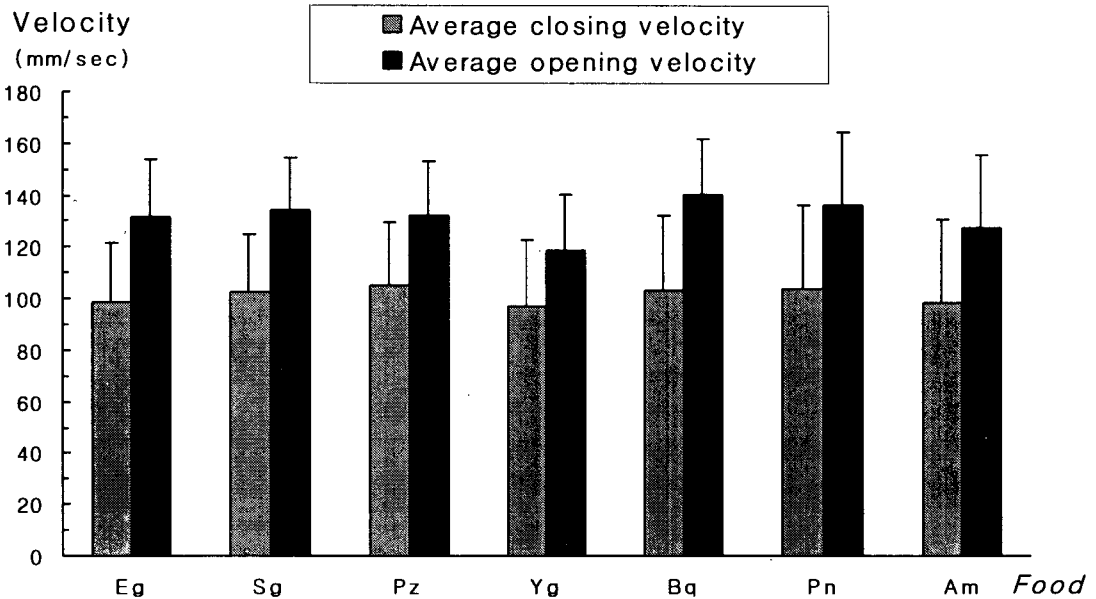


Fig. 7-6. Mandibular movement velocity by food hardness.

Eg; Egg white, Sg; Sausage, Pz; Pizza cheese,
Yg; Yang-geng, Bq; biscuit, Pn; Peanut, Am; Almond

Table 3-4. Right and left anterior temporal muscle EMG by food hardness

| | MXLTM(mV) | | AVLTM (mV) | | MXRTM(mV) | | AVRTM(mV) | |
|--------------|-----------|--------|------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| | Mean | S.D. | Mean | S.D. | Mean | S.D. | Mean | S.D. |
| Egg white | 162.72 | 41.81 | 129.04 | 29.63 | 147.37 | 58.15 | 107.01 | 37.50 |
| Sausage | 182.51 | 53.22 | 139.92 | 38.00 | 164.05 | 72.35 | 120.35 | 62.51 |
| Pizza cheese | 188.40 | 78.85 | 145.85 | 47.13 | 172.65 | 82.59 | 123.16 | 63.60 |
| Yang-geng | 185.77 | 61.20 | 149.92 | 44.58 | 173.00 | 70.50 | 130.49 | 55.62 |
| Biscuit | 236.15 | 105.81 | 177.30 | 70.53 | 221.88 | 81.14 | 158.68 | 54.19 |
| Peanut | 248.98 | 95.88 | 182.24 | 59.57 | 236.91 | 90.74 | 164.75 | 61.29 |
| Almond | 243.58 | 93.38 | 187.68 | 70.70 | 225.77 | 75.83 | 167.37 | 68.22 |

MXLTM; Maximum left temporal muscle EMG, MXRTM; Maximum right temporal m. EMG, AVLTM; Average left temporal muscle EMG, AVRTM; Average right temporal m. EMG.

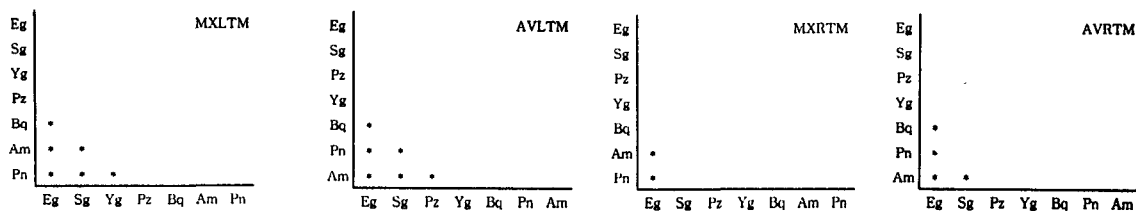


Fig. 7-7. Statistical analysis with Sheffe's multiple range test (*: $p < 0.05$).

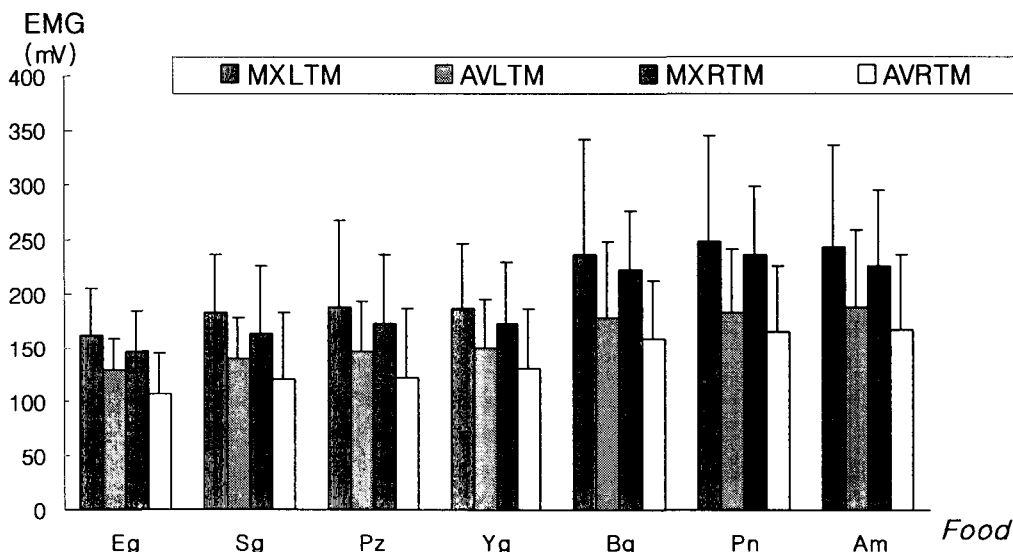


Fig. 7-8. Anterior temporal muscle EMG by food hardness.

Eg; Egg white, Sg; Sausage, Pz; Pizza cheese, Yg; Yang-geng, Bq; biscuit, Pn; Peanut, Am; Almond
 MXLTM; Maximum left temporal muscle EMG,
 AVLTM; Average left temporal muscle EMG,
 MXRTM; Maximum right temporal muscle EMG,
 AVRTM; Average right temporal muscle EMG.

Table 3-5. Right and left masseter muscle EMG by food hardness

| | MXLTM(mV) | | AVLTM (mV) | | MXRTM(mV) | | AVRTM(mV) | |
|--------------|-----------|--------|------------|-------|-----------|--------|-----------|--------|
| | Mean | S.D. | Mean | S.D. | Mean | S.D. | Mean | S.D. |
| Egg white | 164.62 | 64.27 | 116.01 | 41.05 | 167.48 | 45.17 | 120.15 | 28.02 |
| Sausage | 183.33 | 89.97 | 131.78 | 61.59 | 193.05 | 80.10 | 129.62 | 41.13 |
| Pizza cheese | 182.62 | 69.92 | 129.07 | 53.12 | 215.46 | 83.20 | 139.58 | 52.02 |
| Yang-geng | 204.54 | 97.10 | 138.90 | 70.63 | 206.21 | 87.37 | 145.01 | 58.05 |
| Biscuit | 314.48 | 155.33 | 202.91 | 86.15 | 311.58 | 136.95 | 209.09 | 80.60 |
| Peanut | 287.71 | 126.22 | 187.80 | 77.75 | 313.95 | 132.22 | 214.13 | 103.62 |
| Almond | 301.52 | 134.11 | 187.33 | 67.35 | 314.67 | 112.71 | 209.13 | 72.16 |

MXLMM; Maximum left masseter muscle EMG, MXRMM; Maximum right masseter m. EMG,
 AVLMM; Average left masseter muscle EMG, AVRMM; Average right masseter m. EMG.

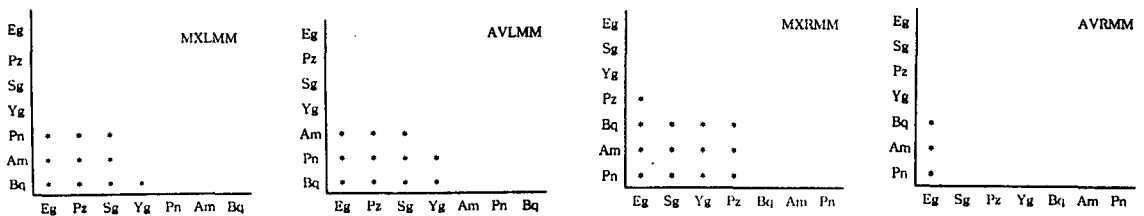


Fig. 7-9. Statistical analysis with Sheffe's multiple range test (*: $p < 0.05$).

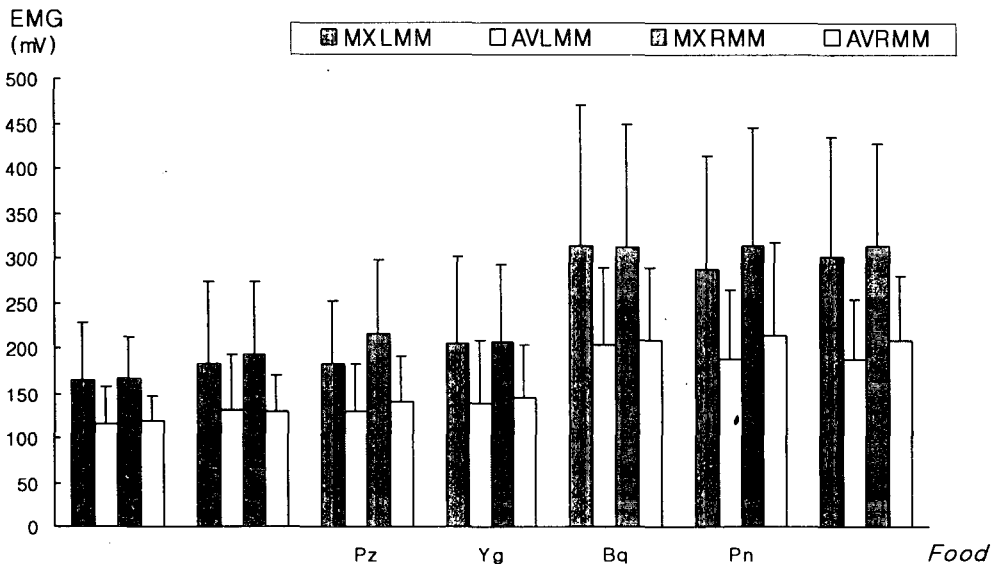


Fig. 7-10. Right & left masseter muscle EMG by food hardness.

Eg; Egg white, Sg; Sausage, Pz; Pizza cheese,
 Yg; Yang-geng, Bq; biscuit, Pn; Peanut, Am; Almond
 MXLMM; Maximum left masseter muscle EMG,
 AVLMM; Average left masseter muscle EMG,
 MXRMM; Maximum right masseter muscle EMG,
 AVRMM; Average right masseter muscle EMG.

Table 3-6. Preferred side and non-preferred side anterior temporal muscle EMG

| | MXLTM(mV) | | AVLTM (mV) | | MXRTM(mV) | | AVRTM(mV) | |
|--------------|-----------|-------|------------|-------|-----------|--------|-----------|-------|
| | Mean | S.D. | Mean | S.D. | Mean | S.D. | Mean | S.D. |
| Egg white | 143.26 | 40.60 | 109.44 | 30.11 | 167.16 | 61.69 | 126.61 | 38.46 |
| Sausage | 159.13 | 44.17 | 117.04 | 36.25 | 187.43 | 76.63 | 143.29 | 62.21 |
| Pizza cheese | 164.55 | 53.81 | 118.99 | 29.99 | 196.46 | 98.67 | 150.01 | 71.62 |
| Yang-geng | 169.33 | 54.85 | 128.79 | 41.31 | 192.22 | 75.66 | 151.60 | 57.45 |
| Biscuit | 212.70 | 58.42 | 153.91 | 35.43 | 245.31 | 117.96 | 182.32 | 79.99 |
| Peanut | 231.50 | 63.87 | 163.40 | 43.98 | 254.67 | 114.63 | 183.56 | 72.91 |
| Almond | 225.16 | 62.63 | 168.84 | 54.34 | 245.22 | 102.96 | 186.18 | 82.21 |

MXPTM; Maximum preferred side temporal muscle EMG,
 AVPTM; Average preferred side temporal muscle EMG,
 MXNTM; Maximum non-preferred side temporal muscle EMG,
 AVNTM; Average non-preferred side temporal muscle EMG.

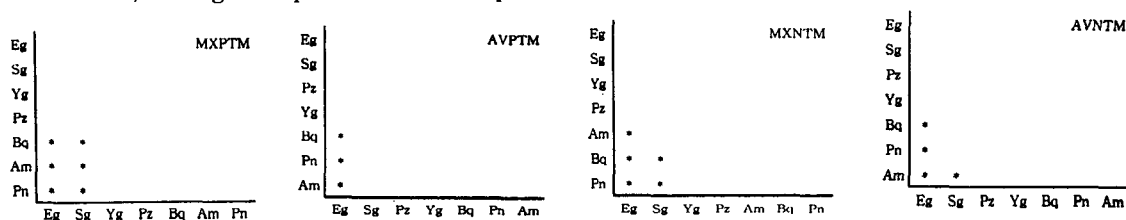


Fig. 7-11. Statistical analysis with Sheffe's multiple range test (*: $p < 0.05$).

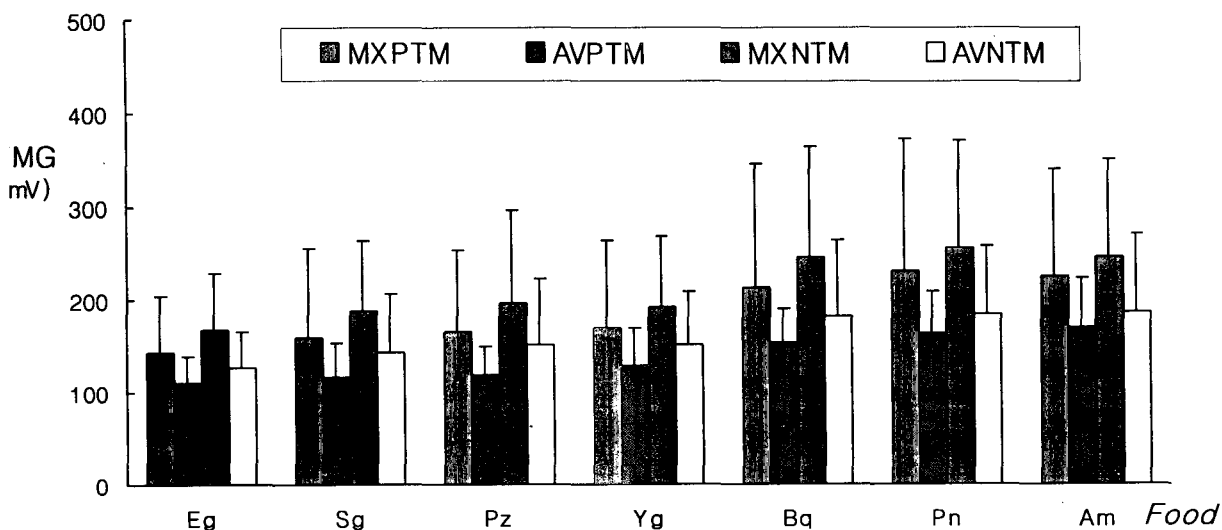


Fig. 7-12. Preferred side & non-preferred side anterior temporal muscle EMG by food hardness.

Eg; Egg white, Sg; Sausage, Pz; Pizza cheese,
 Yg; Yang-geng, Bq; biscuit, Pn; Peanut, Am; Almond
 MXPTM; Maximum preferred side temporal muscle EMG,
 AVPTM; Average preferred side temporal muscle EMG,
 MXNTM; Maximum non-preferred side temporal muscle EMG,
 AVNTM; Average non-preferred side temporal muscle EMG.

Table 3-7. Preferred side and non-preferred side masseter muscle EMG

| | MXLTM(mV) | | AVLTM (mV) | | MXRTM(mV) | | AVRTM(mV) | |
|--------------|-----------|--------|------------|-------|-----------|--------|-----------|-------|
| | Mean | S.D. | Mean | S.D. | Mean | S.D. | Mean | S.D. |
| Egg white | 188.23 | 60.97 | 129.29 | 39.33 | 149.03 | 42.86 | 106.87 | 25.82 |
| Sausage | 215.82 | 95.39 | 146.75 | 60.39 | 161.97 | 61.79 | 114.37 | 35.09 |
| Pizza cheese | 228.44 | 88.82 | 153.75 | 62.79 | 158.51 | 45.34 | 114.90 | 29.08 |
| Yang-geng | 236.37 | 94.94 | 162.40 | 73.70 | 176.99 | 74.94 | 124.50 | 42.14 |
| Biscuit | 362.56 | 132.12 | 237.27 | 86.87 | 269.07 | 134.12 | 174.75 | 65.71 |
| Peanut | 348.85 | 140.47 | 228.02 | 86.57 | 250.84 | 94.65 | 165.30 | 55.49 |
| Almond | 346.30 | 113.67 | 221.88 | 67.87 | 266.66 | 116.37 | 174.59 | 64.84 |

MXPMM; Maximum preferred side masseter muscle EMG,

AVPMM; Average preferred side masseter muscle EMG,

MXNMM; Maximum non-preferred side masseter muscle EMG,

AVNMM; Average non-preferred side masseter muscle EMG

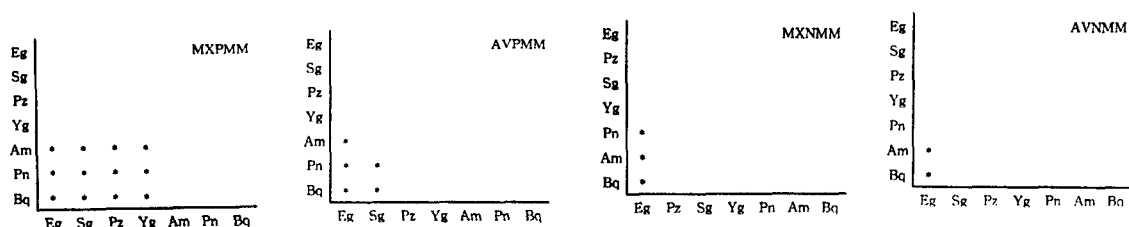


Fig. 7-13. Statistical analysis with Sheffe's multiple range test (* : $p < 0.05$).

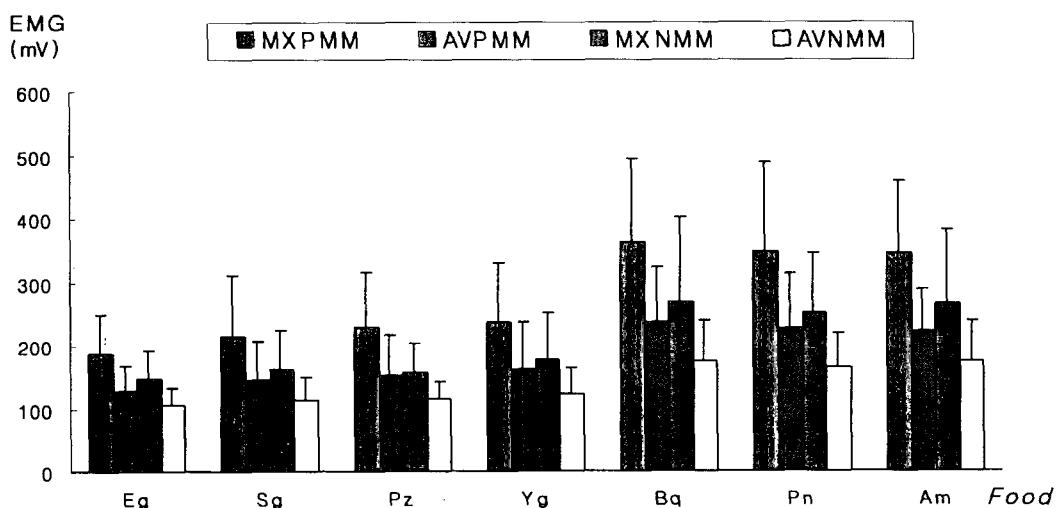


Fig. 7-14. Preferred side & non-preferred side masseter muscle EMG by food hardness.

Eg; Egg white, Sg; Sausage, Pz; Pizza cheese,

Yg; Yang-geng, Bq; biscuit, Pn; Peanut, Am; Almond

MXPMM; Maximum preferred side masseter muscle EMG,

AVPMM; Average preferred side masseter muscle EMG,

MXNMM; Maximum non-preferred side masseter muscle EMG,

AVNMM; Average non-preferred side masseter muscle EMG

왔다. 응집성의 순서는 연양갱, 찢자 치즈, 소시지, 계란 흰자, 건빵 순이었으나 저작 시간 및 저작 횟수는 찢자 치즈와 건빵 군에서 크게 나타났으며 하악골의 변위나 속도는 어떠한 경향도 나타내지 않았다. 저작근의 근전도를 좌우측 전측두근, 좌우측 교근, 선호측 전측두근, 선호측 교근 등에서 비교한 결과 계란 흰자, 찢자 치즈, 소시지, 연양갱, 건빵 등의 순으로 나타나 응집성, 부착성 등의 물성보다는 경도에 의한 영향을 더 크게 받는 것으로 생각되었다.

음식물의 부착성의 차이에 따른 저작 양태 및 저작근의 근전도를 분석한 결과 95%의 유의 수준에서 어떤 군간에도 통계적인 차이를 보이지 않았다. 회귀분석 결과에서도 응집성이나 부착성과는 어떠한 지표도 통계적으로 유의한 상관관계를 나타내지 않았다.

IV. 총괄 및 고안

음식을 저작하는 것은 구강의 가장 기본적인 중요한 기능이지만 저작 활동에 관한 연구는 신체의 다른 근육에 관한 연구가 활발해 지던 1950년대 이후 전성기를 맞았으나 최근 들어 저작활동에 대한 관심의 폭이 좁아지고 있는 것이 사실이다. 이는 저작만이 위장관의 소화활동에 영향을 미칠 것이라는 가정 하에 최대한의 저작력을 발휘하는 것을 목표로 했던 선현들의 연구가 영양학적 보고로 부정되면서 부터 저작에 관한 연구의 중요성이 무시되어 왔고 또 저작 기능 실험을 통한 연구 결과가 매우 큰 개인간의 차이를 나타내거나 복합적인 연구 결과를 제대로 해석하지 못했기 때문일 수 있다.¹⁾

저작에 대한 연구는 인간의 신체에 관한 연구의 필수적인 한 부분이기도 하지만 치과 분야에서는 치료의 결과에 대한 성공을 평가하는 주요한 지표가 되기 때문에 저작 실험을 통해 수복물의 결과를 분석할 수도 있고 측두 하악 장애 환자 치료의 성공 여부를 판단하는 기준이 될 수도 있다.^{102, 103, 104)} 의치 장착 환자의 저작 기능을 비교한 많은 연구에서 의치 환자의 구강 기능이 상실되었음이 밝혀졌다.^{53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60,}

¹⁰⁵⁾ 김등¹⁰⁰⁾은 한국인의 저작 기능 운동을 분석한 결과 정상인에 비해 모든 보철 장착군은 20% 정도의 저작기능이 저하된다는 결과를 발표하였다. 골유착성 임플란트로 수복하여 누년 연구 및 대량 집단 연구를 통해 조사한 결과 임플란트 보철물의 안정성 및 향상된 저작효율에 대해 긍정적인 평가를 내리고 있다. 저작력의 증가와 자연 치열과 거의 유사한 저작 능력 및 저작 시간과 저작 횟수의 감소 등 의치보다 안정적인 구강 기능을 유지한다는 연구 결과도 있다.^{61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68)} 교합 축지력은 자연치에 비해 2-3배 크나 총의치 환자에 비해서는 1/2로 감소한다고 하였다.^{69, 70, 71)} 이상과 같은 연구를 통해 새로운 보철물이나 다른 구강내 환경 변화에 의해 개인에게 내재한 하악 운동 및 저작, 반사 등의 확립된 기존 양태가 변화한다는 사실을 알 수 있다.

하악 운동이나 저작에 관한 연구는 치의학 제반 학문의 기초적인 근거로 사용된다. 그러나 저작 기능을 평가하는 것 자체가 매우 다중적인 면을 가지고 있기 때문에 그 결과를 분석하고 해석하는 것은 상당한 어려움을 포함하고 있다. 그러므로 저작 기능 중의 다양한 지수들을 측정하고 평가하여 저작 기능에 대해 임상적으로 평가하는 것이 가장 일반적인 방법이다.

저작 양태를 연구한 논문을 살펴보면, Jemt 등⁶⁴⁾은 총의치를 장착하고 있다가 임플란트로 지지되는 오버덴취를 장착한 환자에서의 저작시 하악 운동 양태를 비교하였는데 장착 후 저작 횟수가 감소하고 속도가 증가하는 등 기능의 향상을 보인다고 하였고 Haraldson⁶³⁾은 골유착성 임플란트로 지지되는 고정성 보철물을 가진 군과 자연치열군의 저작을 비교하여 저작시간이 더욱 길다고 하였다. 저작 시간이 상대적으로 긴 것은 저작근이 충분한 기능을 발휘하지 못하거나 저작력이 감소하였음을 뜻하며 본 실험에서 식품의 경도가 높을수록 저작 시간이 길 것으로 예상하였으나 저작 시간은 대부분의 음식에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

근전도 기록은 근육 운동 단위의 활동 전위를 기록하는 것으로 전체 근육의 활성도를 판별

하기 위해 사용된다. 저작 중의 저작근은 짧은 시간 동안 격렬하고 상호적인 수축을 반복하게 된다. EMG 값은 보철물의 종류에 따라서도 다르다.^{28,72)} EMG 값의 반복성을 실험한 연구에서 술자의 미숙한 조작이 예상되는 초기에만 통계적으로 유의한 차이가 발견될 뿐 다른 요인들은 별다른 영향을 주지 않아서 임상 및 연구에 신뢰성 있는 측정인자가 됨을 알 수 있었다.⁷³⁾ 개구량은 EMG 값에 영향을 주는데 구치부 9~11mm, 전치부 15~20mm 범위에서는 개구 자체에 의한 영향은 거의 없으므로 이 정도의 개구 범위가 저작 실험에 적당하므로 실험식품의 크기를 선택할 때 높이가 이 범위 이상이 되지 않도록 엄격히 크기를 제한하였다.

식품 공학과 치의학은 밀접한 관련을 가지고 있다. 치아 및 구강 조직이 궁극적으로 음식을 저작하고 분쇄하는 목적을 가지고 있기 때문에 치의학 연구자들은 식품과 관련된 지식들을 잘 알아야만 한다. 식품의 물성 혹은 단단한 정도를 지칭하는 용어가 통일되지 않아 의사소통에 어려움이 있었으나 식품의 물성학이 식품 공학의 한 분과로 자리잡은 후부터는 경도, 부착성, 응집성 등의 성질에 대한 활발한 연구가 이루어지고 있다. 미국식품학회에서 조사한 바에 의하면 저작의 초기에 경도, 파쇄도, 응집성 등이 관여하고 고무성, 저작성, 부착성 등이 저작 중에 관여하며 저작 후의 잔여 성질로 파쇄 속도, 파쇄 양상, 수분 흡수 등을 연구할 수 있다고 한다.⁷⁴⁾

음식의 종류, 부피 혹은 개수, 음식의 크기 등은 저작 과정에 영향을 준다. Horio 등²⁹⁾은 부드러운 음식은 단단하거나 질긴 음식에 비해 짧은 저작 시간을 가지며 낮은 교근의 근전도를 나타낸다고 하였다. Takada 등⁷⁵⁾은 경도가 높은 음식을 저작할 때 폐구 속도가 늦어지며 후측두근에서도 높은 근전도가 오래 지속된다고 하였다. Hiimae 등⁷⁶⁾은 저작 횟수도 경도에 따라 다르다고 하였으나 반대로 Gibbs 등⁴⁹⁾은 저작 횟수는 음식의 경도와는 관련이 없다고 하였으며 저작력 특히 초기 저작력이 음식의 경도와 관련이 있다고 하였다.⁷⁷⁾ 반면 Yurkstas 등¹⁾은 단단한 음식을 저작할 때 저작력이 유의할 만큼 증가하지 않는다고 하였다. 이처럼 상반

되는 결과가 나오는 것은 실험 과정이 각각 다르기 때문이기도 하지만 사용하는 용어가 표준화되지 않았고 실험한 음식을 단단한 음식과 부드러운 음식으로만 나누어 경험에 근거하여 시행하였으며 정량적인 경도 측정은 이루어지지 않았기 때문이다.

저작 실험은 기록하는 환경의 영향에 따라 변화가 크므로 반드시 반복실험을 해야 한다. 본 연구에서는 2회씩의 반복 실험을 행하였고 이를 비교한 결과 1회와 2회에서 대부분의 측정 지표가 차이를 나타내지 않았으며 이것은 저작이 CPG에 의해 발생하는 고유한 리듬으로 행해지며 각 개인에 내재한 저작 성질임을 보여주는 것이다.

본 논문에서는 사용한 시험식품의 크기를 엄격하게 조절하였고 균질성을 가진 일반 음식을 선택하였으며 관능 검사와 물성 실험을 통해 선택한 시험식품만을 사용하였다. 또한 음식물의 물성이 저작 과정에 미치는 영향을 이전의 논문처럼 정성적인 분석에만 그치지 않기 위하여 보다 정량적인 분석을 시행하였다. 저작시 음식물의 경도가 강할수록 근피로도도 증가할 것으로 생각되지만 근피로도는 매우 딱딱한 음식을 30분 이상 강하게 저작하는 정도가 되어야 조사가 가능하였으므로 인위적으로 유도한 근피로의 영향이 음식물의 물성보다 더 큰 영향을 미칠 가능성이 있다.⁷⁸⁾ 본 실험에서 음식물의 물성 차이에 의한 저작근의 근 피로도를 측정하려 하였으나 일반적인 음식을 저작하여 연하하는 시간이 30초 내외이므로 저작근의 근피로는 측정되지 않아 측정할 수 있는 지표에서 제외하였다.

실험 결과 저작 시간 및 저작 횟수는 음식물의 경도와는 관련이 없으며 크기 조절이 어려운 두 가지 형태의 음식 즉, 계란 흰자와 아몬드와 저작 시간 가장 짧았던 것은 부피를 일정하게 조절할지라도 사용한 음식의 크기가 저작 시간이나 저작 횟수에 영향을 크게 미침을 나타낸다. 선현들의 연구는 본 논문과 일치하는 경우도 있고 때로는 저작 시간이 달라진다는 보고도 있는데 이는 주로 개구 시기와 연관되어 있으며 저작 중이나 폐구 시기에는 관련이 없

었다고 한다.^{79, 80, 81)}

또한 Table 3-2와 Fig. 7-4와 같이 음식물의 경도에 따른 하악골의 변위량을 비교한 결과도 대체적으로 시간 변수와 비슷한 결과를 보여 이 또한 음식물의 크기에 따른 영향을 가장 크게 받는 것으로 사료된다. 핏자 치즈는 저작 시간 및 변위량이 가장 크게 나타나 일정 시간의 저작 훈련을 거쳤음에도 한국인의 저작에 익숙하지 않은 음식에 대해 다른 음식보다 회피반사를 크게 하는 것이라고 추정된다. 그러므로 추후의 실험에서 이 시험식품은 다른 음식으로 대체하여야 더 정확한 결과를 유도할 수 있으리라 생각된다.

Takada 등⁷⁵⁾의 연구와는 달리 본 실험에서는 음식물의 경도에 따라 하악골의 운동 속도는 통계적으로 유의할만한 차이를 나타내지 않았다. 폐구속도와 개구속도 모두 연양경에서 가장 작았고 핏자 치즈, 건빵, 땅콩 등에서 컷기 때문에 음식물의 부착성이 하악골의 운동 속도에 영향을 미친다고 추정해 볼 수 있으나 본 논문은 경도에 보다 중점을 두어 부착성이 일정한 차이를 가지는 음식을 선택하지 않았기 때문에 이 부분에 대한 앞으로의 연구가 요망된다.

좌, 우측 전측두근 및 교근의 근전도는 저작력에 대한 간접적인 지표가 될 수 있다는 것을 앞에서 살펴보았다. 근전도 값은 Fig. 7-8, 7-10과 같이 경도에 따라 증가하는 경향을 보였는데 이는 교근에서 더욱 뚜렷했으며 근전도 측정시 가장 큰 변수가 되는 개인간의 차이를 배제하고 난괴법으로 분석하였을 때 경도에 따라 비례적으로 근전도 값이 증가하는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 선현들의 많은 연구와 일치하였으며 저작력과 저작 운동이 음식의 물성 특히 경도에 강하게 영향을 받는다는 것을 의미한다.^{75, 76, 77)} 이것은 뇌간에 있는 CPG의 활동을 저작시의 감각 피드백이 간접적으로 변화시키기 때문이라는 가설로 설명할 수 있다.

등척성 수축시 교합력과 EMG 사이에는 80% 정도의 힘까지는 근전도가 선형적인 비례 관계를 가지지만 등장성 수축시에는 속도와 범위가 조절된 상태에서 이런 경향이 존재한다.

⁸²⁾ 본 연구에서는 식품의 크기를 제한하여 개

구량이 거의 일정하였음에도 불구하고 식품의 경도가 증가함에 따라 저작근의 EMG는 상승하는 경향을 보였지만 상승폭이 경도에 따라 비례하지는 않았는데 이는 저작 과정이 연속적으로 변하는 상황에서 다양한 저작근의 등척성 및 등장성 상호 수축의 반복이기 때문에 EMG 곡선이 저작력을 그대로 반영하지 않기 때문이다.

또한 EMG 값을 유의성있게 조절하려면 머리와 몸의 자세, 피부의 저항성, 기온 및 습도, 근 피로도, 감정적인 요인, 안구 조절 근육의 활성화, 전극의 위치 및 부착술 등의 요인이 일정해야 한다.^{83, 84)} 이러한 전제하에 이번 실험에서는 상체를 초과용 의자에 편안하게 앉혔지만 머리도 지지할 경우 정확한 저작 활동을 반영하지 않으므로 머리는 전방 응시하게 하였다. 피부의 저항성을 감소시키기 위해 알코올을 도포하였으며 기온과 습도 조절을 위해 습기 제거기를 설치한 방에서만 기록하였다. 근육의 피로는 30초 정도면 회복되므로 각 시도마다 일정 시간의 회복시간을 가졌으며 한 명의 검사자가 모든 전극을 위치시키고 부착하였으므로 일정한 요건을 충족시켰다고 할 수 있다.

습관적인 저작축에 관해 Posselt⁸⁵⁾는 2/3의 사람이 양쪽을 교대로 사용하며 10%가 동시에 사용하고 12%가 편측 저작한다고 발표하였으며 측두 하악 관절 장애를 가진 환자에서는 양쪽이 대칭적이지 않다는 결과도 있다.⁸⁶⁾ 또, Christensen 등⁸⁷⁾은 비록 좌, 우 양측의 저작력이 같을지라도 운동 단위의 활동 양상은 다르며 다른 속도로 동원되고 다른 시간에 그 활동을 멈춘다고 하였다. 본 실험의 피검자도 대부분이 좌우측을 교대로 사용하는 군이었으나 대부분(15명)이 우측을 선호하여 저작하였다. 실험결과 측두근의 경우는 왼쪽이 더 강한 근전도를 나타내었고 교근의 경우는 오른쪽이 더 강한 근전도를 보였는데 이는 실험군의 선호 저작축과 관련이 있다고 할 수 있다.

좌, 우측으로 구분하지 않고 선호축과 비선호축으로 분석한 결과가 Fig. 7-12와 7-14에 있다. 전측두근과 교근의 근전도가 모두 음식

물의 경도에 따라 증가하지만 그 경향은 전측 두근에서 더욱 뚜렷하며 그 값은 교근에서 더욱 컸다. 우측과 좌측으로 구분하였을 때는 좌, 우의 차이가 확연하지 않았으나 전측두근에서는 좌측의 활성도가 크고 교근에서는 우측의 활성도가 컸다. 이는 대부분 피검자의 선호측이 우측이기 때문이다.

선호측과 비선호측으로 구분할 때 교근의 활성도는 양쪽의 차이가 더욱 큰 것을 알 수 있었다. 선현들의 연구 결과를 보면 작업측의 측두근 및 교근이 저작 중 더욱 강하게 수축하며 양쪽에서 교근의 차이가 측두근의 차이보다 크다고 하였다.⁸⁰⁾ 측두근은 자세유지근으로 저작시 일정한 활동을 보이는 반면 교근은 저작을 직접적으로 담당하는 근육으로 시험식품의 경도 변화에 측두근보다 민감하였다. 이러한 차이는 근육을 피게하는 연조직의 후경 및 섬유의 구성과 관련 있다. 늦게 작용하는 type I 섬유가 우세한 교근보다는 type I 과 빠르게 작용하는 type II가 같은 비율로 존재하는 전측두근에서 더욱 다양한 결과를 나타낸다.⁸³⁾ 또한, 교근의 EMG는 측정일에 따라 변하지 않고 일정한 반면 측두근은 더욱 다양한 결과를 나타내는데 그 이유는 측두근이 자세 유지근이기 때문에 일상적인 변화에 대해 매우 민감하기 때문이다.^{86, 106)} 본 연구에서도 전측두근의 활성도는 교근에 비하여 예측성이 적었으며 이는 전술한 수축 섬유의 혼합 조성에서도 기인하지만 전측두근의 위치가 두피와 근접해 있어 표면 전극 부착이 어려운 방법적 한계에서도 발생한다고 사료된다. 이러한 분석으로 교근의 활성도는 음식물의 경도에 따라 신뢰할만한 수준으로 변화하며 교근의 활성도를 측정하는 것은 저작력의 간접 평가 지표로 사용할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

교근과 전측두근의 활성도의 차이는 다양한 수축 및 회복시 혈류량의 차이로 설명이 가능하다. Moller 등⁸⁴⁾은 최대 수의적 등척성 수축의 50 % 수준에서 전측두근은 교근보다 혈류량이 많은 경향을 보였으며 수축 후 국소적 총혈상태가 낮은 경향이 있다고 보고하였다. 즉, 전측두근은 교근보다 활동으로 인한 피로에서

빠르게 회복이 됨을 뜻하므로 활성도를 기록한 EMG 값이 교근보다 낮은 것으로 생각된다. 근육간에 차이를 보이는 또 다른 기전으로는 피부 표면과 근섬유와의 근접도간의 차이 때문인데 이는 결체조직과 지방이 여과체로 작용하기 때문이라고 한다.⁷⁷⁾ 또, 교근의 EMG는 교근이 심층부의 큰 분지부와 표층부의 작은 분지부로 나뉘어 있어 피부 표면에 가까운 표층부의 활동과 심층부의 활동이 복합적으로 반영되어 나타나는 것으로 생각된다.

본 실험의 결과 음식물의 경도 차이와 저작근의 근전도는 중등도의 상관 관계를 가지는 결과를 보였으나 Mioche 등⁸⁹⁾에 의하면 이는 음식물의 다른 물성에 따라 달라진다. 파절이 잘되는 음식과 가소성이 있는 음식에서 저작력은 경도와 매우 높은 상관 관계($\gamma > 0.96$)를 가지고 있으나 탄력성이 있는 음식은 이러한 경향을 나타내지 않고 일정한 저작력을 나타내고 있어 탄력성이 있는 음식의 저작으로 인한 음식의 변형이 경도를 인지한 감각 정보를 변화시킨다고 하였다. 본 실험에서 채택한 음식은 탄력성이 0.0020에서 0.0042로 비교적 일정하였으나 경도가 낮은 음식이 주로 탄력성이 높고 경도가 높은 음식에서 탄력성이 낮아 시험식품의 탄력성이 실험 결과에 영향을 주었을 것으로 생각할 수 있다.

수분의 영향을 조사한 연하 실험에서 타액 분비가 정상적인 조건일 때 저작 능률이 가장 높고 건조하거나 과다한 타액이 분출되는 조건에서는 저작 능률이 감소한다는 연구결과가 있다.³⁹⁾ 본 실험에서 채택한 음식 중 건빵의 경우는 저작시 파쇄에 따라 많은 수분을 함유하면서 저작 시간과 저작 횟수가 다른 음식에 비해 길어 시험식품의 연하시 필요 함수량이나 타액분비가 저작 시간이나 저작 횟수에 영향을 준 것으로 사료된다.

또 선택한 시험식품에 포함된 당분과 지방의 양도 저작 시간에 영향을 줄 수 있는데 Brudevold⁹⁰⁾는 당분과 지방 포함량이 많아질수록 타액 분비가 증가하며 저작 시간이 감소한다는 결과를 발표한 바 있다.⁹¹⁾ 즉, 시험식품의 맛이나 타액 분비 유도량과 같은 미각적 자극에 의해

서도 저작 시간이 영향을 받는다는 것을 의미한다. 찢자 치즈의 경우 지방 포함량은 많으나 당분 포함량이 적어 저작 시간이 길었던 것으로 생각된다.

본 실험에서는 저작 시간을 저작을 시작할 때부터 첫 번째 연하 작용 직전까지로 제한하였는데 다른 실험에서는 연하시의 정지 상태를 포함한 경우가 많았다.²⁹⁾ 실제적인 저작 과정에서 저작시 최대 수축력이 나타나는 시간을 분석해보면 대부분의 경우 작업측 전측두근의 활동이 선행하고 (평균 2.3초) 교근의 활동이 뒤따름(평균 5.7초)을 보인다. 또 연하시에 설골이 이동하면서 최대 수축력과 비슷하거나 혹은 더 강한 근전기적 신호를 관찰할 수 있기 때문에 본 실험과 같이 연하를 준비하는 시기도 수축력의 기록에 이용하지 않아야 할 것으로 생각된다.

이 실험에 사용한 시험식품은 초기의 경도와 물성 및 크기를 유지하지 않고 지속적인 형태 변화와 물성 변화를 일으키는 자연식품이기 때문에 복합적인 요인을 제거하지 않은 한계가 있다고 판단된다. 인공적으로 제작한 optocal, optosil 등을 사용하거나 껌을 경도를 달리하여 실험한 Plesh 등⁷⁹⁾의 논문처럼 형태와 물성 변화를 최소화하는 다른 실험적 기제가 요망된다고 할 것이다.^{92, 93)}

이상과 같은 실험에서 음식물의 경도가 저작근의 근전도 특히 교근의 근전도와 관련이 있음을 살펴보았는데 이러한 교근의 활성도 향상을 근신경학적인 면으로 설명하면 활성 운동 단위의 운동 속도가 증가하고 불활성 운동 단위의 동원을 했기 때문이므로 치아의 기계적 감각 수용기에 작용한 음식물의 경도에 대한 정보가 대뇌 피질을 통해 교근 운동을 총괄하는 CPG에 양성 피드백으로 작용한다고 할 수 있다.

이상의 연구 결과 관능 실험과 물성 측정으로 저작 실험에 사용하는 음식의 물성에 관한 기본적인 통제가 가능하였고 정상 치열군에서 음식물의 경도가 저작 행위에 영향을 미친다는 결론을 얻었으며 국내 식품공학회에서는 아직 식품의 물성에 따른 표준 시험식품을 정한 바가 없어 본 연구에서 택한 시험식품을 수정, 보완

한다면 앞으로의 저작 실험에 대한 표준적인 지표로 사용할 수 있으리라 생각된다. 이와 같이 정제된 방법으로 저작 실험을 행하여 변화된 저작 환경에서도 같은 결론을 도출할 수 있는 지를 검증하여 치아의 상실 혹은 보철물의 종류가 저작 행위에 미칠 수 있는 영향을 평가하고 해석하는 기초 자료로 활용될 수 있으리라고 생각한다.

V. 결 론

음식물의 경도 및 응집성, 부착성 등의 물성이 저작 양태 및 저작근의 활성도에 미치는 영향을 규명하기 위하여 관능 검사와 물성 측정으로 표준화한 7가지 음식 즉, 계란 흰자, 소시지, 찢자 치즈, 연양갱, 건빵, 땅콩, 아몬드를 선택하여 정상적인 교합을 가진 성인 18명을 대상으로 연하 직전까지의 저작과정을 BioPAK®으로 채득하여 저작 횟수, 저작 시간, 최대 개구량, 평균 개구량, 평균 개구 속도 및 평균 폐구 속도 등을 분석하고 좌, 우 전측두근 및 교근의 최대 및 평균 근전도의 power spectrum 분석을 시행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 저작 시간 및 저작 횟수, 최대 개구량 및 평균 개구량, 평균 개구 속도 및 평균 폐구 속도 등은 음식물의 경도, 응집성, 부착성과 관련이 없었다 ($p > 0.05$).
2. 좌, 우측 전측두근의 최대 근전도 및 평균 근전도는 음식물의 경도에 따라 증가하는 경향을 보였으며 중등도의 상관 관계를 보였다.
3. 좌, 우 교근의 최대 근전도 및 평균 근전도는 음식물의 경도가 커질수록 증가하였으며 우측이 더욱 뚜렷한 차이를 보였다 ($p < 0.05$).
4. 피검자의 선호측 및 비선호측의 근전도는 음식물의 경도에 따라 증가하였으며 선호측 교근과 비선호측 측두근에서 더욱 뚜렷한 차이를 나타내었다 ($p < 0.05$).
5. 좌, 우측 전측두근 및 교근의 근전도는 음식물의 응집성 및 부착성과는 관련이 없었다 ($p > 0.05$).

참 고 문 헌

1. Yurkstas, A.A. : The masticatory act. A review. *J. Prosthet. Dent.* 15 : 248-260, 1965.
2. Gay, T., Rendell, J., Majoureau, A. and Maloney, F.T. : Estimating human incisal bite forces from the electromyogram/bite force function. *Arch. Oral Biol.* 39 : 111-115, 1994.
3. Conant, J.R. : Sound transmission used for studying masticatory force distribution patterns. *J. Periodontol.* 33 : 322-328, 1962.
4. Yurkstas, A. and Curby, W. : Force analysis of prosthetic appliances during function. *J. Prosthet. Dent.* 3 : 82-87, 1953.
5. Anderson, D.J. : Measurement of stress in mastication, parts I and II. *J. Dent. Res.* 35 : 664-673, 1956.
6. Scott, I. and Ash, M.M. : A six-channel intraoral transmitter for measuring occlusal forces. *J. Prosthet. Dent.* 16 : 56-61, 1966.
7. Hagberg, C. : Electromyography and bite force studies of muscular function and dysfunction in masticatory muscles. *Swed. Dent. J.* 37 : 1-64, 1986.
8. Hagberg, C. : Assessments of bite force : A review. *J. Craniomand. Disord* 1 : 162, 1987.
9. Fields, H.W., Proffit, W.R., Case, J.C. and Vig, K.W. : Variables affecting measurements of vertical occlusal force. *J. Dent. Res.* 65 : 135-138, 1986.
10. Lindauer, S.J., Gay, T. and Rendell, J. : Effect of jaw opening on masticatory muscle EMG-force characteristics. *J. Dent. Res.* 72 : 51-55, 1993.
11. Hellsing, E. and Hagberg, C. : Changes in maximum bite force related to extension of the head. *Eur. J. Orthod.* 12 : 148-153, 1990.
12. Linderholm, H. and Wennström, A. : Isometric bite force and its relation to general muscle force and body build. *Acta Odont. Scand.* 28 : 679-689, 1970.
13. Bates, J.F., Stafford, G.D. and Harrison, A. : Masticatory function - A review of the literature. *J. Oral Rehabil.* 2 : 349-357, 1975.
14. Helkimo, E., Carlsson, G.E. and Helkimo, M. : Bite force and state of dentition. *Acta Odontol. Scand.* 35 : 297-303, 1977.
15. Braun, S., Bantleon, H.P., Hnat, W.P., Freudenthaler, J.W., Marcotte, M.R. and Johnson, B.E. : A study of bite force, part I : Relationship to various physical characteristics. *Angle Orthod.* 65 : 367-372, 1995.
16. Lundgren, D. and Laurell, L. : Occlusal force pattern during chewing and biting in dentitions restored with fixed bridges of cross-arch extension. II. Unilateral two-unit cantilevers. *J. Oral Rehabil.* 13 : 191-203, 1986.
17. Lindström, L. and Hellsing, G. : Masseter muscle fatigue in man objectively quantified by analysis of myoelectric signals. *Archs. Oral Biol.* 28 : 297-301, 1983.
18. Palla, S. and Ash, M.M. : Power spectral analysis of the surface electromyogram of human jaw muscles during fatigue. *Archs. Oral Biol.* 26 : 547-553, 1981a.
19. Sims, D.B. and Rugh, J.D. : Myoelectric power spectral analysis using surface electrodes : Measurement problems. *J. Dent. Res.* 61 : 257(Abst. No. 705), 1982.
20. Naeije, M. : Correlation between surface electromyogram and the susceptibility to fatigue of the human masseter muscle. *Archs. Oral Biol.* 29 : 865-870, 1984.
21. Lacouture, C.F., Jones, D.L. and Blanton, L. : Power spectrum analysis of mastication.

- tory muscles during fatigue. *J. Dent. Res.* 64 : 302(Abst. No. 1148), 1985.
22. Palla, S. and Ash, M.M. : Cross-correlation of electromyograms of the masseter during fatigue. *J. Dent. Res.* 65 : 323(Abst. No. 1373), 1984.
 23. Hylander, W.L. and Johnson, K.R. : The relationship between masseter force and masseter electromyogram during mastication in the monkey *Macaca fascicularis*. *Arch. Oral Biol.* 34 : 713–722, 1989.
 24. Lundqvist, S. and Haraldson, T. : Occlusal perception of thickness in patients with bridges on osseointegrated oral implants. *Scand. J. Dent. Res.* 92 : 88–92, 1984.
 25. Jacobs, R., and van Steenberghe, D. : Comparative evaluation of the oral tactile function by means of teeth or implant-supported prostheses. *Clin. Oral Implant Res.* 2 : 75–80, 1991.
 26. Mericske-Stern, R. : Oral tactile sensibility recorded in overdenture wearers with implants or natural roots : a comparative study. Part 2. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 9 : 63–70, 1994.
 27. Hammerle, C.H., Wagner, D., Bragger, U., Lussi, A., Karayiannis, A., Joss, A. and Lang, N.P. : Threshold of tactile sensitivity perceived with dental endosseous implants and natural teeth. *Clin. Oral Implants Res.* 6 : 83–90, 1995.
 28. Garrett, N.R., Hasse, A.I. and Kapur, K.K. : Comparisons of tactile thresholds between implant-supported fixed partial dentures and removable partial dentures. *Int. J. Prosthodont.* 5 : 515–522, 1992.
 29. Horio, T. and Kawamura, Y. : Effects of texture of food on chewing patterns in the human subject. *J. Oral Rehabil.* 16 : 177–183, 1989.
 30. Hannam, A.G., DeCou, R.E., Scott, J.D. and Wood, W.W. : The kinesiographic measurement of jaw displacement. *J. Prosthet. Dent.* 44 : 88–93, 1980.
 31. Throckmorton, G.S., Teenier, T.J. and Ellis, III. E. : Reproducibility of mandibular motion and muscle activity levels using a commercial computer recording system. *J. Prosthet. Dent.* 68 : 348–354, 1992.
 32. Carlsson, G.E. : Masticatory efficiency : the effect of age, the loss of teeth and prosthetic rehabilitation. *Int. Dent. J.* 34 : 93–97, 1984.
 33. Wilding, R.J.C. : The association between chewing efficiency and occlusal contact area in man. *Archs. Oral Biol.* 38 : 589–596, 1993.
 34. Helkimo, E. and Carlsson, G.E. : Chewing efficiency and state of the dentition. *Acta Odont. Scand.* 36 : 33–41, 1978.
 35. Lambrecht, J.R. : The influence of occlusal contact area on chewing performance. *J. Prosthet. Dent.* 15 : 444–450, 1965.
 36. Luke, D.A. and Lucas, P.W. : Chewing efficiency in relation to occlusal and other variations in the natural human dentition. *Br. Dent. J.* 159 : 401–403, 1985.
 37. Olthoff, L.W., van der Bilt, A., Bosman, F. and Kleizen, H.H. : Distribution of particle size in food comminuted by human mastication. *Archs. Oral Biol.* 29 : 899–903, 1984.
 38. Carlsson, G.E. : Bite force and chewing efficiency. *Frontiers of Oral Physiology.* vol.1, pp. 265–292, S. Karger, Basel, 1974.
 39. Manly, R.S. : Factors affecting masticatory performance and efficiency among young adults. *J. Dent. Res.* 30 : 874–882, 1951.
 40. Lundqvist, L.W. and Carlsson, G.E. : Changes in bite force and chewing efficiency after denture treatment in edentulous patients with denture adaptation difficulties. *J. Oral Rehabil.* 13 : 21–29, 1986.
 41. Lundqvist, L.W. and Carlsson, G.E. :

- Long-term effects on chewing efficiency and bite force of treatment with mandibular fixed prostheses on osseointegrated implants in complete denture wearers. *Acta Odontol. Scand.* 43 : 39–45, 1985.
42. Book, K., Karlsson, S. and Jemt, T. : Functional adaptation to full-arch fixed prosthesis supported by osseointegrated implants in the edentulous mandible. *Clin. Oral Implant Res.* 3 : 17–21, 1981.
 43. Karlsson, S. and Jemt, T. : Adaptive changes of masticatory movement characteristics after rehabilitation with osseointegrated fixed prostheses in the edentulous jaw. A 10-year follow-up study. *Int. J. Maxillofac. Implants* 6 : 259–263, 1991.
 44. Ahlgren, J. and Öwall, B. : Muscular activity and chewing force : A polygraphic study of human mandibular movements. *Archs. Oral Biol.* 15 : 271–280, 1970.
 45. Lundgren, D. and Laurell, L. : Occlusal force pattern during chewing and biting in dentitions restored with fixed bridges of cross-arch extension. *J. Oral Rehabil.* 13 : 57–71, 1986.
 46. Pröschel, P. and Hofmann, M. : Frontal chewing patterns of the incisor point and their dependence on resistance of food and type of occlusion. *J. Prosthet. Dent.* 59 : 617–624, 1988.
 47. Brandt, M.A., Skinner, E.Z. and Coleman, J.A. : Texture profile method. *J. Food. Sci.* 28 : 404–409, 1963.
 48. Sherman, P. : A texture profile of foodstuffs based upon well-defined rheological properties. *J. Food Sci.* 34 : 458–462, 1969.
 49. Gibbs, C.H., Mahan, P.E., Lundeen, H.C., Brehnana, K., Walsh, E.K., Sinkewiz, S.L. and Ginsberg, S.B. : Occlusal forces during chewing-Influences of biting strength and food consistency. *J. Prosthet. Dent.* 46 : 561–567, 1981.
 50. Wang, J.S. and Stohler, C.S. : Textural properties of food used in studies of mastication. *J. Dent. Res.* 69 : 1546–1550, 1990.
 51. BioPAK operator's manual. Bioresearch Inc., 1992.
 52. Duxbury, A.J., Hughes, D.F. and Clark, D. E. : Power spectral distribution of the masseter electromyogram from surface electrodes. *J. Oral Rehabil.* 3 : 333–341, 1976.
 53. Carlsson, G.E., Hedegård, B. and Koivumaa, K.K. : Late results of treatment with partial dentures. An investigation by questionnaire and clinical examination 13 years after treatment. *J. Oral Rehabil.* 3 : 267–272, 1976.
 54. Lechner, S.K. : Overcoming adaptational problems with complete and partial dentures. *Int. Dent. J.* 32 : 327–338, 1982.
 55. Müller, F., Hasse-Sander, I. and Hupfau, L. : Studies on adaptation to complete dentures. Part I : Oral and manual motor ability. *J. Oral Rehabil.* 22 : 501–507, 1995.
 56. Müller, F., Link, I., Fuhr, K. and Utz, K.H. : Studies on adaptation to complete dentures. Part II : Oral stereognosis and tactile sensibility. *J. Oral Rehabil.* 22 : 759–767, 1995.
 57. Manly, R.S. and Vinton, P. : A survey of the chewing ability of denture wearers. *J. Dent. Res.* 30 : 314–321, 1951.
 58. Kapur, K.K., Soman, S. and Stone, K. : Masticatory performances and efficiency in denture wearers. *J. Prosthet. Dent.* 14 : 687–694, 1964.
 59. Langer, A., Michman, J. and Seifert, I. : Factors influencing satisfaction with complete dentures in geriatric patients. *J. Prosthet. Dent.* 11 : 1019–1031, 1961.
 60. Kapur, K.K., Soman, S. and Stone, K. :

- The effect of denture factors on masticatory performance. I. Influence of denture base extension. *J. Prosthet. Dent.* 15 : 54–64, 1965.
61. Haraldson, T. : Comparisons of chewing patterns in patients with bridges supported on osseointegrated implants and subjects with natural dentitions. *Acta Odontol. Scand.* 41 : 203–208, 1983.
 62. Jemt, T. and Ståvlad, P.Å. : The effect of chewing movements on changing mandibular complete dentures to osseointegrated overdentures. *J. Prosthet. Dent.* 55 : 357–361, 1986.
 63. Haraldson, T. and Zarb, G. : A 10-year follow-up study of the masticatory system after treatment with osseointegrated implant bridges. *Scand. J. Dent. Res.* 96 : 243–252, 1988.
 64. Jemt, T., Lindquist, L. and Hedegard, B. : Changes in chewing patterns of patients with complete dentures after placement of osseointegrated implants in the mandible. *J. Prosthet. Dent.* 53 : 578–583, 1985.
 65. Jemt, T. and Carlsson, G. : Aspects of mastication with bridges on osseointegrated implants. *Scand. J. Dent. Res.* 94 : 66–71, 1986.
 66. Lundqvist, S. and Haraldson, T. : Oral function in patients wearing fixed prosthesis on osseointegrated implants in the maxilla : 3-year follow-up study. *Scand. J. Dent. Res.* 100 : 279–283, 1992.
 67. Haraldson, T., Jemt, T., Stalblad, P.A. and Lekholm, U. : Oral function in subjects with overdentures supported by osseointegrated implants. *Scand. J. Dent. Res.* 96 : 235–242, 1988.
 68. Carlsson, G.E. and Lindquist, L.W. : Ten-year longitudinal study of masticatory function in edentulous patients treated with fixed complete dentures on osseointegrated implants. *Int. J. Prosthet.* 7 : 448–453, 1994.
 69. Lundqvist, S. and Haraldson, T. : Occlusal perception of thickness in patients with bridges on osseointegrated oral implants. *Scand. J. Dent. Res.* 92 : 88–92, 1984.
 70. Carr, A.B. and Laney, W.R. : Maximum occlusal force levels in patients with osseointegrated oral implant prostheses and patients with complete dentures. *Int. J. Oral Maxillofac. implants* 2 : 101–108, 1987.
 71. Falk, H. : On occlusal forces in dentitions with implant-supported fixed cantilever prostheses. *Swed. Dent. J.* 69 : 1–40, 1990.
 72. Akagawa, Y., Okane, H., Kondo, N., Tsuga, K. and Tsuru, H. : Comparative evaluation of chewing function with removable partial dentures and fixed prostheses supported by the single-crystal sapphire implant in the Kennedy Class II partially edentulous mandible. *Int. J. Oral Maxillofac. Implant* 4 : 205–210, 1989.
 73. Ferrario, V.F., Sforza, C., D'Addona, A. and Miani, A., Jr. : Reproducibility of electromyographic measures : a statistical analysis. *J. Oral Rehabil.* 18 : 513–521, 1991.
 74. Drake, B. : Mastication in food science and technology. In : *Frontier Oral Physiology*, Vol. 1, pp. 257–264, S. Karger, Basel, 1974.
 75. Takada, K., Miyawaki, S. and Tatsuta, M. : The effects of food consistency on jaw movement and posterior temporalis and inferior orbicularis oris muscle activities during chewing in children. *Arch. Oral Biol.* 39 : 793–805, 1994.
 76. Hiiemae, K., Heath, M.R., Heath, G., Kazazoglu, E., Murray, J., Sapper, D. and Hamblett, K. : Natural bites, food consistency and feeding behaviour in man. *Arch. Ora*

- Biol. 41 : 175-189, 1996.
77. Thexton, A. and Hiimae, K.M. : The effect of food consistency upon jaw movement in the macaque : a cineradiographic study. *J. Dent. Res.* 76 : 552-560, 1997.
 78. Tzakis, M.G., Kiliaridis, S. and Carlsson, G.E. : Effect of chewing training on masticatory efficiency. *Acta Odontol. Scand.* 47 : 355-360, 1989.
 79. Plesh, O., Bishop, B. and McCall, W. : Effect of gum hardness on chewing pattern. *Exp. Neurol.* 92 : 502-512, 1986.
 80. van der Bilt, A., Ottenhoff, F.A., van der Glas, H.W., Bosman, F. and Abbink, J.H. : Modulation of the mandibular stretch reflex sensitivity during various phases of rhythmic open-close movements in humans. *J. Dent. Res.* 76 : 839-847, 1997.
 81. Wang, J.S. and Stohler, C.S. : Textural properties of food used in studies of mastication. *J. Dent. Res.* 69 : 1546-1550, 1990.
 82. Lindauer, S.J., Gay, T. and Rendell, J. : Electromyographic-force characteristics in the assessment of oral function. *J. Dent. Res.* 70 : 1417-1421, 1991.
 83. Yuen, S.W.H., Hwang, J.C.C. and Poon, P.W.F. : EMG power spectrum patterns of anterior temporal and masseter muscles in children and adults. *J. Dent. Res.* 68 : 800-804, 1989.
 84. Moller, P., Rasmussen, O.C. and Bonde-Petersen, F. : Mechanism of ischemic pain in human muscles of mastication : intramuscular pressure, EMG, Force and blood flow of the temporal and masseter muscles during biting. In : *Advances in pain research and therapy*, Vol. 3, pp. 273-281, Raven Press, New York, 1979.
 85. Posselt, U. : The physiology of mastication. *J. West. Soc. Periodont.* 9 : 40-54, 1961.
 86. Kumai, T. : Difference in chewing patterns between involved and opposite sides in patients with unilateral temporomandibular joint and myofascial pain-dysfunction. *Arch. Oral Biol.* 38 : 467-478, 1993.
 87. Christensen, L.V. and Radue, J.T. : Lateral preference in mastication : relation to pain. *J. Oral Rehabil.* 12 : 461-467, 1985.
 88. Burdette, B.H. and Gale, E.N. : Reliability of surface electromyography of the masseteric and anterior temporal areas. *Arch. Oral Biol.* 35 : 747-751, 1990.
 89. Mioche, L. and Peyron, M.A. : Bite force displayed during assessment of hardness in various texture contexts. *Arch. Oral Biol.* 40 : 415-423, 1995.
 90. Brudevold, F., Kashket, S. and Kent, Jr., R.L. : The effect of sucrose and fat in cookies on salivation and oral retention in humans. *J. Dent. Res.* 69 : 1278-1282, 1990.
 91. Dawes, C. and Watanabe, S. : The effect of taste adaptation on salivary flow rate and salivary sugar clearance. *J. Dent. Res.* 66 : 740-744, 1987.
 92. Bilt, V., Lothoff, L.W. and Glas, V. : A mathematical description of the comminution of food during mastication in man. *Arch. Oral Biol.* 32 : 579-583, 1987.
 93. Slagter, A., Glas, H.W., Bosman, F. and Olthoff, L.W. : Force-deformation properties of artificial and natural foods for testing chewing efficiency. *J. Prosthet. Dent.* 68 : 790-799, 1992.
 94. Dahlberg, B. : The masticatory habits. *J. Dent. Res.* 25 : 67-72, 1946.
 95. 김명국, 김창수 : 치과영역에 있어서 근전도의 이용. *최신의학* 11 : 39-45, 1968.
 96. 이승렬, 이홍상, 김영구 : 저작 수준의 등척성 수축시 전측두근 및 교근의 근전도 스펙트럼 분석에 관한 연구. *대한구강내과학회지* 19 : 99-110, 1994.

97. 김옥, 이홍상, 김영구 : 저작근의 등척성 수축시간 변화에 따른 power spectrum 분석에 관한 연구. 대한구강내과학회지 20 : 269-281, 1995.
98. 한경수 : BioPAK을 이용한 하악의 회전운동에 관한 연구. 대한구강내과학회지 19 : 193-203, 1994.
99. 조병환 : 저작운동에 미치는 치열궁 형태의 영향에 관한 연구 (II) - 저작운동의 분석에 대하여. 대한치과보철학회지 32 : 553-563, 1995.
100. 김영수, 장익태, 이선형, 김광남, 김창희, 양재호 : 보철 수복환자의 저작 기능 운동에 관한 전자 묘기법적 연구. 대한치과교합학회지. 7 : 7-43, 1991.
101. 김영수 : 도치와 acrylic치의 저작 능력에 대한 실험적 연구. 종합의학 7 : 107-119, 1962.
102. 한경수, 정성창 : 악관절기능장애환자의 하악운동에 관한 연구. 서울치대논문집 10 : 97-107, 1986.
103. 정성창, 이영옥 : 악관절잡음환자의 하악운동양상. 대한구강내과학회지 11 : 19-30, 1986.
104. 허성주, 김광남, 장익태 : 두개하악장애환자의 하악운동에 관한 연구. 대한치과보철학회지 32 : 103-119, 1994.
105. 권공록, 박남수, 최대환 : 총의치의 교합면 형태에 따른 저작 능력 및 기능에 관한 연구. 대한치과보철학회지 34 : 539-573, 1996.
106. 백영걸, 최대균, 박남수, 최부병 : 정상인의 저작운동시 교근과 측두근의 활성도에 대한 연구. 대한치과보철학회지 25 : 213-226, 1987.

ABSTRACT

A STUDY ON THE EFFECTS OF TEXTURE OF FOOD ON CHEWING MOVEMENTS AND EMG OF MASTICATORY MUSCLE

Lee-Ra Cho, Kwang-Nam Kim, Ik-Tae Chang, Seong-Joo Heo

Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Seoul National University

To elucidate the effects of food texture such as hardness, cohesiveness, adhesiveness on mastication procedure, the electromyographic activity (EMG) of the masticatory muscles and the chewing movements were analyzed in eighteen young subjects during ordinary chewing. Seven different foods were selected by sensory texture profiling and mechanical test with texturometer; egg white, sausage, pizza cheese, yang-geng, biscuit, peanut and almond. The indexes of jaw movements used were the chewing number, chewing time, maximum opening, average opening, closing velocity and opening velocity. The EMG indexes analyzed were maximum and average integrated amplitude of the anterior temporal and masseter muscles.

The results obtained were as follows.

1. The chewing time and chewing number, mandibular displacement and mandibular movement velocity were not changed by the hardness, cohesiveness and adhesiveness of the food ($p > 0.05$).
2. The harder food materials showed a higher amplitude of the anterior temporal muscle integrated EMGs than the softer ones ($p < 0.05$).
3. The maximum and average integrated EMGs of the masseter muscle increased with the increase of hardness of the food ($p < 0.05$).
4. The integrated EMGs of preferred side and non-preferred side masticatory muscles increased with the increase of hardness of the food ($p < 0.05$).
5. The adhesiveness and cohesiveness of the food were not the determining factor to the integrated EMGs of masticatory muscles ($p < 0.05$).

Key words : Chewing movements, Integrated EMGs, Hardness, Cohesiveness, Adhesiveness