

MASTICATORY FUNCTION-A REVIEW OF THE LITERATURE.

2. Speed of movement of the mandible

Rate of Chewing.

Forces developed in chewing

경희대학교 치과대학 보철학교실

최 부 명 · 한 무 현

(J. F. Bates, G. D. Stafford and A. Harrison)

Journal of oral Rehabilitation, Vol. 2, No. 4, 1975년 10월호

1. 序 言

지금까지 二회에 걸쳐서 저작 Cycle의 形態에 關한 것을 소개한바 있으며 이번에는 저작중 下顎의 運動速度, 저작率, 저작시에 생기는 힘에 關한 것을 소개하고자 한다.

II. 下顎運動의 速度

1) Woelfel, Hickey & Allison의 研究(1962)

저작중 開口運動의 速度는 閉口運動의 速度보다 빠르며 閉口時 齒牙의 咬頭가 食物에 가까워지면서 閉口速度가 감소하며 食物이 분쇄될때 저작운동은 더욱 느려진 후 약 0.16초간 저작운동이 완전히 정지된후 下顎이 빠른 速度로 開口運動을 하게 된다. 또한 고무와 같이 그 Consistency가 변하지 않는 食物을 저작할 경우 저작속도는 변하지 않는다.

2) Ahlgren의 研究(1966)

自然齒列의 경우 저작운동의 속도는 개인에 따라서 또한 食物의 종류에 따라서 다르며 開口運動, 閉口運動이 시작될 때 下顎의 運動은 촉진되나 下顎이 점차 咬合位에 가까워지면서 下顎의 運動은 억제되어 그 속도가 느려지게 된다. 저작시 開口運動에서 閉口運動으로 바뀔때 저작운동은 중단없이 계속된다.

食物의 종류에 따른 저작운동의 속도는 Gum의 경우 64.0mm/second이고 당근의 경우 75mm/second이다.

3) Atkinson & Shepherd의 研究(1967)

開口運動의 速度가 閉口運動의 速度보다 빠르며 齒牙

가 접촉하면 저작운동은 일단 중단되며 그 시간은 대개 0.2초로서 저작운동이 느릴수록 저작운동이 중단되는 시간은 길어지며 때로는 저작운동이 중단되는 시간이 한 저작 Cycle의 1/4정도가 되기도 한다. 여러가지 食物의 경우 臼齒部에 있어서 閉口運動의 가장 빠른 速度를 매초당 mm로 표시하면 Table 1과 같다.

Table 1. Maximum velocity of the mandible in molar region(from Rudd et al., 1969)

Plane	Chewing rate (mm/s)		
	Peanuts	Carrots	Meat
Horizontal	45.9	87.78	63.02
Frontal	95.49	119.59	139.55
Sagittal	140.46	112.04	117.8

III. 著 作 率

저작率이란 매저작에 필요한 시간 또는 일정한 시간(대개 1분) 동안에 행하는 저작의 回數를 말한다.

1) 自然齒列의 경우

여러 사람들의 조사결과에 의하면 1분동안에 행하는 저작회수는 사람과 食物의 종류에 따라서 다르며 49-120 cycle/minute의 범위內에 있다. Table 2 참조

Graham, Duckmanton의 研究에 의하면 평균 저작율은 1분동안에 73회이며 Gilling의 주장에 의하면 바람직한 저작율은 1분동안에 80회 정도이다.

2) 人工齒列의 경우

人工齒列의 경우 총의치보다는 국부의치의 경우가 저

Table 2. Rate of chewing reported by different researchers on subjects with natural dentitions

Researcher	Date	Number in sample	Age (yr)	Food	Technique	Rate of chew (per min)
Anderson	1954	4	20-34	Biscuit, carrot, Meat	Strain gauge	120
Shepherd	1960	46	—	Biscuit, apple, meat sandwich	Cinematography	60
Graf & Zander	1963	5	30-38	Peanuts, bread	Radiotelemetry and cinematography	See Table 3
Beyron	1964	46	15— +45	Fresh roast beef	Cinematography	About 60
Murphy	1965	1			Cinephotography	58
Ahlgren	1966	35	12	Carrot, gum	Cinematography	104 Carrot 78 Gum
Møller	1966	36	20-30	Bread, apple	Electromyography	88-104
Neill	1967	4	48-82	Apple, ham sandwich	Radiotelemetry	86
Atkinson & Shepherd	1967	18	—	Sandwiches of meats and nuts	Cinephotography	69
Victorin et al.	1968	14	20-50	Bread, toffee	Cineradiography	73 Bread 58 Toffee
Hedegard et al.	1970	14	20-50	Bread, toffee	Cineradiography	75 Bread 58 Toffee
Gillings et al.	1973	22	—	Peanuts	Photoelectrically	73

작율이 높으며 총의치의 경우 저작율은 1분동안에 33—123회 정도로서 자연치열의 경우와 비슷하며 다음 요소의 영향을 받는다.

① 총의치의 Retention, Stability에 영향을 받음.

② 음식물의 종류에 영향을 받으며 질긴 음식물일수록 저작율은 감소된다.

③ 의치에 사용한 구치의 종류에 영향을 받으며 Non-Anatomic tooth나 30°경사의 교두를 가진 치아는 20°경사의 교두를 가진 치아보다 저작율이 높았다(1962년 woelfel의 研究).

Table 3은 人工齒列에 있어서의 저작율에 관한 여러 가지 연구결과이며 Table 6은 총의치의 경우 Unilateral chewing, Random Chewing시 음식의 종류에 따른 저작율을 표시한 것이다.

IV. 저작시에 발생하는 힘

치아사이에서 발생하는 힘에는 음식물의 저작시에 발생하는 힘과 음식물이 없이 maximum biting load가

가해질때 생기는 힘의 두가지가 있으며 이들 힘을 연구하는 방법은 다음의 3가지로 나눈다.

① 치아사이에 측정기구를 장치

② Restoration內에 transducer를 장치

③ Denture base의 조직면에 transducer를 장치하여 Denture base-mucosa의 interface에서 발생하는 힘을 측정.

1) 치아사이에 측정기구를 장치하여 연구하는 방법

① Boos의 연구(1940년)

Gnathodynamometer (Bimeter)를 사용하여 無齒顎환자의 maximum biting force를 측정하여 Resting Vertical dimension에 있어서 maximum biting force시의 Occlusal Vertical dimension을 결정했다.

② Boucher, Zwemer & pflughoeft의 研究(1959).

Electromyographic measurement에 의해 Boos의 Bimeter에 의해 결정된 rest position은 임상적으로 혹은 Electromyography에 의해 측정된것 보다 크다는 것을 증명했다.

③ Lim의 研究(1967)

Table 3. Rate of chewing reported by different researchers on subjects with artificial dentitions

Researcher	Date	Number in sample	Age (yr)	Food	Technology	Rate of chew (per min)
Yurkstas & Curby	1953	4	—	28 different foods	Strain-gauge	80-5 Complete D 100-90 Partial D
Shepherd	1960	46	—	—	Cinematography	60
Woelfel et al.	1962	6	19-62	Peanuts, carrots, unvulcanized rubber	Cinematography	75 Peanuts 50 Rubber
Neill	1967	7*	48-82	Apple, ham sandwich	Radiotelemetry	80
Perez	1967	5	—	Biscuit, bread, carrot, peanuts	Radiotelemetry	76-123
Hedeagrd et al.	1970	11	64	Bread, toffee	Cineradiography	76 Bread 58 Toffee
Stafford & Russell	1971	1	—	Carrot	Radiotelemetry	86
Bearn	1972	5	52-77	Biscuit, apple	Hydraulic system	61-2 Apple 75-6 Biscuit

* Five males and two females.

Table 6. Rate of chewing when carried out in a unilateral and random fashion in subjects with complete dentures (from Neill, 1967)

Food	Subject						
	1	2	3	4	5	6	
Unilateral chewing	Apple	74±6.5	81±7.08	8.0±8.0	80±7.94	86±.6.04	78±12.52
	Ham sandwich	81±3.18	75±4.7	81±4.47	84±5.55	81±3.87	82±7.20
Random chewing	Apple	78±3.3	—	—	—	—	84±7.0
	Ham sandwich	76±3.57	—	—	—	—	88±4.2

Strain gauge system을 사용하여 연구한 결과 Boos의 주장과는 반대로 Rest Position에서 maximum force가 생기지 않는다고 했으며, 상악의 조직을 마취시키거나 Denture base에 soft lining을 하면 biting force가 증가된다고 주장함.

④ Howell & Manly의 研究(1948)

Electronic strain gauge gnathodynamometer를 사용하여 치아별로 maximum biting force의 범위를 측정된 결과 제 1대구치는 41.3~89.8kg이었고 중절치는 13.2~23.1kg이었다.

⑤ Manly & Vinton의 研究(1951)

Electronic strain gauge gnathodynamometer를 사용하여 총의치환자의 biting force를 치아별로 측정

한 결과 대구치부는 0.9~44.9kg(평균 12.3kg)이었고, 0.45~37.7kg(평균 8.2kg)

⑥ watt의 研究(1958)

Torsion bar gnathodynamometer를 사용하여 biting force의 평균치를 측정된 결과 自然齒의 경우 21.7kg이었고 짧은 tooth borne partial denture의 경우 11.2kg이었으며 Distal extension partial denture의 경우 7.4kg이었다. 또한 자연치의 biting force의 범위는 3~64kg으로 제 1대구치에서 최대의 힘이 나온다. 또한 성장중의 어린이는 그 어린이의 키와 몸무게가 저작력에 영향을 미치나 어른의 경우 키와 체중은 저작력과 아무런 관계가 없었다.

⑦ Worner & Anderson의 研究(1944)

7세~16세 사이의 어린이의 경우 제 1대구치의 저작력의 평균증가율은 매년 1.4kg정도였으며 저작력의 증가는 어린이의 성장, 발육과 관계가 있었으며 Adolescent 이후 저작력은 증가하지 않았으며 각개인은 선천적인 저작력의 차이를 갖고 있으며 이 차이에 영향을 주는 요소는 性別, 교합상태, 보철물의 유무, 근육발달 정도 등이다.

⑧ Garner & kotwal의 研究(1973)

Strain gauge gnathodynamometer를 사용하여 10~25세의 男, 女를 대상으로 incisal biting force를 측정한 결과 평균 biting force는 11.3kg±6.4kg이었고 남자가 여자보다 저작력이 크다함.

⑨ Lim의 研究(1966)

strain gauge dynamometer를 사용하여 총의치 장착환자의 저작력을 조사한 결과 제 1대구치에서 저작력이 가장 크고 각치아별로 측정된 저작력의 범위는 3.9~27.2kg이었으며 저작을 좋아하는 즉이 저작력이 높고 새로운 총의치를 장착한 경우 처음 1개월간은 저작력이 점차 증가하였다.

⑩ Linderholm & Wennström의 研究(1970)

저작력과 체중, 신장과는 아무런 관계가 없으며 12세 어린이 79명을 Handgrip & Elbow Flexion Test에서 근육의 힘과 저작력 사이에 연관성이 있음을 증명했다.

⑪ Lindqvist & Ringqvist의 研究(1973)

12세. 어린이(男 50명, 女 46) 96명명을 대상으로 조사한 결과 Bruxist와 Non-Bruxist 間에는 저작력의 차이가 없었고 男, 女間에 maximum biting force의 차이는 없었다.

⑫ Atkinson & Ralph의 研究(1973)

strain gauge gnathodynamometer를 사용하여 immediate denture를 장착한 각 Age group의 환자를 4년동안 계속 조사한 결과 의치장착후 처음 1주일간은 저작력이 극히 낮았으며 initial healing이 일어난 1주일 후부터는 저작력이 점차증가되어 약 2년까지 저작력이 증가되는 경향을 보이며 의치장착 환자의 저작력은 자연치열의 저작력과 비슷했고 男子가 女子보다 저작력이 약간 높았다. 男子의 경우 전치부, 19.6kg, 구치부 29.3kg이었고 女子의 경우 전치부 13.5kg 구치부 21.3kg이었다.

2) Inlay, Crown, Bridge 內에 측정기구를 장치하여 저작력을 측정하는 방법

① Howell, Brudevold의 研究(1950)

Inductance strain gauge system을 개발하여 Bite element를 총의치의 人工齒內에 장치하고 환자는 Test

side만 저작하게 한결과 開작력의 범위는 0.3~7.2kg이었고 제 1대구치에서 최대의 저작력이 발생되고 제 1소구치는 질긴 음식을 씹을때 많이 사용되며 제 2소구치에서 발생하는 저작력은 음식물의 종류에 관계없이 일정했다.

② Anderson & picton의 研究(1958),

빵을 편측으로 저작시켰을 때 하악제 1대구치상의 저작력은 저작측과 비저작측이 비슷했고 전치아의 평균 저작력은 매저작당 14kg이었다

③ Yurkstas & Curby의 研究(1953)

Denture 內에 3 strain gauge unit를 장착하여 연구한 결과 최대 저작력은 12kg이었고 저작에 必要한 평균 힘은 0.3~1.8kg이었으며 질긴음식물의 저작시에는 제 1소구치의 저작력이 증가 되었다.

④ Atkinson & shepherd의 研究(1967)

Denture의 특정치아에 Strain gauge unit를 장치하여 최대 저작력을 조사한 결과 상악에 총의치, 하악에 자연치가 있는 경우는 13kg이었고 上, 下顎이 모두 총의치인 경우는 7kg이었다.

3) Denture base의 조직면에 transducer를 장치하여 Denture base-mucosa의 interface에서 발생하는 힘을 측정하는 방법

① Frechette의 研究(1955)

Denture의 base에 Strain gauge unit를 장치하여 총의치에 사용되는 구치의 Type이 underlying Tissue에 대한 Force의 분산에 미치는 영향을 조사한 결과 Denture의 Stability와 힘의 분산은 편측성 저작의 경우보다 양측성 저작의 경우가 더 좋았고 Balanced occlusion의 이점은 분명치 않으며 Denture Stability에 있어서 balanced occlusion 보다는 양측성 저작이 훨씬 더 중요하다는 결론을 얻었다.

② Wain(1969), Perez(1967)의 研究

총의치 환자가 비스킷, 당근, 망고, 빵을 저작시 Denture base-mucosa interface 에 생기는 Force를 Radio transmission 장치를 사용하여 연구한 결과 저작회수와 최대 저작력은 환자와, 음식물의 종류에 따라 다르며 저작 Period와 최대저작력 間에는 연관성이 없으며 저작빈도와 최대저작력은 전저작과정중 크게 변하지 않는다. 또한 저작중에 낮은 저작력이 주로 많이 사용되며 높은 저작력은 극히 짧은 시간 동안만 사용된다.

References

ADLER, P. (1947) Sensibility of teeth to loads

- applied in different directions. *Journal of Dental Research*, 26, 279.
- AHLGREN, J. (1966) Mechanism of mastication. *Acta odontologica Scandinavica*, 24, (suppl) 44.
- ANDERSON, D.J. (1953) A method of recording masticatory loads. *Journal of Dental Research*, 32, 785.
- ANDERSON, D.J. (1954) Studies in the dynamics of mastication. Ph.D. thesis. University of London.
- ANDERSON, D.J. (1956a) Measurement of stress in mastication. I. *Journal of Dental Research*, 25, 664.
- ANDERSON, D.J. (1956b) Measurement of stress in mastication. II. *Journal of Dental Research*, 35, 671.
- ANDERSON, D.J. & PICTON, D.C.A. (1958) Masticatory stresses in normal and modified occlusion. *Journal of Dental Research*, 37, 312.
- ATKINSON, H.F. & RALPH, W.J. (1973) Tooth loss and biting force in man. *Journal of Dental Research*, 52, 225.
- ATKINSON, H.F. & SHEPHERD, R.W. (1967a) Masticatory movement and tooth form. *Australian Dental Journal*, 12, 49.
- ATKINSON, H.F. & SHEPHERD, R.W. (1967b) Masticatory movements and the resulting force. *Archives of Oral Biology*, 12, 195.
- BATES, J.F., STAFFORD, G.D. & HARRISON, A. (1975). Masticatory function—A review of the literature. 1. The form of the masticatory cycle. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2, 281.
- BEARN, E.M. (1972) Some masticatory force patterns produced by full denture wearers. *Dental Practitioner and Dental Record*, 22, 342.
- BEARN, E.M. (1973) Effect of different occlusal profiles on the masticatory forces transmitted by complete dentures. *British Dental Journal*, 134, 7.
- BEYRON, H. (1964) Occlusal relation and mastication in Australian Aborigines. *Acta odontologica Scandinavica*, 22, 597.
- Boos, R.H. (1940) Intermaxillary relation established by biting power. *Journal of the American Dental Association*, 27, 1192.
- Boos, R.H. (1952) Occlusion from rest position. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 2, 575.
- BOUCHER, L.J., ZWEMER, T.J. & PFLUGHOEFT, F. (1958) Can biting force be used as a criterion for registering vertical dimension? *Journal of Prosthetic Dentistry*, 9, 594.
- BRAWLEY, R.E. & SEDWICK, H.J. (1938) Gnathodynamometer. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*, 24, 256.
- BRAWLEY, R.E. & SEDWICK, H.J. (1940) Studies concerning the oral cavity and saliva. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*, 26, 41.
- BREKHUS, P.H. ARMSTRONG, W.D. & SIMON, W.J. (1941) Stimulation of the muscles of the mastication. *Journal of Dental Research* 20, 87.
- BRUDEVOLD, F. (1951) A basic study of the chewing forces of a denture wearer. *Journal of the American Dental Association*, 43, 45.
- FRECHETTE, A.R. (1955a) Masticatory forces associated with the use of various types of teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 5, 252.
- FRECHETTE, A.R. (1955b) Comparison of balanced and non-balanced occlusion of artificial dentures based upon distribution of masticatory force. *Journal of Prosthetic Dentistry* 5, 801.
- GARNER, L.D. & KOTWAL, N.S. (1973) Correlation study of incisive biting forces with age, sex and anterior occlusion. *Journal of Dental Research*, 52, 698.
- GILLINGS, B.R.D., GRAHAM, C.H. & DUCKMANTON, N.A. (1973) Jaw movements in young adult men during chewing. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 29, 616.
- GRAF, H., GRASSL, H. & AEBERHARD, H.J. (1974) A method of measurement of occlusal forces in three directions. *Helvetica odontologica acta*, 18, 7.
- GRAF, H. & ZANDER, H.A. (1963) Tooth contact patterns in mastication. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 13, 1055.
- HEDEGARD, B., LUNDBERG, M. & WICTORIN, L. (1970) Masticatory function—A cineradiographic study. IV. Duration of the masticatory

- cycle. *Acta odontologica Scandinavica*, 28, 859.
- HOWELL, A.H. & MANLY, R.S. (1848) An electronic strain gauge for measuring oral forces. *Journal of Dental Research*, 27, 705.
- HOWELL, A.H. & BRUDEVOLD, F. (1950) Vertical forces used during chewing of food. *Journal of Dental Research*, 29, 133.
- JONES, P.A., WILSON, H.J. & OSBORNE, J. (1970) Impact properties of dental materials. *British Dental Journal*, 129, 565.
- KELLY, W.J. & LANGHEINZ, H.W. (1943) Physiologic determination of the vertical dimension. *Dental Digest*, 49, 101.
- LIM, K.A. (1966) Biting forces in edentulous patients. *Malay Dental Journal*, 6, 1.
- LIM, K.A. (1967) Determination of vertical dimension by biting force. *Malay Dental Journal* 7, 1.
- LINDERHOLM, H., LINDQVIST, B., RINGQVIST, M. & WENNSTRÖM, A. (1971) Isometric bite force in children and its relation to body build and general muscle force. *Acta odontologica Scandinavica*, 29, 563.
- LINDERHOLM, H. & WENNSTRÖM, A. (1970) Isometric bite force and its relation to general muscle force and body build. *Acta odontologica Scandinavica*, 28, 679.
- LINDQVIST, B. & RINGQVIST, M. (1973) Bite force in children with bruxism. *Acta odontologica Scandinavica*, 31, 255.
- MANLY, R.S. & VINTON, P. (1951) A survey of the chewing ability of denture wearers. *Journal of Dental Research*, 30, 312.
- MARGOLIS, H.I. & PRAKASH, P. (1954) A new instrument for recording oral muscle forces: The photoelectric myodynograph. *Journal of Dental Research*, 33, 425.
- MÖLLER, E. (1966) The chewing apparatus. *Acta physiologica scandinavica*, 69, 280. (suppl.), 193.
- MURPHY, T.R. (1965) The timing and mechanism of the human masticatory stroke. *Archives of Oral Biology*, 10, 981.
- NEILL, D.J. (1967) Studies of tooth contact in complete dentures. *British Dental Journal*, 123, 369.
- NYQUIST, G. & ÖWALL, B. (1968) Masticatory load registrations during function. *Odontologisk Revy*, 19, 45.
- O'ROURKE, J.T. & MANLY, R.S. (1949) quoted in O'Rourke, J.T. (1949) Significance of tests for biting strength. *Journal of the American Dental Association* 38, 627.
- PEREZ, N.P. (1967) Application of telemetry for pressure measurements in the oral cavity. M. Sc. thesis. University of Manchester.
- RUDD, K.D., MORROW, R.M. & JENDRESEN, M.D. (1969) Fluorescent photoanthropometry: A method for analysing mandibular motion. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 21, 495.
- SCHROEDER, H. (1927) *Lehrbuch der Technischen Zahn heilkunde*, 1, 249, Herm. Meusser, Berlin-quoted in O'Rourke, J.T. (1949).
- SHEPHERD, R.W. (1960) A further report on mandibular movement. *Australian Dental Journal*, 5, 337.
- STAFFORD, G.D. & RUSSELL, C. (1971) Efficiency of dental adhesives and their possible influence on oral micro-organisms. *Journal of Dental Research*, 50, 832.
- STROMBERG, W.R. (1955) A method of measuring forces of denture bases against supporting tissues. *Journal of Dental Research*, 35, 268.
- WAIN, E. (1969) The use of telemetry in prosthetics. *Dental Record*, 20, 127.
- WATT, D.M., MACGREGOR, A.R., GEDDES, M., COCKBURN, A & BOYD, J.L. (1958) A preliminary investigation of the support of partial dentures and its relationship to vertical loads. *Dental Practitioner and Dental Record*, 9, 1.
- WICTORIN, L., HEDEGARD, B. & LUNDBERG, M. (1968) Masticatory function—A cine-radiographic study. *Acta odontologica Scandinavica*, 26, 213.
- WOELFFL, J.B., HICKEY, J.C. & ALLISON, M.L. (1962) Effect of posterior tooth form on jaw and denture movement. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 12, 922.
- WORNER, H.K. (1939) Gnathodynamics' — The measurement of biting forces with a new design of Gnathodynamometer. *Australian Dental Journal*, 43, 381.
- WORNER, H.K. & ANDERSON, M. N. (1944) Biting force measurements on children. *Australian Dental Journal*, 48, 1.
- YURKSTAS, A. (1973) The effect of masticatory exercise on the maximum force of individual teeth. *Journal of Dental Research*, 32, 322.
- YURKSTAS, A. & CURBY, W.A. (1953) Force analysis of prosthetic appliances during function. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 3, 82.