

임플란트 저작능에 영향을 주는 신경학적 원인에 대한 고찰

연세대학교 치과대학 보철과학교실

김태선 · 윤준호 · 김성희 · 김지환 · 이재훈 · 심준성 · 문홍석 · 박영범

임플란트 보철물의 저작능력과 관련되어 다양한 요인들이 존재하며 여기에 관해 다양한 연구가 이루어지고 있지만 대부분의 후향적 연구에서는 임플란트 저작력이 다른 유형의 보철물과 비교해서도 우수한 것으로 결론 내리고 있다. 그러나 임상적으로 임플란트 보철치료 후에 저작능력에 대해 만족하지 못하는 환자들이 간혹 있으며 이러한 저작의 불만족을 유발할 가능성이 있는 여러 가지 원인들 중 신경학적 원인에 대해 고찰해 보고자 한다.

Pubmed database에서 Implant chewing ability, masticatory ability 등의 임플란트 저작과 관련된 검색어를 사용하여 검색 후 임플란트 보철물의 저작능력에 관련된 요인들 및 임상과 관련된 논문들을 선택하고 고찰하였다. 저작능력에 관한 정의, 저작능력에 관련된 요인들에 대해 고려하였으며 이러한 요인들 중 신경학적 원인과 관련된 내용을 분석 평가하였다. 치주인대(Periodontal Ligament: PDL)의 기계적감각수용기(Mechanoreceptor)는 저작운동 시 치아로부터 얻은 정보를 뇌간으로 전달하여 저작운동의 조절에 관여한다. 임플란트의 경우 치주인대의 부재로 인해 저작운동 시 저작운동 적응 능력이 떨어지며 특히 딱딱한 음식을 저작 시 이러한 현상이 두드러진다. 저작근, TMD의 mechanoreceptor 또한 저작운동에 관여하기 때문에 치주인대의 기계적감각수용기 부재를 보상할 가능성도 있으며 임플란트 주변 조직에 있는 nerve fiber가 감각능력에 관여할 수 있을 가능성에 대한 보고도 있으니 이에 대한 추가 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

주요어: 임플란트, 저작능력, 저작효율, 저작기능, 치주인대 (구강회복응용과학지 2012;28(3):269~276)

서론

Misch¹ 등은 견고한 임플란트 지지 고정성 국소의치는 자연치아와 동일한 기능을 할 수 있으며 임플란트 보철물 장착자들은 자연치 지지 고정성 수복물을 가진 환자와 유사한 교합력을 나타내게 된다고 하였다.^{2,3} 그러나 임상적으로 임플란트 보철치료 후에 저작능력에 대해 만족하

지 못하는 환자들이 보고되고 있으며 그 원인에 대한 고찰이 필요하다.

Van der Bilt⁴ 등은 2011년에 Masticatory function은 단단한 음식을 조각 낼 수 있는 객관적인 능력 또는 음식물 저작 시 느끼는 주관적인 반응이라고 정의를 내렸으며 Masticatory performance는 Objective masticatory function라고 정의를 내렸으며 Masticatory ability는 Self-assessed masticatory

교신저자: 박영범

120-752 서울 서대문구 신촌동 연세의료원 치과대학병원

Tel: 02-2228-3164

원고접수일: 2012년 04월 03일, 원고수정일: 2012년 05월 23일, 원고채택일: 2012년 09월 25일

function 라고 정의를 내렸다. 저작능을 측정하는 방법은 Laboratory function에 기반을 둔 방법과 환자에 기반을 둔 방법이 있다. Laboratory function에 기반을 둔 방법은 Mastication time, particle size, Force measurement, patterns of jaw movement and EMG burst, Total EMG를 측정하는 방법 등이 있으며 환자에 기반을 둔 방법에는 설문지로 Self reports of satisfaction and chewing function, Oral health related QoL (Quality of Life), Diet and nutritional assessment를 조사하는 방법이 있다.

저작능에 영향을 줄 수 있는 요소는 수 없이 존재하지만 van der Bilt등은 저작능에 영향을 줄 수 있는 요소를 Dentition, bite force, aging 3가지로 분류하였다. Dentition에 영향을 줄 수 있는 요소는 치아의 수, 치아의 해부학적 구조가 있다. 치아의 수는 단일요소로서는 저작능에 영향을 가장 크게 줄 수 있는 요소이며 저작능은 대구치와 소구치와 관련이 크다. 그러나 개개인에 따른 저작능 요구 정도가 달라 적절한 저작능을 발휘할 수 있는 최소치아를 정의하기는 힘들다. 치아는 교합면을 구성하는 주요한 세 가지 요소인 cusp, ridge, fissure가 서로 유기적으로 접촉하여 음식을 저작하는 기능을 담당한다. Occlusal area가 클수록 저작능이 높으며 Occlusal surface가 넓을수록 구강내의 음식을 upper and lower teeth 사이에 머무르게 하는 기회를 증가시킴으로써 저작능을 증가시킬 수 있다.^{5,6,7} 결론적으로 비해부학적인 치아보다는 해부학적인 치아가 효율이 높다. 그러나 cusp의 inclination에 대해서는 아직도 의견이 명확하게 정립되지 않은 상태이며 이는 저작에는 cusp inclination 이외에도 다른 많은 요소가 관여하기 때문에 여겨진다. cusp의 inclination 또한 무조건 낮게, 또는 높게 설정할 수 있는 것이 아니고, anterior guidance와 condylar inclination, lateral translation등의 mandibular movement에 의해 영향을 받는다는 것이 알려졌다. Bite Force측정은 근육의 활성도를 측정하여 얼마나 치아들이 강하게 만나고 있는지를 알아 볼 수 있으며 Maximum voluntary bite

force을 주로 측정한다. 저작에 관련하는 근육은 Masseter, Temporalis, Median Pterygoid muscle, Lateral Pterygoid muscle, Digasticus, Infrahyoid muscle등이 있으며 대부분의 Bite force측정은 Masseter와 Temporalis에서 이루어진다. 근육의 활성도는 Brain stem에 존재하는 CPG (Central pattern generator)에서 조절되며 Periodontal pressoreceptor, muscle spindle 등에 이루어지는 Peripheral feedback에 의해 조절된다. Aging이 진행될수록 근육의 힘 감소, 부정교합, 치주질환 등의 원인으로 인해 교합능이 감소될 수 있으나 aging이 직접적인 요소라고 판단하기 힘들며 aging보다는 치열감소로 인해 저작능이 감소되는 것으로 판단된다.

위와 같은 요소들 이외에도 임플란트의 경우는 PDL부재의 태생적 한계로 인해 생역학적인 측면을 고려해야 한다. Rilo⁸나 Kim 등은 생역학적인 원리를 고려하여 임플란트 보철물에서 교합의 원칙을 제시하였으며 그 이외에도 많은 논문에서 임플란트 보철물의 교합에 대해 다루었는데 그 중 공통된 원칙은 다음과 같다. 대부분의 임플란트 교합을 다룬 논문에서 일치되는 바는 임플란트가 자연치 보다 약한 교합을 담당해도 되는 경우와 임플란트가 자연치와 동일하거나 더 강한 교합을 담당해야 하는 경우로 구분하여 각각의 증례에 맞는 임플란트 교합의 원칙을 제시하고 있다는 것이다. 자연치 보다 약한 교합력을 담당해도 되는 경우는 대부분의 간단한 부분 무치악 보철물이 해당될 것이며 자연치가 편심위 운동을 담당하는 것도 공통적인 부분이다. 반면 임플란트가 자연치와 동일하거나 더 강한 교합을 담당해야 하는 경우는 임플란트로만 이루어진 구치부 교합을 설정하는 경우이며 이 경우 개별 임플란트에 가해지는 교합력은 가급적 분산 되어야 하는 것이 그 원칙이라 할 수 있다. 또한 임플란트 보철물은 생역학적인 측면을 고려하여 기존의 보철물 보다 비해부학적인 구조를 가지게 된다.^{9,10,11}

임플란트의 장기적인 성공을 위해 임플란트

보철물의 교합형태가 자연치와 다르게 형성됨에도 불구하고 Strassburger 등의¹² 종설에서 고정성 임플란트 보철에서 67-90% 환자가 임플란트 보철물의 저작능에 대해 만족하고 있다고 하였다. 이와 같이 대부분의 연구에서는 임플란트 저작능은 객관적, 주관적으로 우수하다고 결론을 내리고 있으나 주관적으로 임플란트 저작능에 대해 만족하지 못하는 경우도 보고되고 있어 이에 대한 고찰을 하고자 한다.

본 론

임플란트 보철물의 저작능력에 관련된 요인 중 PDL 부재로 인해 Bite force의 regulation이 잘 되지 않으며 이러한 점으로 인해 임플란트 보철물의 저작능력이 감소될 수 있는 가능성이 있다. 이와 관련된 논문에 대해 고찰을 하고 PDL의 부재와 임플란트 보철물의 저작능력 감소의 관련성을 밝히고자 한다.

1. Teeth and Implant

자연치와 임플란트의 생물학적, 생역학적 차이점들을 Table I에 정리하였다. 임플란트와 비교하였을 때 자연치의 지지구조는 치조경 골에 가해지는 하중을 감소시키도록 설계되어 있다. PDL은 생역학적 설계, 재료의 탄성계수, 신경혈관 복합체, 교합, 주위골질이 복합적으로 작용하여 교합 과하중의 위험을 감소시킨다. 이와 같이 임플란트 보철물이 자연치에 비해 여러 면에서 생역학적으로 불리한 구조임에도 불구하고 임플란트 치아에 과도한 압력이 가해졌을 경우에도 초기 가역적인 징후나 증상이 나타나지 않는다. 임플란트는 치아의 주요한 응력흡수체인 PDL이 없기 때문에 교합 시 발생하는 응력을 골과 임플란트 계면에서 수용해야 하는데, 계면이 흡수할 수 있는 정도를 초과하는 교합력이 발생할 경우 교합외상의 전조 증상을 느끼지 못한 채로 임플란트의 실패를 유발할 수 있다. 이때의

Table I. Natural teeth vs. implant

Index	Tooth	Implant
Surrounding apparatus	Periodontal ligament	Bone
Applied force	Decreased	Increased
Mobility	Various according to teeth	No
Movement	Buffering action of PDL	Stress concentration into crestal bone
Apical movement	28 settling down fastly	No
Lateral movement	56 - 108	10 - 50
Diameter	Wide	Narrow
Cross section view	Not round shape	Round shape
Elastic modulus	With or without cortical bone	5 -10 times higher than cancellous bone
Sensitivity	High	Low
Occlusal contact perception	High	Low (higher stress condition against light prematurity)

교합외상은 큰 힘이 단기간에 외상을 주는 방식이 아니라, 작은 강도의 힘이 장기간 가해지면서 임플란트 보철물의 피로실패를 유발하는 방식이 일반적이다.

2. Neuromuscular control of chewing

저작은 뇌간의 CPG (Central Pattern Generator)에서 턱으로 Rhythmic activity를 제공함으로써 시작된다.^{13,14} 이러한 Rhythmic activity는 턱의 근육에 작용하여 저작을 시작하게 된다. 저작이 시작되면 아래턱의 위치, 속도 등의 저작운동과 관련된 정보들을 말초단위에서 기계적감각수용기, 근방추 등에서 CPG에 제공하게 되고 저작운동을 조절하게 되며 이러한 조절과정을 Peripheral Feedback이라 한다. PDL에 있는 기계적감각수용기는 Peripheral feedback에 관여하며 많은 양의 정보를 제공하기 때문에 저작운동에 있어 PDL의 역할이 중요하다고 생각된다.

3. Osseoperception

PDL의 부재로 인해 임플란트가 자연치 보다는 감각능력 부족하나 많은 연구에서 임플란트 보철물의 감각능력이 가철성 국소의치나 총의치보다 뛰어나다고 밝히고 있다. 몇몇 학자들은 임플란트 주위에 기계적감각수용기가 존재할 수 있다는 주장을 하고 있으며 이를 뒷받침할 근거를 찾는 연구가 진행되고 있다. 2005년 Abarca¹⁵ 등은 임플란트 보철치료 받은 환자에 대해서 Peripheral feedback이 존재하며 이러한 feedback pathway를 Osseoperception이라 정의하였다. 2006년 Abarca 등은 임플란트를 식립한 Dog mandible에서 임플란트 주위에 Neurofiber를 발견하였다 (Fig. 1). 임플란트 주위에 Neurofilament Protein (NFP) positive fiber가 생성되며 이러한 신경이 기계적감각수용기 역할을 할 수 있다고 주장하였으나 이를 입증할 추가 연구들이 필요하다.

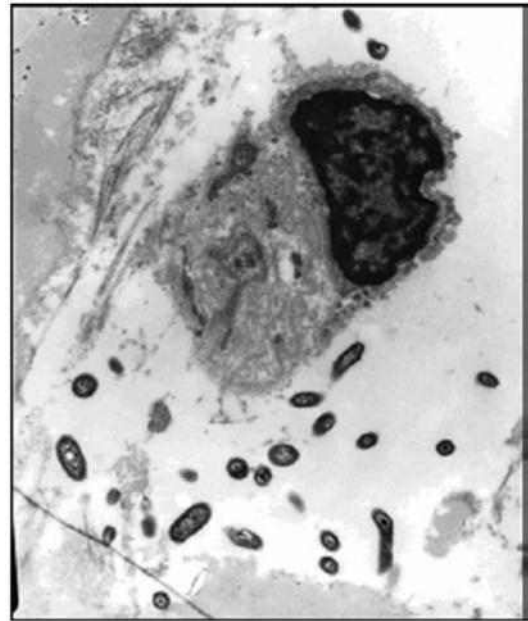


Fig. 1. NFP positive fiber : Neural ending presenting a multilayer basal lamina. (M. Abarca et al. 2006.)

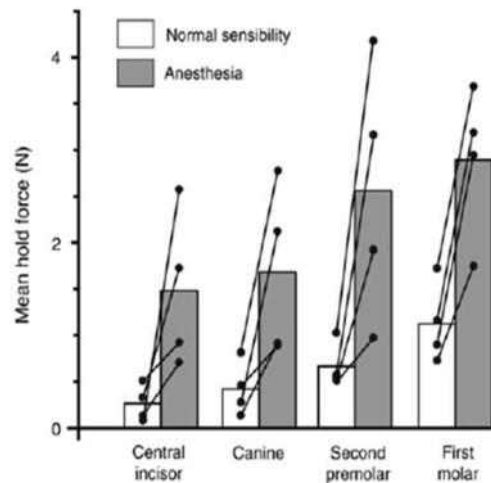


Fig. 2. Mean holding force and split force under anesthesia of PDL (Johnsen et al. 2007)

4. Regulation of Bite force

2007년 Johnsen SE¹⁶ 등은 치아 사이에 음식물을 두고 음식물을 잡고 있는 힘을 측정하여 Mean holding force라 정의하였으며 일정 시간 동안 음식물을 치아 사이에 두고 있다가 힘을 주어 음식물을 조각냈을 때의 힘을 split force라 정의하였다. Peanut을 이용하여 PDL을 마취했을 때와 마취하지 않았을 때의 Mean holding force와 split force를 측정하였다. Mean holding force는 3.5배 증가하였으며 split force의 차이는 없었다고 하였다 (Fig. 2). Mean holding force는 음식물 저작하기 전에 음식물을 치아로 물고 있는 힘이며 split force는 음식물을 조각 낼 때 필요한 힘이다. PDL 마취 시행 시 정상시보다 Mean holding force가 변한다는 것은 PDL의 부재가 저작운동에 영향을 준다는 것을 입증하는 것이다.

2009년 Svensson¹⁷ KG 등은 앞의 논문과 같은 방법으로 실험을 진행하였으며 PDL 마취했을 때와 마취하지 않았을 때, 부드러운 음식(biscuit)과 딱딱한 음식(peanut)간의 Split force, Force

duration, Mean Force rate를 측정하였다. 논문의 결과 PDL 마취 시 Force Duration증가, force rate 감소한다고 하였으며 Soft food와 Hard food 비교 시 Split force, Force duration, Mean force rate가 증가한다고 하였다 (Fig. 3). 결론적으로 Soft food와 Hard food의 Holding force는 차이가 없으며 Hard food 저작 시 Split force, Duration, Force rate 증가하며 Soft food 저작 시, Normal group과 Anesthesia group간의 유의한 차이가 없었으나 Hard food 저작 시에는 Anesthesia group에서 Duration증가, Force Rate 감소가 나타났다. 이 결과에서 알 수 있는 것은 PDL의 부재가 저작운동에 영향을 준다는 것을 알 수 있으며 특히 Hard food 저작 시에 그 영향이 더 큰 것을 알 수 있다. Hard food 저작 시에 PDL의 역할이 더 크다고 예상할 수 있다. 앞의 논문과 비교하였을 경우 PDL 마취시의 split force의 변화가 다르나 공통적인 점은 PDL의 부재가 저작운동에 영향을 줄 수 있다는 점이다.

Grigoriadis A¹⁸ 등은 2011년에 13명의 전악 임플란트 고정성 보철물 장착 환자와 자연치열을

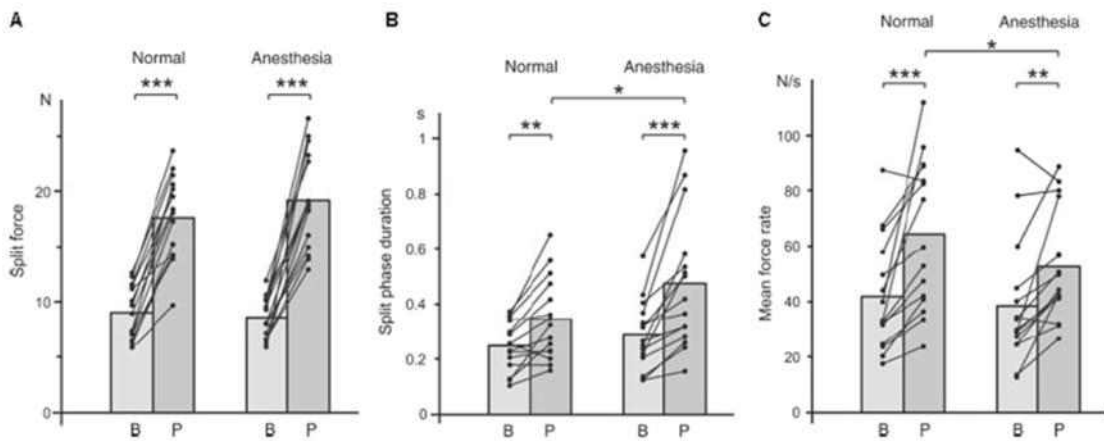


Fig. 3. Split force, force duration and mean holding force under anesthesia of PDL (Svensson et al. 2009) (B : Bisquit - soft food, P : Peanut - hard food)

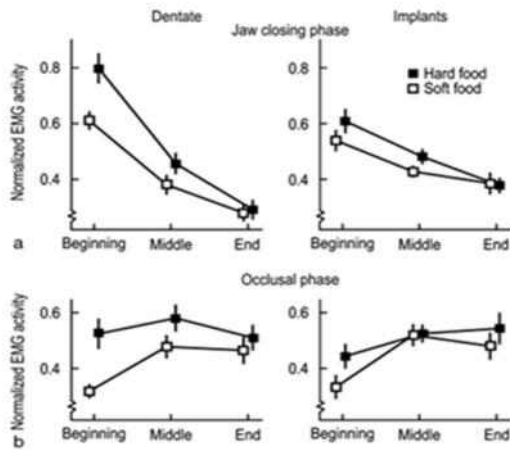


Fig. 4. Normalized EMG activity averaged across all four muscles from dentate participants (left panels) and implant participants (right panels) during the three segments of the masticatory sequence when chewing hard and soft test foods

가진 환자에서 음식물 저작 시에 EMG를 사용하여 저작력을 비교하였다 (Fig. 4). 자연치열을 가진 환자에서는 closing phase에서 muscle activity가 감소되며 occlusal phase에서는 muscle activity가 증가하는 경향이 있다. 또한 soft food 저작 시보다 hard food 저작 시 muscle activity가 증가한다. 이러한 muscle activity 조절과정에 PDL의 기계적감각수용기가 작용하게 된다. 임플란트 보철물 장착 환자에서는 자연치열을 가진 환자들과 비교하였을 때 전반적인 Muscle activity의 변화 양상은 비슷하나 그 변화량이 작다. 이러한 차이는 soft food와 hard food 저작 시 더욱 두드러진다. 이러한 원인은 Peridontal afferent의 부재로 인한 것이며 이러한 부재가 임플란트 보철물의 저작능을 감소시킬 수 있다고 생각해볼 수 있다. 결과적으로 PDL에 있는 기계적감각수용기는 저작운동의 조절에 관여하며 이러한 기계적감각수용기가 없을 경우에 Peripheral Feedback의 감소로 인해 저작 시 저작근의 조절능력이 감소하여

저작효율이 떨어질 수 있다고 예상되며 이러한 현상은 딱딱한 음식에서 더 두드러지게 나타날 수 있다.

위의 논문들의 결과를 종합해 보면 PDL의 부재가 저작운동에 영향을 줄 수 있으며 그 결과 저작능이 감소될 수 있으며 그러한 경향은 딱딱한 음식 저작 시에 더 두드러진다고 볼 수 있다.

결 론

일반적으로 임플란트 보철치료는 저작능력 회복에 있어 효과적인 방법으로 받아들여지고 있다. 임플란트 보철물의 구조적인 한계가 있음에도 불구하고 대부분의 환자는 임플란트 보철의 저작능에 만족하고 있다. 그러나 일부 환자들은 임플란트 보철물의 저작능에 대해 만족하지 못한다. 그 원인으로 PDL의 부재로 인해 Peripheral Feedback 능력이 감소하게 되고 그 결과 저작운동의 효율성이 감소하게 된다. 그러나 이러한 결론을 모든 환자에게 적용하기는 힘들며 이러한 부분에 관해서 좀 더 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Misch CE. Dental Implant Prosthetics 1e. Translated by Jeesung Publishing.2005 p.15-29, 472-507.
2. James L. Leake. An Index of Chewing Ability. Journal of Public Health Dentistry. Vol. 50, No. 4, Summer 1990:262-267
3. Moon-Sun Kim, Jae-Kwan Lee, Beom-Seok Chang, Heung-Sik Um. Masticatory function following implants replacing a second molar. Periodontal Implant Sci 2011;41:79-85.
4. van der Bilt A. Assessment of mastication with implications for oral rehabilitation: a review. J Oral Rehabil. 2011 Oct;38(10):754-80.
5. Luke DA, Lucas PW. Chewing efficiency in relation to occlusal and other variations in the natural human dentition. Br Dent J. 1985 Dec 21;159(12):401-3.

6. Akeel R, Nilner M, Nilner K. Masticatory efficiency in individuals with natural dentition. *Swed Dent J.* 1992;16(5):191-8.
7. Carlsson GE. Masticatory efficiency: the effect of age, the loss of teeth and prosthetic rehabilitation. *Int Dent J.* 1984 Jun;34(2):93-7.
8. Benito Rilo, José Luis da Silva, Guidelines for occlusion strategy in implant-borne prostheses. A review. *Intentional dental journal*(2008)58:139-145.
9. MD Gross. Occlusion in implant dentistry. A review of the literature of prosthetic determinants and current concepts. *Australian Dental Journal* 2008; 53:(1 Suppl): S60-S68.
10. Fontijn-Tekamp FA, Slagter AP, Van Der Bilt A, Van 'T Hof MA, Witter DJ, Kalk W, Jansen JA. Biting and chewing in overdentures, full dentures, and natural dentitions. *J Dent Res.* 2000 Jul;79(7):1519- 24.
11. Adell R. Tissue integrated prosthesis: Osseointegration in clinical dentistry. *Int Dent J.* 1985 Dec;35(4):259-65.
12. Strassburger C, Kerschbaum T, Heydecke G. Influence of implant and conventional prostheses on satisfaction and quality of life : A literature Review. *Int J Prosthodont.* 2006 Jul-Aug;19(4):339-48.
13. Ferrario VF, Tartaglia GM, Maglione M, SimionM, Sforza C. Neuromuscular coordination of masticatory muscles in subjects with two types of implant-supportedprostheses.*Clin.OralImpl. Res.* 15, 2004; 219-225.
14. J. F. BATES, G. D. STAFFORD and k. HARRISON. Masticatory function-a review of the literature. *Journal of Oral Rehabilitation*, 1976, Volume 3; 57-67.
15. M. ABARCA, D. VAN STEENBERGHE, C. MALEVEZ, R. JACOBS. The neurophysiology of osseointegrated oral implants. A clinically underestimated aspect. *Journal of Oral Rehabilitation* 2006 33; 161-169.
16. Johnsen SE, Svensson KG, Trulsson M. Forces applied by anterior and posterior teeth and roles of periodontal afferents during hold-and-split tasks in human subjects. *Exp Brain Res.* 2007 Mar;178(1):126-34.
17. Svensson KG, Trulsson M. Regulation of bite force increase during splitting of food. *Eur J Oral Sci.* 2009 Dec;117(6):704-10.
18. Grigoriadis A, Johansson RS, Trulsson M. Adaptability of mastication in people with implant-supported bridges. *J Clin Periodontol.* 2011 Apr;38(4): 395-404.

Discussion of Neurologic Factor Influencing on Chewing Ability of Implant

Tae-Seon Kim, Jun-ho Yoon, Sung-Hoi Kim, Jee-Hwan Kim, June-sung Shim, Jae-Hoon Lee,
Hong-Suk Moon, Young-Bum Park

Dept. Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University

Many researches have been published about the numerous factors related to the chewing ability of implant prosthesis. Most respective studies have concluded that the chewing ability of implant prosthesis is mostly fine compared to other type of prosthesis. However, some patients are not satisfied with their chewing ability of implant prosthesis. Therefore the neurologic factor, one of the factors related to dissatisfaction of chewing ability was reviewed in this study to understand the mechanism of action of mastication. Data was searched using the keywords; 'implant chewing ability, masticatory ability' in Pubmed database and reviewed. Definitions of chewing ability, factors of chewing ability are reviewed and the neurologic factor, one of the factors influencing on chewing ability, is reviewed. Mechanoreceptor of Periodontal ligament(PDL) is providing the mastication information to brainstem. Due to the absence of mechanoreceptions of PDL in implant, masticatory ability is decreased especially when chewing hard food. Masticatory muscles and mechanoreceptor in TMD may compensate the lack of mechanoreceptor of PDL in implants. Furthermore sensitivity of nerve fiber around peri-implant tissues may support the mechanoreception and sensory reaction in the implant mastication. However, further studies should be conducted to prove the relationships between neurologic factors and mastication.

Key words: Implant chewing ability, Implant chewing efficiency, Implant masticatory function, periodontal ligament(PDL)

Correspondence to : Young-Bum Park, D.D.S.,M.S.,Ph.D.
120-752 Dept. Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University
Shinchondong Seodaemungu, Seoul, Korea

Received: April 03, 2012, Last Revision: May 23, 2012, Accepted: September 25, 2012