교합의 기초: 하악운동

Foundation of Occlusion: Mandibular Movement

원광대학교 치과대학 보철학교실,

조교수 오 상 천

1. 하악운동의 연구사

하악운동을 고찰하기에 앞서 중요한 교합학 용어를 연대순으로 정리하여 하악운동 연구사의 흐름을 이해하는 것이 악운동 개념정립에 도움이 될 것으로 판단되며 이를 위해 악기능교합학회에서 편찬한 "교합학 용어 및 도해"라는 책[1]을 바탕으로 몇 가지 중요한 용어를 설명하면 아래와 같다.

(1) 하악삼각(Mandibular triangle, Bonwill triangle, 1850)

의미: 단순접번교합에서 비록 전진운동이었으나 과두운동 개념이 최초로 도입

하악 중절치 절단(근심우각) 또는 하악정중선(무치악의 경우)과 좌우 과두를 연결하는 한 변이 4 inch(10cm)인 삼각형을 의미하는 것으로(그림1),[2] 이는 양 과두간 거리를 10.315cm로 하는 초기 해부학적 교합기 설계에 기본이 되었다. 당시 Bonwill은 측방운동 시 작업측은 회전하고 비작업측은 단지 전진운동만 하는 것으로 가정하여 양측성 균형교합(bibalanced occlusion)의 원시적 개념을 제기하였으며, 이를 근거로 1805년 Gariot에 의해서 최초로 개발되었던 단순접번교합기에 이어 비록 수평이동뿐이었지만 좌우 과두가 따로 움직일 수 있는 과두의 운동 개념이 추가된 최초의 기능교합기를 소개하였다.[3]

(2) 보크윌각(Balkwill angle, 1866)

의미: 과두의 전진 운동이 좀더 실제에 가까운 전하방으로 근접

하악이 전방운동 시 하악 구치부가 Bonwill triangle의 한쪽 측면과 일치하여 전하방으로 움직인다는 진일보된 가정 하에 교합평면과 하악삼각이 이루는 각을 의미한다(그림1).[4] 일반적으로 하악삼각은 하악 양 중절치 절치점에서 하악제2대구치 원심협측교두를 잇는 가상의 교합평면에 대해 약 26°의 평균값을 보이며 이는 기능적 해부학적 교합기에 응용되었다.

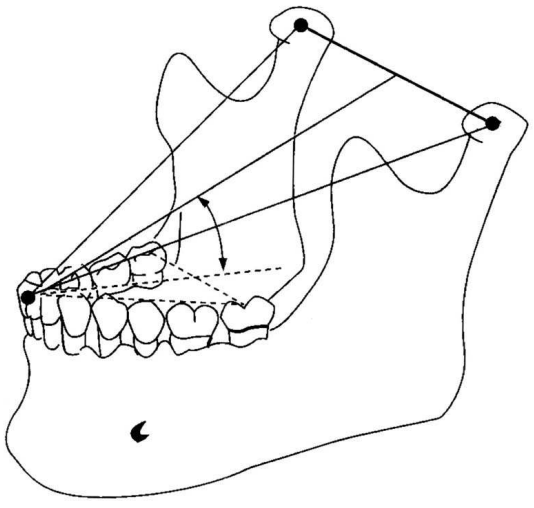

그림 1. Bonwil 삼각과 Balkwil 삼각.

(3) 전후만곡(Spee만곡, 1890)

의미: 치열의 전후 교합면 형태와 하악 전후운동과의 관계를 조명

시상면에 투영된 정상치열은 하악견치의 첨두에서 대구치 협측교두정 그리고 하악지의 전연을 거쳐 하악두 최전방에 이르는 아래로 볼록한 해부학적 치열 만곡을 이루는데 Spee는 이 원호의 중심이 안와내 누골 상연부에 있고 하악운동은 이 점을 중심으로 진자운동(진자운동설)을 한다고 보고하였다.[5] 따라서 그들은 치열이 이 운동과 조화를 이루어야 한다고 믿었으며, 교합간섭으로 인해 조화가 깨지면 양측성 균형교합을 이룰 수 없다고 생각했다. 오늘날 이 양측성 균형교합 이론은 여러 부분에서 실제와는 거리가 있어 더 이상 지지 받지 못하고 있으나 아직도 총의치나 유리단 국소의치 일부에서 의치의 유지력을 위해서 이 균형교합이 응용되고 있다.

(4) 측방만곡(Wilson만곡, 1900?)

의미: 치열의 좌우 교합면 형태와 하악 좌우운동과의 관계를 조명

전두면 상에 투영되는 좌우의 동명 구치들의 양측 협측교두정과 설측교두정을 연결하는 아래로 볼록한 치열 만곡으로 이는 해부학적으로 더 높고 예리한 하악구치의 설측교두가 구강 내에서 주 저작근인 교근이나 내측익돌근의 주행방향과 일치하여 설측으로 약간 기울어져 있기 때문에 형성되는 곡선으로 교합압 관점에서 볼 때 매우 유리한 형태이다. 간혹 장년 층에서 오랜 기능에 의해 기능교두(특히 하악협측교두)가 심하게 닳을 경우 오히려 상방으로 볼록한 곡선(Anti-Wilson만곡)을 보이기도 한다.

(5) 몬슨만곡(Curve of Monson, Monson`s spherical theory, 1918)

의미: 치열의 전후, 좌우 교합면 형태와 하악골의 운동과의 관계를 조명

하악 치아가 상악 교합면을 따라 움직일 때, 반지름이 4 inch(약10cm)인 구면 위를 미끌어 지듯이 움직이고, 이 구면의 중심점은 미간(glabella) 부위에

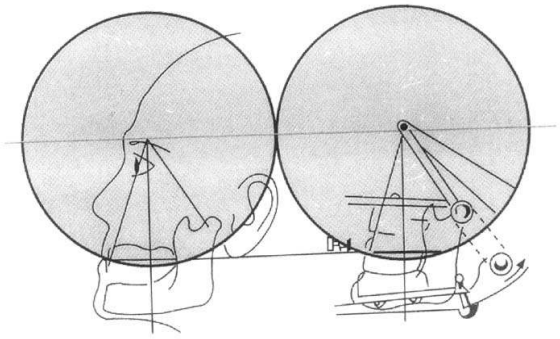

그림 2. Monson의 구면설과 교합기.

위치하며 구면의 원호는 하악 절치점에서 좌우 하악와의 관절융기(articular eminence)를 지나게 되거나 혹은 이와 동심원상에 있게 된다는 이론[6]으로 하악삼각, 전후만곡, 그리고 좌우만곡을 입체적인 구면개념으로 통합 발전시킨 것이다(그림2). 그러나 이 역시 오늘날에는 많은 부분에서 잘못된 점들이 지적되고 있으며 단지 교합만곡이 약 4 inch 반경의 구면 일부를 형성하는 해부학적 견해만이 인정되고 있다.

(6) 크리스텐센 현상(Christensen Phenomenon, 1905)

의미: 하악 운동 시 치열(교합평면)과 과로경사각과의 관계를 조명

하악의 운동 시 대합하는 교합면 사이에 생기는 간격[7]을 의미하는 것으로 이를 시상면과 전두면에서 분석할 수 있다. 시상 크리스테센 현상은 과두가 관절결절의 후벽을 따라 전하방으로 활주할 경우, 절치부는 수평이동하지만 구치부는 전하방으로 하강하여 교합면 사이에 공극이 생기는 현상으로 이 양은 시상 과로경사각과 시상 절치로경사각(전방유도)에 의해서 영향을 받는다. 측방 크리스텐센 현상은 측방운동 시 비작업측 과두가 전하내방으로 주행하면서 비작업측 구치부 교합면 사이에 간극이 생기는 현상으로 비작업측 측방 시상과로 경사각과 전방유도 크기에 의해서 영향을 받는다. 오늘날 임상에서 환자의 과로경사도를 반조절성 교합기의 과로부에 옮기기 위해 이 현상을 이용한 check bite method가 이용된다.

2. 하악 운동의 결정인자(determinants)

교합과 하악운동은 전방의 상하악 전치 피개(수평/수직) 결과인 전치유도(anterior guidance)와 후방의 하악와(mandibular fossa)와 과두(mandibular condyle)의 관계로 나타나는 과로유도(condylar guidance)에 의해서 영향을 받는다(그림3). 이들은 서로 도와가며 하악운동을 조절하고 교합면 형태(교두 높이, 와의 깊이, 융선과 구의 방향) 결정에 관여한다. 일반적으로 절치점이 교두감합위에서 절단교합에 이르는 경로인 전방절치로는 전방과로보다 경사가 더 급해 이 두 시상 경사로 차이가 전방운동 시 구치이개를 유도하게 되며 이를 위해 전방과로보다 전방절치로는 약 5-25도 커야 한다. 후방결정인자인 과로유도는 치열의 장기적인 변화에 따른 remodelling과 같은 요인에 의해 악관절에 형태변이가 이루어짐으로 다양하게 나타나는 것으로 보고되며,[8] 건강한 상태로 개선은 가능하나 형태수정은 불가능한 것으로 보고된다.[9] 또한 과로란 실제적으로 연조직으로 구성되어 있으므로 측방절치로가 작업측 과로의 시상면 내에서 과로 편위를 제어하고 이로 인해 전방과로와 측방과로 모두에서 상당량의 편차(전방과로와 비작업측 측방과로: 최대 0.78mm,[10] 작업측 측방과로: 최대 0.3mm)를 보이는 것으로 보고된다.[11] 따라서 전방 결정인자인 전방유도는 과로에 비해 교두경사에 더 큰 영향을 주고 치과의사에 의해서 수정과 개선이 가능하므로 교합

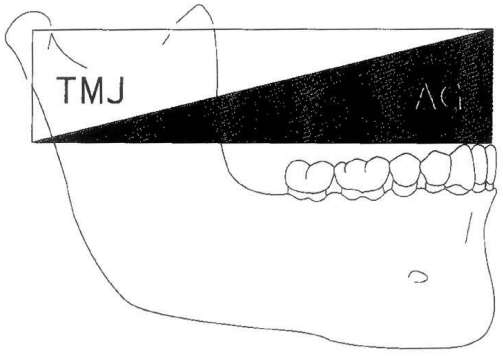

그림 3. 치아 외형이 후방요소에 가까울수록 과두유도에, 전방요소에 가까울수록 전치유도에 더 많이 영향을 받음을 보여주는 모식도.

개선이 필요할 경우, 후방결정인자의 건강도를 확인한 후에 전방결정인자를 치료의 대상으로 삼게되므로 전방유도가 과로보다 임상적으로 더 큰 의미를 지니게 된다.

3. 범위에 따른 하악운동

저작, 발음, 연하, 하품 등 정상적인 하악의 모든 운동은 자연스러운 듯 보이나 실은 일정한 경계를 벗어나지 않는다. 따라서 이러한 경계를 기준으로 골, 인대, 연조직에 의해서 제한을 받지 않으면서 습관적으로 움직이는 경계내운동(습관운동)과 의도적으로 그들의 제한을 받을 때까지 일정한 경계를 따라 일어나는 경계운동으로 나뉜다.[12]

(1) 경계내운동(습관운동, intra-border movement, habitual movement)

저작이나 발음 등의 일상적 기능 중에 경계 내에서 일어나는 운동으로 임상적으로는 중요한 의미를 가지나 그 경로가 다양하여 정밀하게 재현이 불가능한 운동이다.

(2) 경계운동(한계운동, border movement)

해부학적 구조의 한계를 따라 하는 운동으로 재현 가능성이 높다. 이를 시상면, 수평면, 그리고 수직면으로 나누어 설명하면, 시상면 경계운동은 하악이 경계를 따라 수직 전후 개폐운동을 할 때, 하악 절치점이 시상면에 그리는 특징적인 방추상 형태의 한계운동으로 나타난다(그림4).[13] 이를 4단계로 설명하면 제1단계는 하악과두가 관절와의 중심위(최후퇴위)에 있을 때에 terminal hinge axis (horizontal transverse axis)를 중심으로 하악 과두의 순수한 회전운동에 의해 이루어지는 개구운동을 말하며, 하악이 약 10-13°의 범위 안에서 개구했을 때 발생한다.[14] 제2단계는 순수한 회전운동이 끝나는 곳에서 하악과두가 관절와 내에서 회전, 활주하면서 관절융기를 타고 최대개구위에 도달하기까지 일어나는 개구운동을 말하고, 제3단계는 하악과두가 관절와의 최전방에서 다시 후퇴하면서 최(전)상방위에 도달할 때까지 발생하는 하악의 폐구운동을

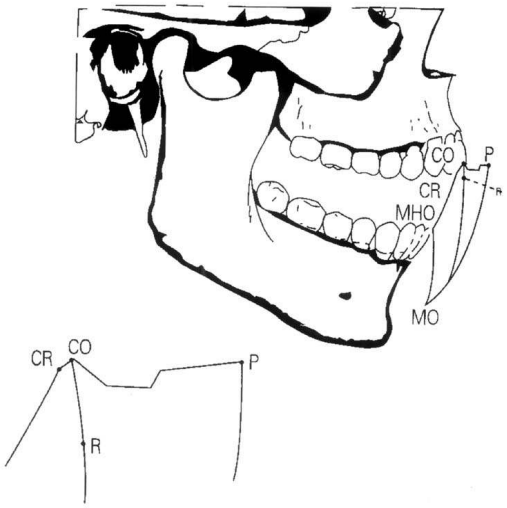

그림 4. 시상면에서 하악의 경계운동.

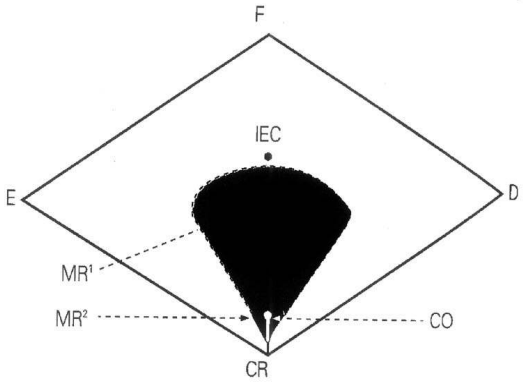

그림 5. 수평면에서 하악의 경계운동.

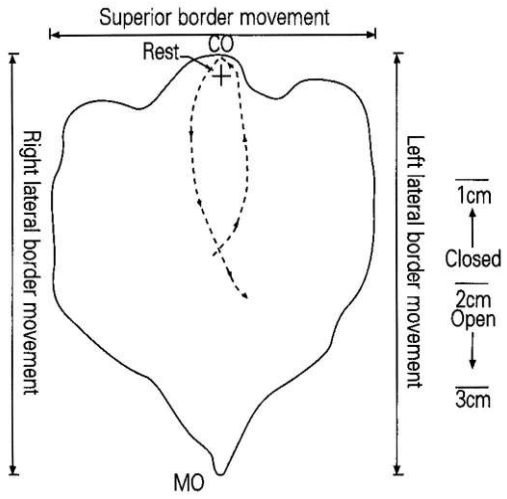

그림 6. 수직면에서 하악의 경계운동.

의미하며, 제4단계는 하악의 최(전)상방 위에서 최후퇴위(중심위)로 되돌아오는 치아의 접촉 활주운동으로 이는 교차교합, 절단교합, 최대교두감합 그리고 중심교합 순의 경로를 밟아 다소 불규칙한 경향을 보인다. 수평면 경계운동은 하악이 경계를 따라 수평 전후 좌우 측방운동을 할 때, 하악 절치점이 수평면에 그리는 마름모 형태의 한계운동으로 나타나고(그림5), 일명 Gothic arch라 부른다.[15] 수직면 경계운동은 하악이 경계를 따라 수직 좌우 개폐운동을 할 때, 하악 절치점이 수직면에 그리는 특징적인 방패 형태의 운동으로 최상방은 중심교합위와 일치하며 좌우로 벌어져 측방한계운동로가 나타나고 다소 개인차가 있지만 최하방위는 최대개구위와 일치한다(그림6).

4. 하악의 기본운동

하악의 기본운동은 하악운동의 결정인자와 관련된 인대와 근육에 의해 일어나며 크게 개폐운동, 전방운동, 측방운동, 후퇴운동으로 나눌 수 있다.

(1) 개폐운동

양 과두를 잇는 transverse horizontal axis를 중심으로 교두감합위에서 최대개구위를 향해 하악을 하강시켰다가 그 위치에서 다시 폐구하는 운동을 개폐운동이라 한다. 운동발생 시 과두의 위치에 따라 후방개폐한계운동, 전방개폐한계운동, 측방개폐한계운동, 습관성개폐운동 등으로 나뉜다. 후방개폐한계운동은 중심위에서 과두의 회전운동으로 시작하는데 그후 관절와의 관절융기를 따라서 활주와 회전이 혼합되어 전하방으로 이동하고 관절융기를 넘어 최대개구위에 도달하였다가 다시 닫히게 되는 하악의 개폐운동으로 초기 운동이 hinge axis를 중심으로 일어나므로 특히 다른 한계운동보다 보철학적 의미가 더욱 크다.[16] 전방개폐한계운동은 과두가 관절와의 최전방에 위치할 때에 발생하는 개폐운동을 말하며, 습관성개폐운동은 하악의 반사적

폐쇄운동으로 교두감합위에서 출발하여 안정위를 통과한 후 종말위에서 다시 교두감합위로 되돌아오는 개폐운동을 의미한다.

(2) 전방운동

관절와 내에서 과두와 관절원판이 관절융기를 따라 활주 하강하고 치열은 교두감합위(중심위)에서 상하악 치열이 서로 닿으면서 시상절치로(sagittal incisal path)를 따라 하악이 전방으로 돌출하는 운동이다.[17] 하악이 전방운동할 때 과두의 운동로인 시상전방과로는 캠퍼평면에 33-36°의 경사를 보이고,[18,19] Frankfort plane과는 평균 40°를 보인다.[20] 전방운동은 일반적으로 두 개의 요소, 즉 하악과두의 운동을 유도하는 후방의 시상전방과로(sagittal protrusive condylar path)와 전방의 전방유도 즉 전방절치로(protrusive incisal pathway)에 의해서 영향을 받는 것으로 보고되며,[21] 일부에서는 전방운동 시 절치로와 과로 사이에는 연관성이 없는 것으로 보고되기도 한다.[22]

(3) 측방운동

작업측 과두의 vertical axis와 sagittal axis를 중심으로 비작업측 하악과두와 관절원판이 관절와의 전하내방으로 미끄러져 내려감으로써 발생하는 운동으로 과로와 전치의 전방유도(측방절치로)에 의해서 영향을 받는다. 이런 측방운동에서 비작업측 과두의 전하내방 이동으로 관절와 내에서 과두와 관절원판의 복합체가 나타내는 운동로를 측방과로(lateral condylar path)라 부르고, 작업측 과로와 비작업측(평형측) 과로로 나뉜다. 전방운동에서는 교두경사에 대한 과로유도와 전치유도가 거의 영향을 미치지 못하는 반면에 측방운동 시에는 견치유도가 비작업측 과로유도보다 더 큰 영향을 주며, 각 치아군에 대한 영향은 있었으나 성별에 따른 차이는 거의 없는 것으로 보고된다.[23,24] 비작업측 시상 측방과로는 비작업측 과두의 전하내방 이동을 시상면에서 본 것으로 과거에는 시상전방과로보다 길고 경사가 급하면서 이 둘의 차이인 fisher angle이 평균 5도를 보이는 것으로 보고되었으나, 최근 전자학적 연구에서는 전방운동과 측방운동의 시상과로는 약 40도로 비슷하여 fisher angle이 0에 가까운 것으로 확인되었다. 비작업측 수평 측방과로, 즉 수평측 측방과로가 시상면과 이루는 평균 13.9°의 각을 측방과로각(lat. Condylar path inclination) 또는 Bennett angle이라 부른다(그림7).[25] 이 Bennett angle(측방과로각)은 비작업측과두가 전방만이 아니라 내측방으로 이동함에 따라 발생하는 것으로 순수 내측방 이동성분을 side shift라 부른다. Immediate side shift는 악관절을 이루고 있는 연조직 때문에 그 상태에 따라 크기가 좌우되는 초기 순수 내측방 이동을 말하고, progressive side shift는 전방 이동성분에 비례해서 생기는 점진적인 내측방 이동을 말하며 이를 추적 분석하여 악관절 주위 구조물의 건강도를 진단할 수 있다. 측방운동 시, 작업측 과두에서는 비작업측의 내측방 이동성분에 의한 하악 전체의 측방

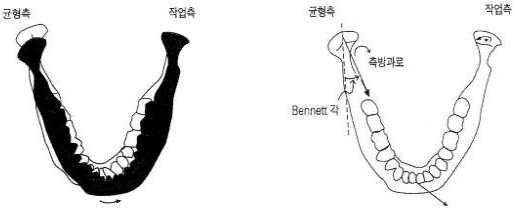

그림 7. 하악의 측방운동에 따른 비작업측 과두의 움직임.

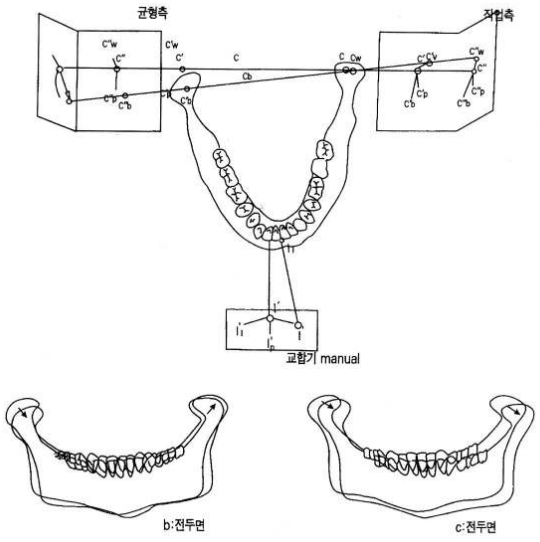

그림 8. 하악의 측방운동에 따른 작업측 과두의 움직임.

이동, 즉 작업측 과두의 외측방운동(laterotrusion), Bennett movement라 부르는데,[26] 실제로는 외측방과 더불어 개인에 따라 상(laterosutrusion), 하(-detrusion)로 이동이 복합적으로 일어나며, 이 방향/경로/시기는 측방전치로나 교두간강 등에 의해 개인차를 보인다(그림8).[27] 이 운동은 음식물 분쇄 시에 나타나는 강력한 운동으로 교합면 형태에 큰 영향을 주므로 보철학적으로 중요한 의미를 갖는다.[28] 만약 이 운동이 없었다면 작업측 과두가 순수한 회전운동만 하므로 기계적으로 교합기 상에서 기능적 형태를 쉽게 부여할 수 있었을 것이다.

(4) 후방운동

하악은 교두감합위에서 치아를 활주시켜 1mm 이하를 후방으로 즉 중심위로 이동할 수 있는데 이를 후방운동이라 한다. 임상적으로 최대교두감합위에서 약간의 후방운동으로 얻어지는 중심위 간에 편안한 이동이 가능한 교두간섭이 없는 long centric을 부여해야 한다.

맺으면서

기능적인 차원에서 치과수복물의 성패는 하악운동과 관련하여 구강 내 환경에 잘 적응하는 치관 외형 부여에 따라 좌우된다. 따라서 성공적인 수복물 제작을 위해서는 치아형태는 물론이고 하악운동의 동력학에 대한 이해가 필요하다.[29] 하악운동은 위에서 설명했듯이 악관절(TMJ)에 의해 제한을 받으며, 하악과두가 상악의 관절와 내에서 접번운동과 활주운동을 함으로써 복합적으로 이루어진다. 접번운동은 악관절의 관절원판의 아랫부분인 하관절강 내에서의 회전운동으로 하악의 개폐운동을 유도하며, 활주운동은 관절원판의 윗부분인 상관절강 내에서 관절원판과 과두가 관절와 경사를 따라 미끄러지는 활주운동으로 하악의 전, 후 운동과 측방운동을 유도한다. 이러한 운동은 본문에서처럼 일반적으로 시상면과 수평면 그리고 수직면에 투영된 평면적 정보를 바탕으로 설명되나 저작이나 발음 등의 실제적 상황에서는 이들이 합성된 3차원적 운동으로 표현되므로 이들을 입체적으로 이해해야만 임상에서 실제적인 도움을 받게 될 것이다.

참 고 문 헌

1. 이성복 외. 교합학 용어 및 도해, 제2판. 신흥내셔날, 2000.
2. GPT-7. Glossary of Prosthodontic Terms, 7th edition. J Prosthet Dent 1999.
3. Bonwill WGA. Articulation and articulator. J Am Dent Assoc 1865.
4. Balkwill E. The best form and arrangement of artificial teeth for mastication. Trans Odontol Soc Great Britain 1866;5:133.
5. Spee FG. Die Verschiebungsbahn des Unterkiefers am Schadel. Arch f Anat u Phys 1890:285.
6. Monson GS. Occlusion as applied to crown and bridge-work. J N Dent Assoc 1920;7:399.
7. Christensen C. The problem of the bite. Dent Cosmos 1905;47:1184.
8. Mongini F. Relationship between the temporomandibular joint and pantographic tracings of mandible movements. J Prosthet Dent 1980;43:331.
9. McCollum BB, Stuart CE. A research report. Calif Scientific Press, Pasaden Calif 1955:34-89.
10. Clayton JA. A panographic reproductibility index for use in diagnosing temporomandibular joint dysfunction: a report on research. J Prosthet Dent 1985;54:827-831.
11. Takayama H, Hobo S. The derivation of kinematic formulae for mandibular movement. Int J Prosthodont 1989;2:285-295.
12. Posselt U. Studies in the mobility of the human mandible. Am J Orthodont 1953;39:471.
13. Posselt U. Physiology of occlusion and rehabilitation, second edition. Blackwell Scientific, Oxford, 1968:174-218.
14. Posselt U. Hinge opening axis of the mandible. Acta Odont Scandinav 1956;14:49.
15. Gysi A. The problem of articulation. D Cosmos 1910;51:1.
16. Stuart CE. Accuracy in measuring functional dimensions and relations in oral prosthesis. J Prosthet Dent 1959;9:220.
17. Cinotti WR, Grieder A. Applied psychology in

dentistry. CV Mosby Co., St. Louis, 1964.
18. Gysi A. Selecting a form of denture service. D Digest 1929;35:73.
19. Zamacona JM, Aranda E. Study of the sagittal condylar path in edentulous patients. J Prosthet Dent 1992;68:314-317.
20. Lundeen HC, Wirth CG. Condyle movement patterns engraved in plastic blocks. J Prosthet Dent 1973;30:866-875.
21. Rugh JD, Johnson RW. Mandibular movements. In a textbook of occlusion(eds Mohl ND, Zarb GA, Carlsson GE and Rugh JD). pp. 129-141, Quintessence Publishing, Chicago, 1988. 22. Ingervall B. Range of sagittal movement of the mandibular border movements: A statistical study in a normal young nonpatient group. J Prosthet Dent 1972;30:67.
23. Ogawa T, Koyano K, Suetsugu T. The influence of anterior guidance and condylar guidance on mandibular protrusive movement. J Oral Rehabil 1997;24:303.
24. Koyano K, Ogawa T, Suetsugu T. The influence of canine guidance and condylar guidance on mandibular lateral movement. J Oral Rehabil 1997;24: 802-807.
25. Gysi A. Selecting a form of denture service. D Digest 1929;35:73.
26. Lucia VO. Morden gnathological concept. CV Mosby Co, St Louis, 1962.
27. Aull AE. Condyle determinants of occlusal patterns. Part Ⅰ&Ⅱ. J Prosthet Dent 1965;15:5.
28. Granger ER. Fundamental relations of the stomatographic system. JADA 1954;48:638.
29. John NP. Foundation of functional occlusion: mandibular movement. Quintessence of Dental Technology 1984:17-18.