

교정적 치아이동에 있어서의 생역학적 고려

(대구) 미치과의원 원장 김경철

ABSTRACT

Biomechanical consideration in Orthodontic Tooth Movement Mi Dental Clinic

Kyung-chul Kim, DDS, MSD, PhD.

Orthodontic tooth movement results from the application of forces to teeth. These forces are produced by the appliances (wires, elastics, etc.) inserted and activated by the clinician. The cells of the periodontium, which respond to those applied forces, are unaware of the bracket design, wire shape or material - their activity is based on the stresses and strains occurring in their environment. In order to achieve a precise biological response, one would have to apply precise stimuli (mechanical or otherwise). Minimizing or eliminating the unknown factors related to the delivery of force can reduce the variability in treatment response. The basis of orthodontic treatment lies in the clinical application of biomechanical concepts. Mechanics is the discipline which describes the effect of forces on bodies, biomechanics refers to the science of mechanics in relation to biological systems. Orthodontic treatment applies of forces to the teeth. Knowledge of the mechanical principles governing forces is necessary for the control of orthodontic treatment.

Key Words : Biomechanics, Force, Moment, Orthodontic tooth movement

I. 서 론

교정적 치아이동은 치아에 가해지는 힘의 결과로 생긴다. 이들 힘은 구강내에 장착되고 임상외에 의해 활성화되는 여러가지 장치물에 의해 발휘된다. 치아주위 조직은 치아를 통해서 전달된 힘에 복잡한 생리적 반응을 나타내어 결과적으로 치조골을 통해서 치아이동이 일어나게 된다. 가해진 이들 교정력에 반응하는 치근막의 세포들은 사용된 브라켓의 모양, 와이어의 형태

및 굵기, 또는 다양한 재료 및 치료술식에 대해서는 전혀 알지 못하고 단지 브라켓을 통한 힘의 체계에 의해 그들에게 가해지는 stress에 반응할 뿐이다. 그러므로 정확한 생리학적인 반응을 얻기 위해서는 원하는 stress와 strain이 생길수 있는 정확한 힘의 체계를 가해야 한다. 또한 치료와 관련된 알려지지 않은 요소를 줄이거나 없앨 수 있다면 치료반응에 대한 변수를 감소시킬 수 있다. 교정력을 다루는 기계학적인 원리의 올바른 이해가 교정적 치아이동의 조절에 필요하며 치료의 성공을 위해서는 치료술식도 중요하지만 원하는 치아이동에 필요한 힘의 체계와 작용-반작용의 원리를 바로 아는 것이 더욱 중요하다. 임상에서 장치물의 사용시 특히 생역학적 고려가 필요한 몇가지 경우를 살펴 보면서 치아이동에 대한 생역학적 이론 및 임상 적용에 대한 이해를 돕고자 한다.

1. 힘과 모멘트

시이소를 예로 들면, 같은 무게를 가진 두 아이가 중심에서 같은 거리에 있으면 평형을 이루나 중심에서 거리가 다르면 중심에서 멀리 떨어진 쪽이 내려 가게 된다. 같은 무게인데 왜 기울게 될까? 이것은 이때 발생하는 모멘트의 차이때문이다. 즉 모멘트=힘×거리 이므로 거리가 멀어지면 같은 힘일지라도 모멘트가 커 지므로 한쪽이 더 무겁게 느껴지는 것이다. 이와 같이 치아를 이동시키기 위해 브라켓에 교정와이어를 장착시킬 때는 힘뿐 아니라 모멘트도 늘 같이 발생할 수 있으므로 이 두가지를 같이 고려해야 된다. 교정학 교재 중에 간혹 교정와이어를 브라켓에 장착시키기 위해 필요한 교정력의 양을 tension gauge로 측정하는 사진을 볼수 있는데 물론 힘만 있을 수도 있지만 많은 경우 모

멘트가 같이 발생하므로 늘 힘과 모멘트를 같이 생각해야된다(그림 1).

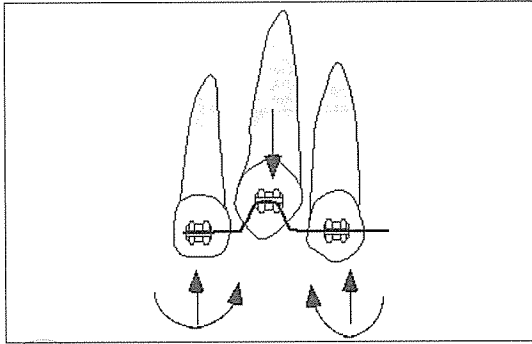


그림 1 leveling 아취와이어를 넣었을 경우 견치에 정출력뿐만 아니라 측절치 및 소구치에도 원치않는 힘과 모멘트가 가해진다.

2. 치아이동 양상의 조절

치아이동의 기본적인 두 형태는 치체이동과 회전이동이며(그림 2) 구강내에서 일어나는 모든 치아이동은 이 두 형태의 복합이다. 치아이동을 위해 힘을 가하는 부위는 브라켓에 한정되므로 브라켓을 통하여 힘을 가하면 치관과 치근이 반대방향으로 움직이는 경사이동이 일어나며 이때의 회전중심은 치아의 최대저항점 보다 약간 하방에 위치한다. 브라켓에 힘을 가할때 모멘트를 첨가하면 모멘트와 힘의 비율에 따라 다양한 형태의 치아이동이 일어나므로 브라켓에서의 모멘트-힘 비율을 조절함으로써 우리가 원하는 치아이동을 일으킬 수 있다(그림 3).

3. V-bend 개념

임상에서 치 축의 경사를 조절하기 위해서 v-bend를 아취와이어에 자주 부여하게 된다. 일반적으로 치아이동 양상을 생각할 때 그림 4a에서 처럼 구치부에 아취와이어를 먼저 삽입한 후 다른 한쪽 끝의 위치에 따라 치아가 어떻게 이동될 것이라고 추정한다. 이때 그림 4b에서 처럼 같은 형태의 아취와이어를 견치부에 먼저 삽입하면 어떻게 될까? 4a에서 처럼 해석하면 반대의 결과를 얻게 된다. 어느 해석이 옳을까? 같은 형태의 아취와이어이므로 당연히 같은 결과를 얻게 된다. 아취와이어 한쪽 끝의 위치에 따라 달라지는 것이 아니고 브라켓사이에서의 v-bend위치에 따라 양쪽 치아에 가해지는 힘의 체계가 달라지고 이 힘의 체계에 따라 치아이동의 양상이 달라

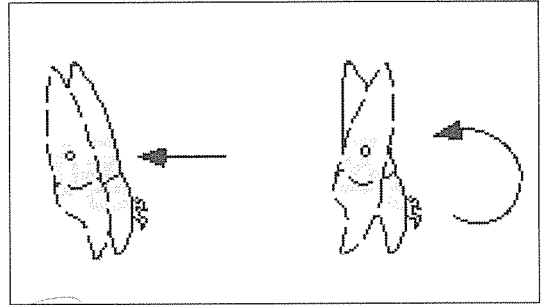


그림 2 치체이동 및 회전이동

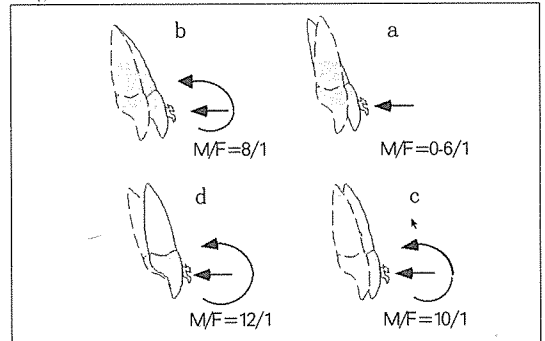


그림 3. 모멘트-힘의 비율과 치아이동 양상
a. 비조절 경사이동
b. 조절경사이동
c. 치체이동
d. 치근이동

지게 된다(그림 5). v-bend의 위치에 따라 치아에 가해지는 힘의 체계양상은 그림 6에 나타나 있다.

Tweed 개념의 초기 tip back bend시 v-bend가 거의 구치부 튜브에 닿이게 되므로 이때는 구치부의 tip back 뿐 아니라 원치 않는 오히려 반대방향의 정출력이 같이 발생되므로 참고하여야 한다. 그리고 소구치 발치 증례에서 견치 후방견인을 의해 sectional arch를 사용할때가 있는데 이때 vertical loop 좌우에 gable bend를 준후 활성화를 자주할 수 있게 견치에 가깝게 위치시키는데(그림 7) 이경우 견치에 모멘트-힘의 비가 증가되어 견치이동에 대한 저항력이 커지고 오히려 구치부의 근심이동이 쉽게 일어날 수 있으므로 원하는 힘의 체계를 얻을 수 있도록 조절하여야 한다.

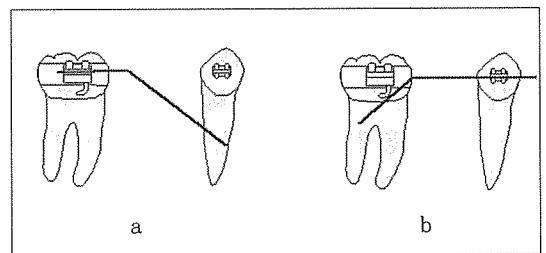


그림 4. v-bend

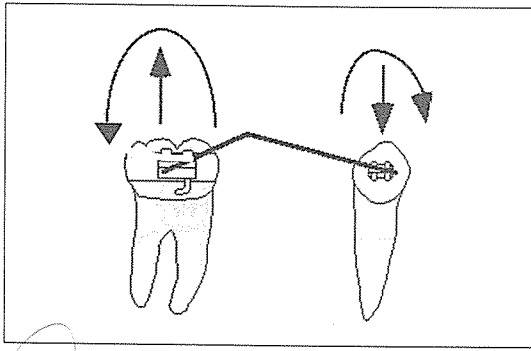


그림 5. v-bend를 부여한 아취와이어를 양쪽 치아에 걸찰시 나타나는 힘의 체계로 v-bend 점점의 가까운 치아에 정출력 및 큰 모멘트가 생긴다.

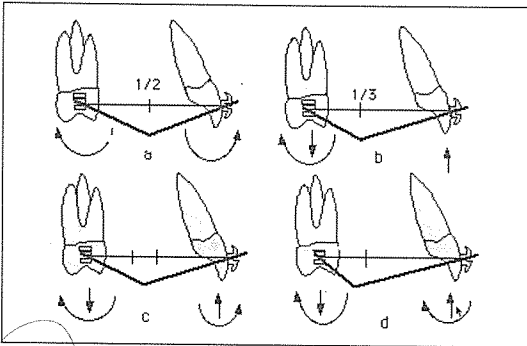


그림 6. v-bend 위치에 따른 힘의 체계

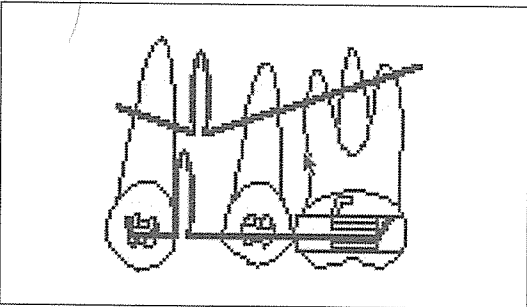


그림 7. 전방위치된 gable bend를 가진 sectional arch

4. Neutral position

임상에서 발치공간 폐쇄를 위하여 다양한 형태의 vertical loops를 사용한다. 이때 loop를 preactivation한 후 실제 브라켓에 삽입할 위치로 가져가 보는 즉 preactivation전의 상태로 가져가 보는 것을 neutral position이라고 한다. vertical loop를 제작후 (그림 8a) 경사이동의 방지를 위해 gable bend or v-bend를 준 경우 (그림 8b) neutral position은 양쪽 vertical leg가 서로 걸치게 된다(그림 8c). 그러나 브라켓에 걸찰할 때는 그림 8a 모양으로 걸찰한 후 여기서 부터 필요에 따라 1~2mm 활성화하는데 (그림 8d) 이런 경우 실

지 활성화양은 neutral position에서 처럼 겹친데 부터 계산해야 되므로 부과된 힘의 양은 필요한 것보다 2~3배 정도 증가되어 가해져서 부작용이 생길수 있으므로 반드시 neutral position을 고려하여야 한다. 교정학 교재중에서 neutral position이 고려되지 않은 잘못된 활성화를 종종 볼 수 있다.

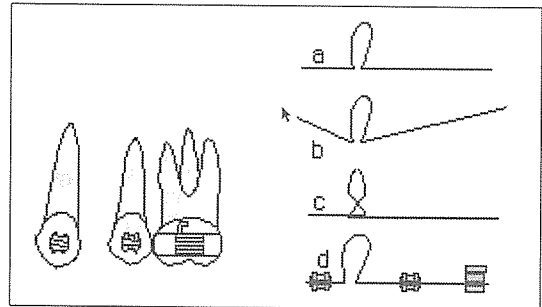


그림 8. Neutral position

- a. 원래형태의 아취와이어
- b. gable bend를 부여한 아취와이어
- c. neutral position(2mm가 겹침)
- d. 2mm activation(실제로는 4mm activation)

5. 토크시의 회전중심

a. 치근 토크

상악 전치가 너무 직립되어 있을때 다양한 장치를 이용하여 토크를 부여한다. 많은 교정학 교재에 토크를 부여하였을 때의 치아이동 양상을 설명한 도해를 보면 대부분의 경우 그림 9a 처럼 브라켓이 회전중심으로 표시되어 있다. 그러나 토크는 짝힘에 의해 생기므로 짝힘에 의해서는 최대저항점이 회전중심이 되는 순수 회전운동만 일어나게 된다. 그래서 토크에 의한 치아 이동은 그림 9b에서 처럼 치관은 협축으로, 치근은 설축으로 가는 양상이 된다. 토크를 부여시 치근의 설축이동만 얻기 위해서는 치관의 협축이동을 막는 부가적인 장치물을 첨가 하여야 한다.

b. 치근평행

발치중례에서 공간폐쇄 후의 치료 마지막 단계에서 발치공간 좌우의 견치와 소구치의 치근평행을 위해 gable bend가 부여된 연속 아취와이어를 이용하여 두 치아의 직립을 도모한다. 이경우 그림 10a에서 처럼 견치 및 소구치 뿐 아니라 인접 측절치와 제 1 대구치 에도 원치 않는 힘과 모멘트가 가해지게 된다. 그러므로 원치 않는 부작용을 방지하거나 발생시키지 않는 기전이 요구되는데 먼저 bypass continuous arch를

finishing arch로 넣고 v-bend를 준 sectional arch를 견치와 소구치 두 치아에만 넣어서 치근평행을 얻을수 있으며 (그림 10b) 이때 치아 이동의 회전중심이 최대 저항점에 있으므로 두 치아의 치관이 떨어져서 공간이 생기므로 반드시 8형태의 결찰을 해주어서 치근이동만 일어나게 하여야 한다.

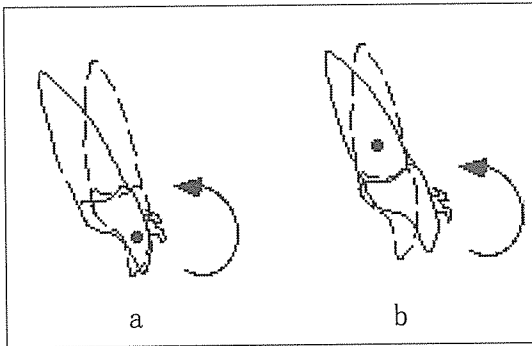


그림 9. 토오크에 의한 치아이동 양상
a. incorrect
b. correct

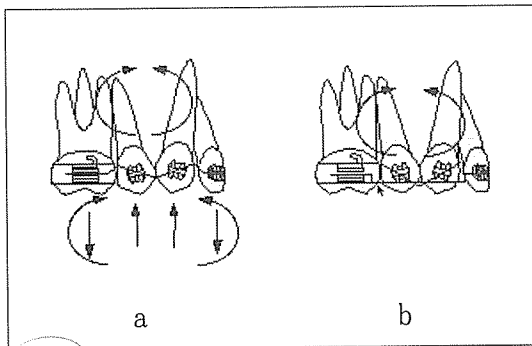


그림 10. 치근평행을 위한 gable bend

6. 치아압하를 위한 아취와이어

전치부 압하를 위해서 utility arch 나 step down bend를 가졌거나 탄성력이 아주 좋은 연속아취와이어를 사용한다. 이들 아취와이어를 사용시 일반적으로 4 전치 브라켓에 직접 결찰하므로 원치 않는 부작용이 종종 생긴다(그림 11). 정면에서 보면 전치의 치관이 떨어지고 치근이 모이는 현상이 생기며 측방에서 보면 압하력이 최대저항점의 전방에서 가해지므로 협측경사에 의한 가성압하를 종종 경험하게 된다. 그러므로 이런 부작용을 줄이거나 방지하기 위해서는 압하용 아취와이어를 브라켓에 직접 삽입하지 않고 point contact의 기전을 사용하거나 힘의 작용선과 최대 저항점과의 관계를 조절할 수 있는 3-pieces intrusion arch가 추

천된다(그림 12).

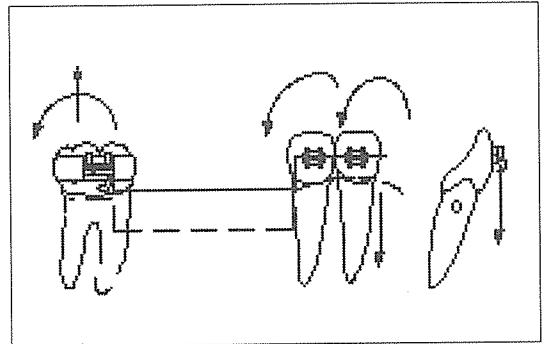


그림 11. 전치부 압하를 위한 utility arch
전치부 압하와 동시에 치관부가 떨어지는 현상이 생기는 모멘트가 발생하며 힘이 최대저항점의 전방에 가해지므로 협측경사가 일어난다.

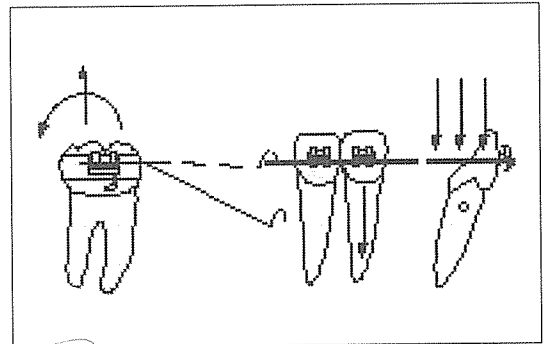


그림 12. 3 pieces intrusion arch
작용선과 최대저항점과의 관계를 필요에 따라 조절할 수 있다.

참고문헌

1. Burstone CJ, Koenig HA, Creative wire bending—the force system from step and v-bends. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1974; 93(1):59-67.
2. Burstone CJ, Koenig HA, Force systems from the ideal arch. Am J Orthod. 1974; 65(3):270-89.
3. Yoshikawa DK, Biomechanical principles of tooth movement. Dent Clin North Am. 1981; 25(1): 19-26.
4. Smith RJ and Burstone CJ, Mechanics of tooth movement. Am J Orthod 1984; 85:294-307.
5. Tanne K, Koenig HA, Burstone CJ, Moment to force ratios and the center of rotation. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1988; 94(5):426-31.
6. 박영철, 최신교정치료학. 1993.
7. Demange C, Equilibrium situations in bend force systems. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1990; 98(4):333-9.
8. Shroff B, Lindauer SJ, Burstone CJ, Leiss JB, Segmented approach to simultaneous intrusion and space closure: biomechanics of the three-piece intrusion arch. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1995; 107 (2): 136-43.