CHAPTER 7

설측 교정에서 레버암 역학의 활용

Lever Arm Mechanics in Lingual Orthodontics

박 영 철

설측 교정에서 발치 공간을 효율적으로 폐쇄하기 위하여 레버암 역학(lever arm mechanics)이 고안되었다. 레버암 역학의 원리는 레버암의 길이를 적절히 조절해 줌으로써 힘의 작용점(point of force application)과 힘의 작용선(line of force)을 조정하여 원하는 형태의 치아이동을 술자가 의도하는 대로 얻을 수 있다는 것이다(그림 7-1).[1]

제1소구치 발치 증례에서 발치 공간으로 전치부를 견인할 때 가장 흔하게 발생하는 실수는 전치의 순설측 치축 경사도의 조절에 실패하는 것이다(그림 7-2, 7-3). 전치부를 발치 공간으로 이동할 때에 역계(force system)를 적절히 조절하지 못할 경우, 상악 치열에서 전치부의 치축은 설측으로 쓰러지고 수직피개가 깊어지는 부작용이 나타나게 된다(그림 7-4). 또한 구치부가 전방 경사되면서 소구치부는 상방으로 올라가서 교합 평면을 관찰하면 스피만곡(curve of Spee)이 역방향으로 깊어지게 되는데 이러한 현상을 수직 방향의 활모양 휨 현상, 즉 수직보잉(vertical bowing)이라고 한다(그림 7-5). 이러한 현상들은 발치 공간의 폐쇄 시 적절한 구치부의 고정원 조절에 실패하거나, 전치부의 치축 경사도 조절의 실패, 또한 교합 평면의 조절실패로 인한 부작용들이다.

이러한 부작용을 방지하고 특히 설측 교정 시 효율적인 치아

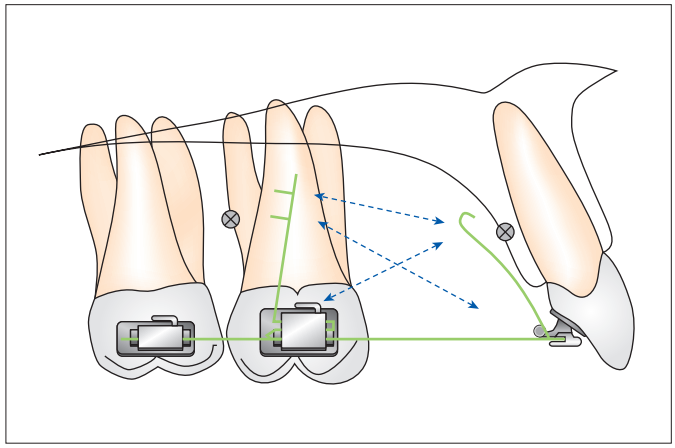


그림 7-1. 레버암 역학의 원리는 레버암의 길이와 힘의 작용선을 적절히 조절하면 부작용 없이 원하는 치아의 이동 형태를 술자의 의도대로 얻을 수 있다는 것이다. 초록색 점선: 힘의 작용선. 빨강색 원: 전치부와 구치부의 저항 중심.

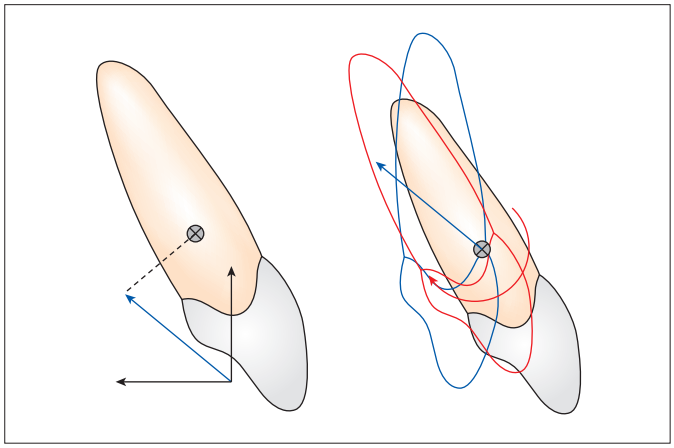


그림 7-2. 설측 교정에서 제1소구치 발치 공간으로 전치부 견인 시 전치부의 저항 중심점(빨간색)과 설측 브라켓이 부착된 부위 사이에서 전치 치축이 설측으로 경사시키는 모멘트가 발생되어 전치의 순 설측 치축 경사도의 조절에 어려움을 겪게 된다(초록색 치아).

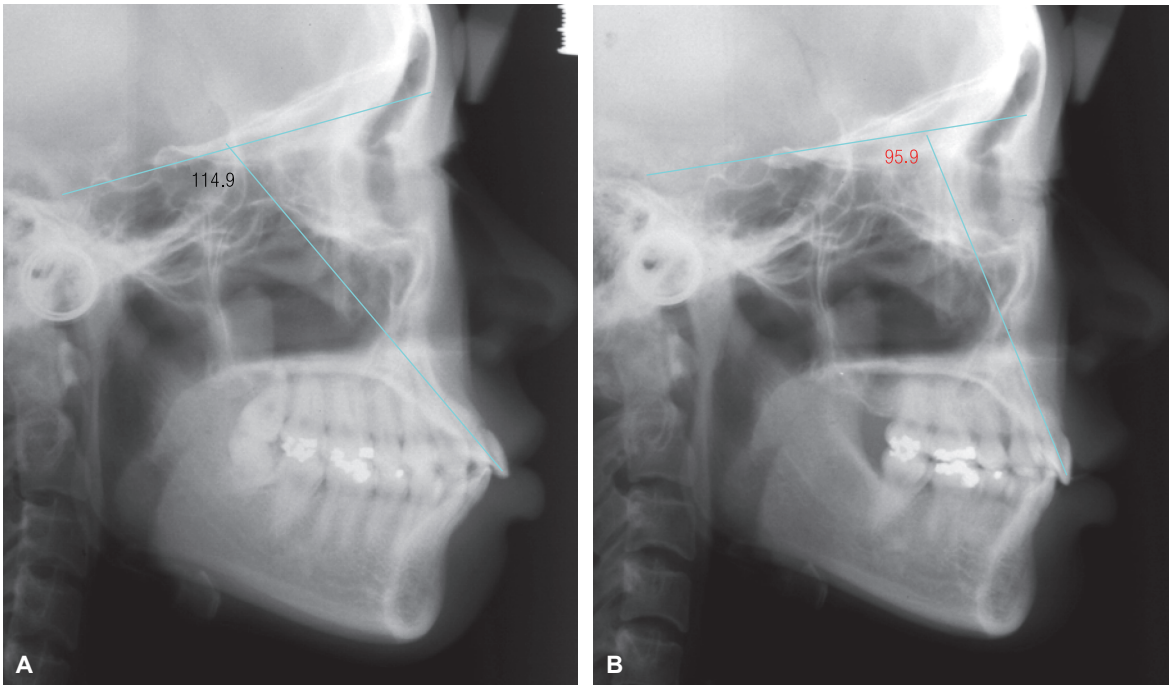


그림 7-3. **A,** 제1소구치를 발치하여 전치부를 원심 이동 시키기 전. SN 평면과 상악 제1대구치가 이루는 각도가 114.9°이다. **B,** 전치 견인 후에 전치의 치축이 95.9°로 설측 치관 경사된 모습.

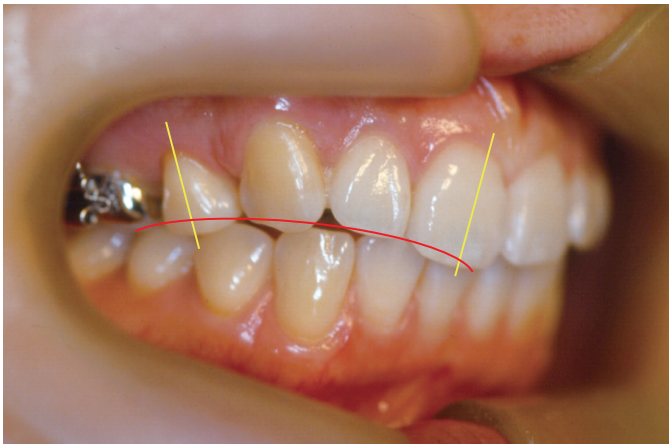


그림 7-4. 전치부를 발치 공간으로 이동할 때에 역계(force system)를 적절히 조절하지 못할 경우 발생하는 수직 보잉(vertical bowing).

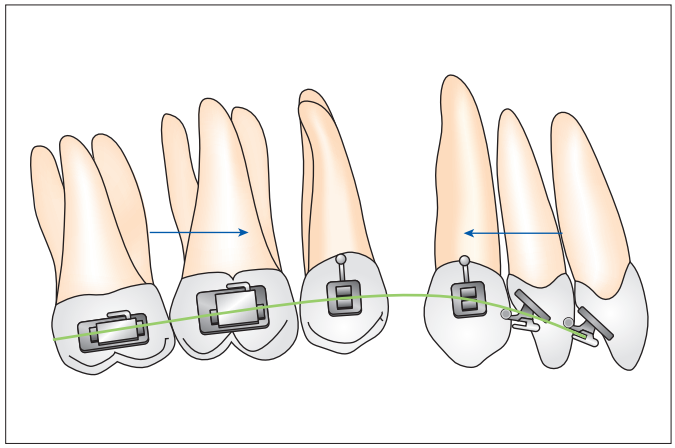


그림 7-5. 수직 보잉의 모식도.

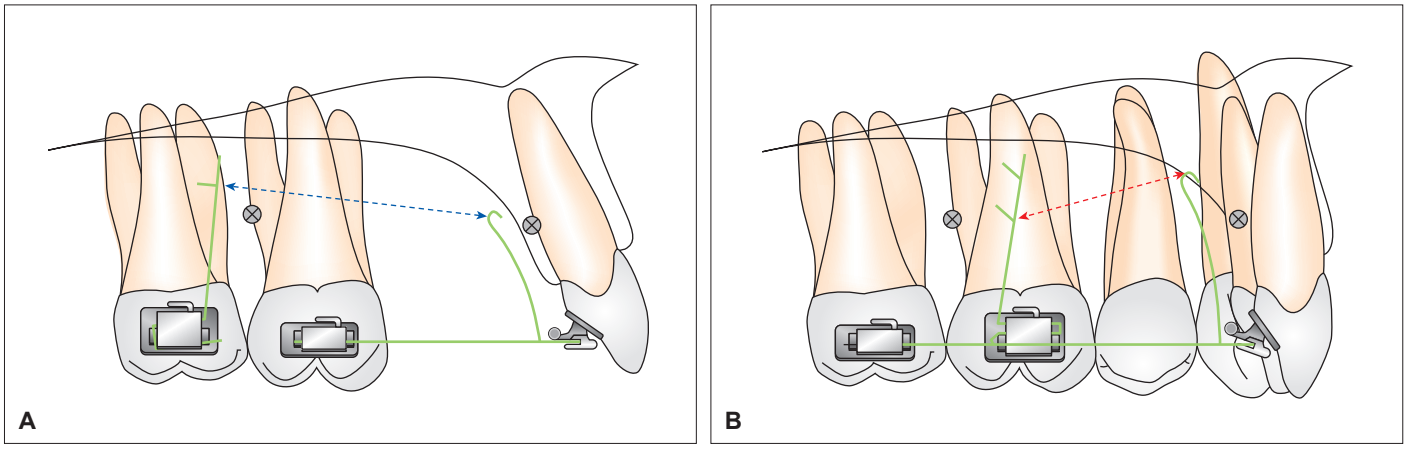


그림 7-6. A, 레버암 역학을 이용하여 전치부와 구치부의 저항 중심점 가까이에서 견인력을 가해주면 전치부를 치체이동 시킬 수 있다. B, 전치부의 견인 시 치근 이동이 필요한 경우에는 전치부 레버암의 길이를 저항 중심점보다 더 치근 쪽으로 길게 연장해 주게 된다.

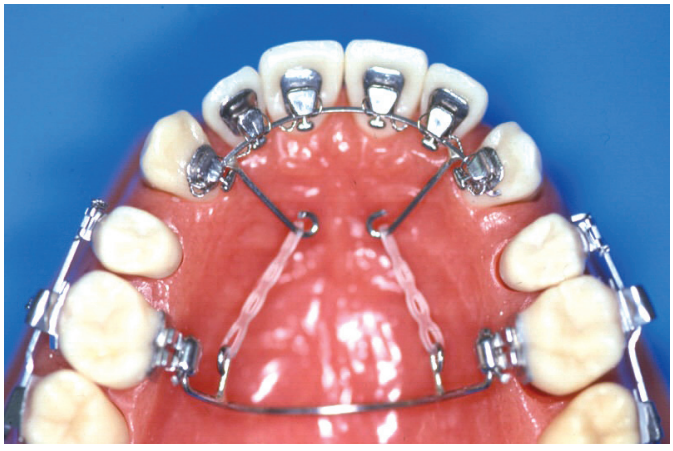


그림 7-7. 레버암 역학의 타이포돈트(typodont) 모형으로, 전치부와 구치부의 저항 중심점 가까이에서 견인력을 가해주어서 전치부를 치체이동 시키는 모습.

의 이동을 위하여 레버암 역학이 발표되었다.[1] 레버암 역학을 이용하여 전치부와 구치부의 저항 중심점 가까이에서 견인력을 부여해 주면 전치부를 치체이동(translation) 시킬 수 있다(그림 7-6, 7-7). 또한 전치부의 원심 이동 시 치근 이동이 필요한 경우에는 전치부 레버암의 길이를 저항 중심점보다 더 치근 방향으로 길게 연장해 주게 된다(그림 7-6B).

1. 레버암 역학의 장점

- 효율적인 고정원 조절이 가능하다.
- 힘과 모멘트(moment/force ratio) 비율의 조절이 가능하여 원하는 형태의 치아이동이 가능하다
- 재내원 시 탄성 고무줄(elastomeric chain)을 갈아 주는 것만으로 간편하게 힘의 재활성화가 가능하다.
- 특히 설측 교정에서는 구개측(palatal side)에 레버암을 원하는 만큼 길게 연장할 수 있으므로 힘의 작용점의 조절이 가능하며, 결과적으로 힘의 작용선의 조절이 가능하게 되어서 치아의 이동 형태의 조절(즉, 치체이동이나 치근이동 등)이 가능하다. 이에 반해서 순측 교정에서는 협측 전정(vestibule)의 높이가 제한되어서 레버암의 길이 조절에 제한이 있으므로, 정교한 치아이동 형태(type of tooth movement)의 조절이 불리하다.

2. 레버암 역학의 두 가지 방법

1) 분절 호선 역학(Segmentation method)

이동시키고자 하는 부분(moving part, 예: 6전치)과 이에 저항하는 부분(anchorage part, 예: 구치부)을 각각 한 개의

치아군(segment)으로 묶어서 치아 군끼리 효율적인 이동이 일어나도록 조절하는 방법이다(그림 7-8A, 7-9).

(1) 분절 호선 역학의 장점

- 마찰 없이 전치부를 원심으로 이동시킬 수 있다.
- 힘과 모멘트의 조절이 가능하여 정밀한 치아이동이 가능하다.
- 고정원의 조절이 유리하다.
- 임상에서 쉽게 탄성 고무줄을 교환할 수 있어서 체어 타임을 줄일 수 있다.

(2) 분절 호선 역학의 단점

- 치아 이동 시 나타나는 부작용에 대한 대처가 어렵다. 즉 술자의 많은 경험을 요한다.

2) 활주 역학(Sliding method)

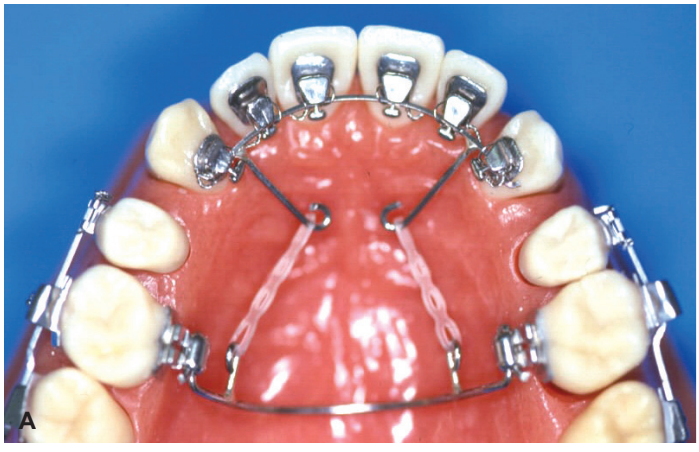
주 호선을 따라서 치아에 부착되어 있는 브라켓이 미끄러져 나가며 치아의 이동이 일어나는 방법이다(그림 7-8B, 7-10).

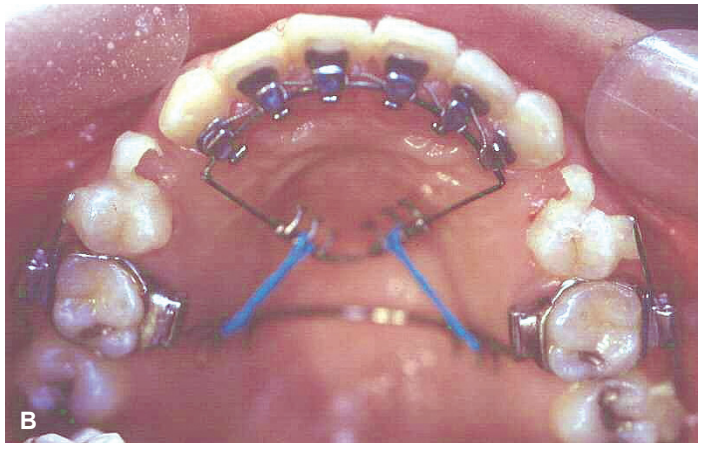
(1) 활주 역학의 장점

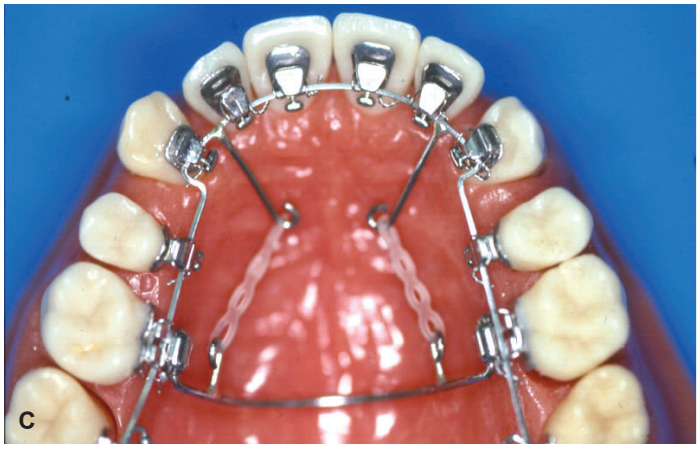
- 부작용이 적고 안전하며(fail safe) 사용이 간편하다.
- 모멘트-힘 비율의 조절이 가능하다.

(2) 활주 역학의 단점

- 치아가 이동되면서 브라켓과 호선 사이에 마찰 저항이 있다.
- 고정원 조절이 분절 호선 역학에 비하여 불리하다.







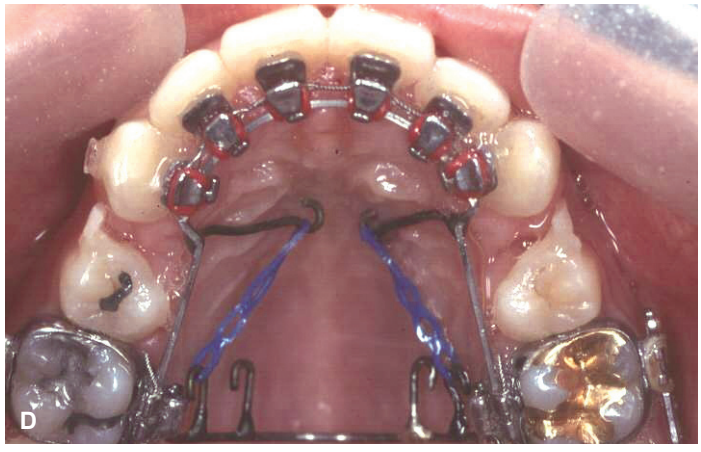


그림 7-8. A, B, 분절 호선 역학. C, D, 활주 역학.

그림 7-9A. 분절 호선 역학으로 치료한 24세 여환으로서 I급 양악 치조성 돌출(bialveolar protrusion)을 주소로 내원하였다. 치료 전 구내 사진.

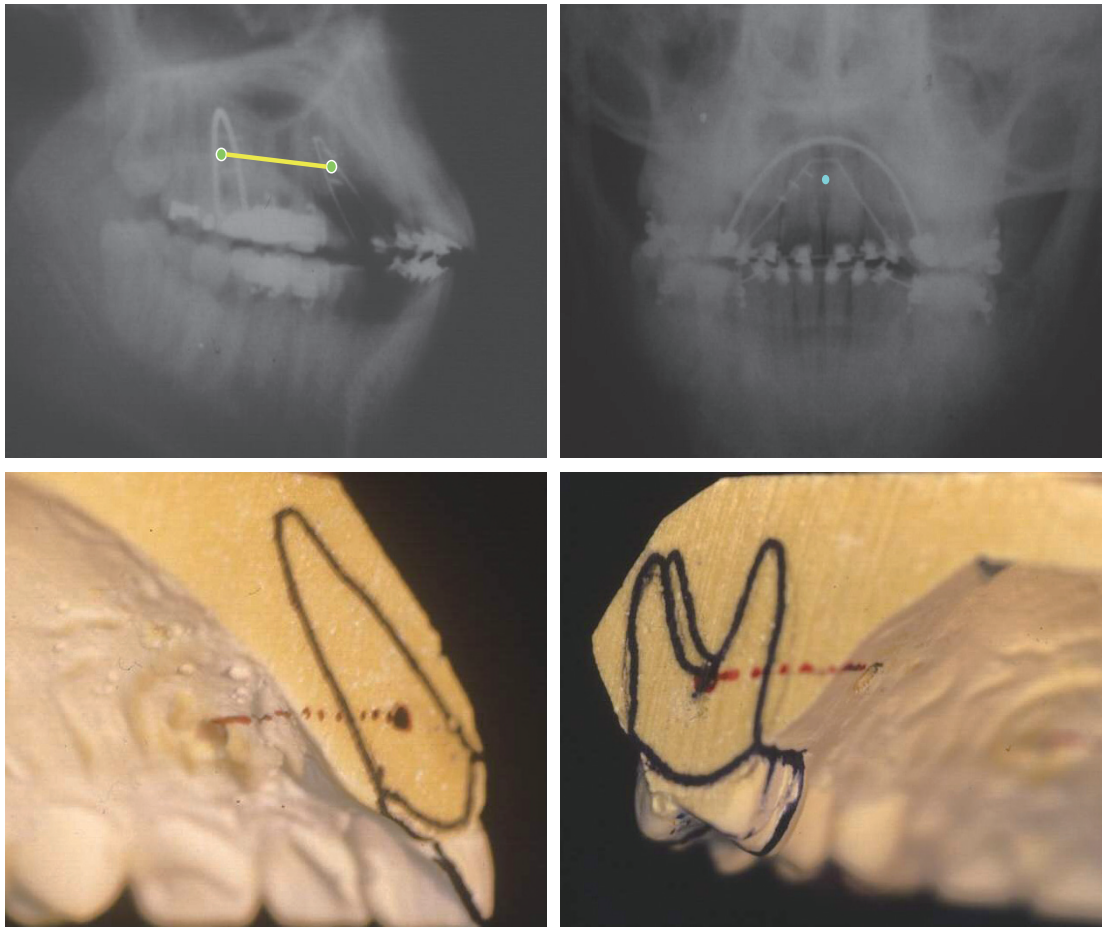


그림 7-9B. 측모 및 정모 두부 방사선사진과 석고모형을 이용하여 전치부와 구치부의 저항 중심의 위치를 결정한다.

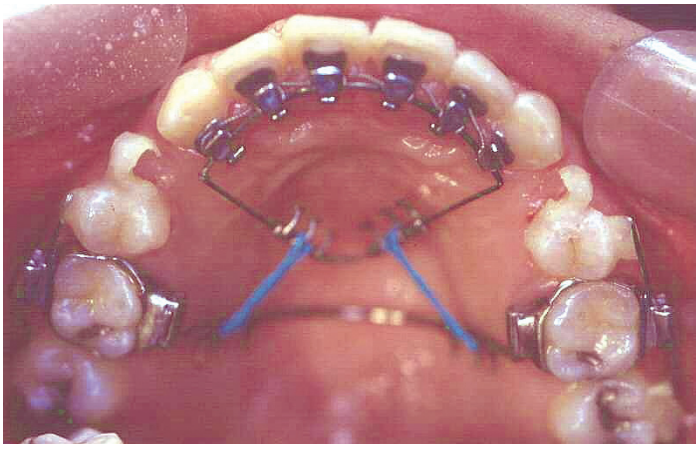
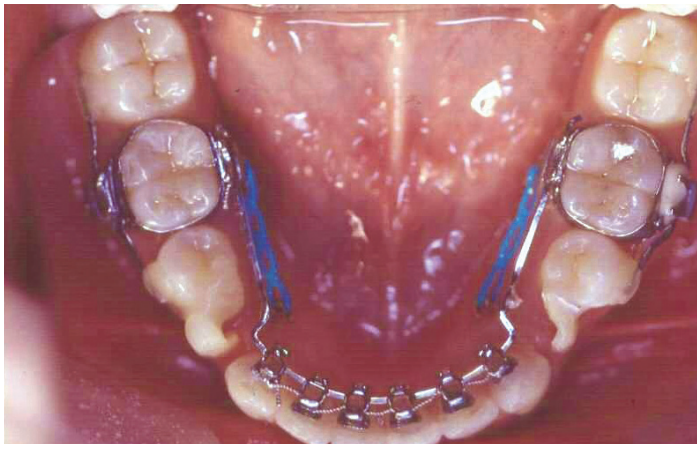



그림 7-9C. 상하악 제1 소구치를 발치하고 분절 호선 역학을 이용하여 전치부를 견인하는 모습.

그림 7-9D. 발치 공간 폐쇄가 완료된 모습.

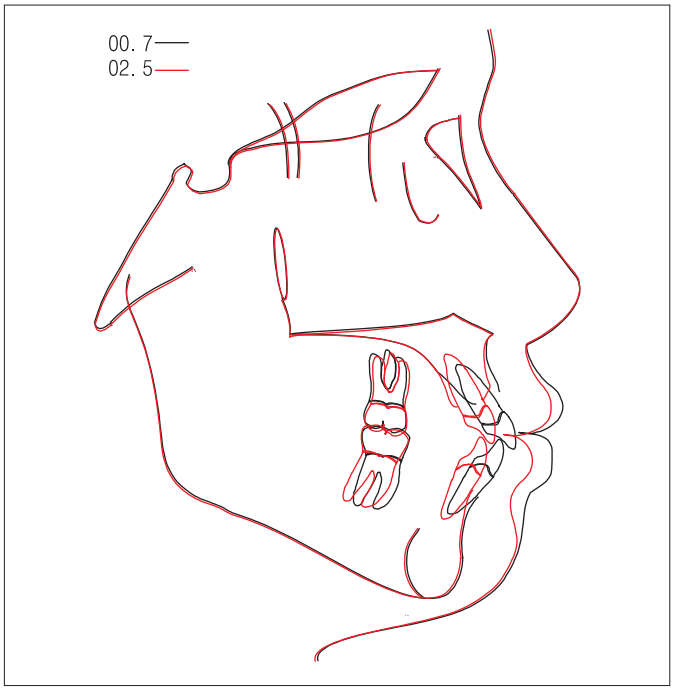


그림 7-9E. 치료 전 후의 측모 두부 방사선사진 중첩.

그림 7-9F. 치료 전 후의 측모 비교.

그림 7-10A. 활주 역학을 이용하여 치료한 21세 여환으로서 전치부 개방교합과 정중선 불일치를 주소로 내원하였다. 치료 전 구외 사진.

그림 7-10B. 치료 전 구내 사진. 상악 우측 제1소구치의 결손이 있고, 정중선의 편위가 관찰된다.

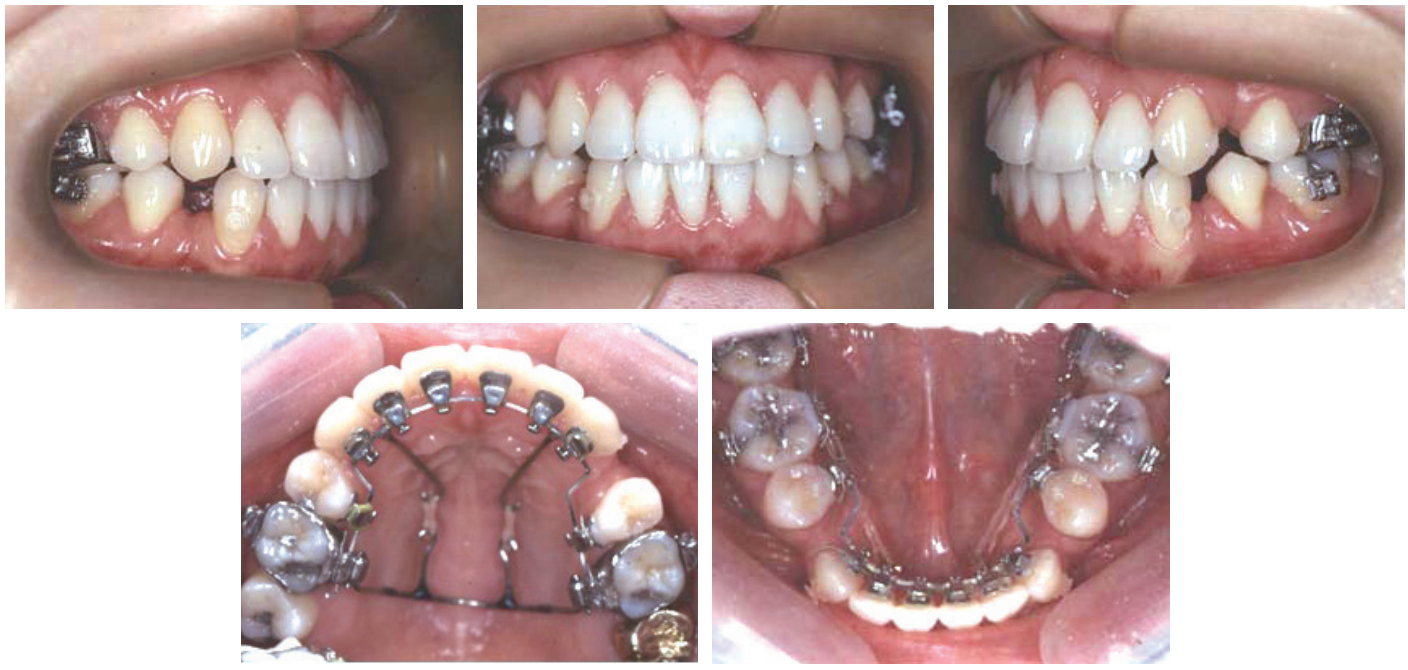


그림 7–10C. 상악 좌측 제1소구치와 하악 좌우측 제1소구치를 발치하고 활주 역학을 사용하여 발치 공간을 폐쇄하고 있다.

그림 7–10D. 치료 완료 후 구내 사진.

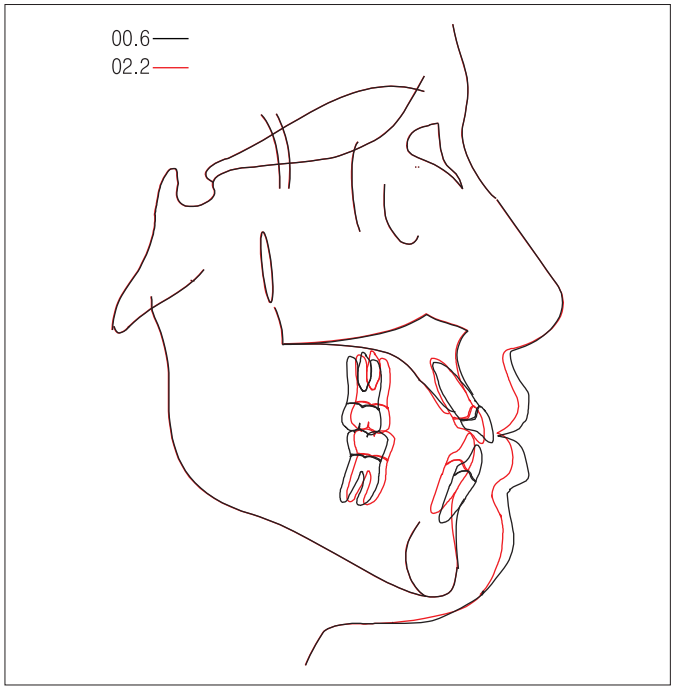


그림 7-10E. 치료 전, 후의 두부 방사선 계측사진 중첩.

3. 전치부 토크 조절에 관한 고려사항

발치 증례에서 전치부의 원심 이동 중 토크 상실(torque loss)을 방지하기 위한 방법으로 작업 호선에 커플 모멘트(couple moment)를 부여해 줄 수 있다. 실제로 임상에서는 전치부에 설측 치근 토크를 작업 호선에 부여하게 된다. 이때 수평 슬롯을 사용하는 설측 브라켓의 경우, 호선이 브라켓 슬롯에 완전히 삽입(engage) 되어야 하며, 이를 위해 이중 결찰(double over-tie)을 해 주는 것이 좋다(그림 7-11). 호선에 추가적으로 부여하는 토크는 사용하는 호선과 브라켓 슬롯의 크기를 감안하여야 한다. 실제 브라켓-호선 사이의 유격(play)은 이론적인 값보다 크게 나타나게 되므로 이 또한 고려해야 한다(표 7-1).

1) 설측 교정에서 발치 공간의 폐쇄 시 상악 전치부의 토크 상실 원인은 무엇일까?

발치 치료 중 자주 일어나는 상악 전치의 비조절성 경사 이동(uncontrolled tipping)의 원인은 다음과 같다.

- 설측 브라켓과 상악 전치의 저항 중심과의 상대적인 위치가 순측 브라켓에 비하여 불리하다.
- 브라켓과 설측 호선 사이의 유격에 의한 토크 상실이 존재한다.
- 설측에서는 전치부의 견인력이 호선이 브라켓 슬롯에서 빠져나가는 방향으로 작용한다.
- 금속 결찰선(metal ligature wire)으로 double over tie를 하여 호선을 브라켓 슬롯 안에 단단히 묶어주지 못한 경우에 치축 조절이 실패하게 된다. 이상의 문제점들은 레버암 역학을 사용하게 되면 해결이 가능하다(그림 7-12).