

# Combination loop archwire와 활주역학을 이용한 상악전치의 후방 견인시 나타나는 초기 응력 분포에 관한 광탄성학적 연구

임 강 순<sup>1)</sup> · 차 경 석<sup>2)</sup> · 이 진 우<sup>3)</sup>

전치의 후방 견인시 교정력은 치아의 저항중심에서 벗어난 브라켓을 통해 적용되기 때문에 바람직하지 못한 경사 이동이 발생하게 되고 이를 방지하기 위한 여러가지 방법 중 호선에 curve나 전치부 호선에 치근 설측 토그를 부여하는 방법이 많이 사용된다. 이에 본 연구는 combination loop archwire와 hook을 이용한 활주역학을 이용하여 전치를 후방 견인 시, compensating curve를 0도, 15도, 30도 부여하고, 이 때 나타나는 효과를 광탄성법으로 비교 연구하기 위하여 치아와 치조골 모형을 광탄성 모형으로 대체시키고 와이어와 브라켓을 주어진 조건으로 위치시킨 후 편광판을 이용하여 초기 응력 상태를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Combination loop archwire와 활주역학으로 전치를 후방 견인 시 compensating curve가 0도, 15도, 30도로 증가할수록 전치부 치근단 부위의 최대 무늬차수가 감소하였다.
2. Combination loop archwire와 활주역학으로 전치를 후방 견인 시 compensating curve가 0도, 15도, 30도로 증가할수록 견치와 소구치 부위의 최대 무늬차수가 증가하였다.
3. Combination loop archwire로 전치를 견인할 때보다 동일한 힘을 사용하여 활주역학으로 견인할 때 전치부 치근단 부위에서 다소 낮은 무늬차수를 나타내었다.

이상의 결과에서 combination loop archwire와 활주역학을 이용한 상악전치의 후방 견인시 견인방법에 큰 차이 없이 호선에 부여한 compensating curve는 전치의 설측 경사 이동 양상을 어느 정도 감소시킬 수 있음을 확인하였다. 또한 힘의 적용위치가 저항중심에 더욱 가까운 hook을 이용한 활주역학이 전치의 설측경사 방지에 더 효과적일 것으로 판단된다.

( 주요 단어 : 광탄성법, Combination archwire, 활주역학 )

<sup>1)</sup> 단국대학교 치과대학 교정학교실, 전공의.

<sup>2)</sup> 단국대학교 치과대학 교정학교실, 교수.

<sup>3)</sup> 단국대학교 치과대학 교정학교실, 부교수.

교신저자 : 차경석

충남 천안시 신부동 산 7-1번지

단국대학교 치과대학 교정학교실 / 041-550-1944

kscha@dankook.ac.kr

원고접수일 : 2003년 9월 6일 / 원고최종수정일 : 2003년 12월 13일

/ 원고채택일 : 2003년 12월 15일

## 서 론

치열궁에 충생이 존재하거나 상악이 전돌된 부정교합에서 양호한 교합과 안모를 얻기 위해 교정치료를 계획할 때 제 1소구치 발거가 선택 될 수 있다. 발치한 공간은 부정교합의 특성에 따라서 전치를 원심 이동하거나, 구치를 근심 이동하거나 혹은 이 둘을 혼용

하게 되는데, 전돌을 동반한 부정교합의 발치 증례에서는 전치를 후방 견인하는 것이 필수적인 치료단계이고,<sup>1)</sup> 상악전치의 후방 이동량과 바람직한 순설측 경사를 미리 결정하여 이를 후방견인 중에 유지하는 것이<sup>2)</sup> 치료목표를 달성하고 안정된 결과를 얻는데 매우 중요하다. 발치 치료에서 바람직한 전치의 후방견인을 위해 다양한 방법들이 제시되어 왔다. Bull<sup>3)</sup>은 Bull loop을 형성한 분절호선을 이용하여 견치를 원심이동 시킨 후 전치를 견인하는 방법을 소개하였고, Burs-tone<sup>4)</sup>은 bilateral intrusion arch로 전치의 함입과 후방견인을 동시에 시도하였고, Jarabak<sup>5)</sup>은 견치를 sliding으로 후방이동 시킨 후 4전치의 견인을 위해 space consolidation arch를 제작한 후 elastic으로 견인하는 활주역학을 소개하였다. Broussard<sup>6)</sup>는 전치를 후방견인하기 위한 combination loop archwire를 개발하였고, McLaughlin<sup>7)</sup>은 .022 slot bracket에서 활주역학의 사용을, Kosaka<sup>8)</sup>는 .018 slot bracket에서 견치와 4전치를 분할하여 후방 견인하는 활주역학을 소개하였다. 이러한 후방견인 방법이 사용될 때 교정력은 치아의 저항 중심에서 벗어난 브라켓을 통해 적용되기 때문에 경사이동이 발생하게 되고 공간 폐쇄의 과정에서 폐쇄용 루프를 활성화하는 힘과 경사이동에 저항하는 모멘트의 양에 따라서 전치부의 이동 양상이 치체 이동, 치근 이동, 경사이동으로 변하게 된다.<sup>9)</sup> 하지만 대부분은 회전 중심을 중심으로 치관의 설측 이동과 치근의 순측 경사를 유발하는 비조절성 경사이동의 양상이 나타나게 된다. 이러한 비조절성 경사이동은 상악전치의 후방 견인시 빈번히 발생하는 치근 흡수, 과도한 정출등과 같은 부작용과 밀접한 관련이 있다. 교정 치료시 치근 흡수의 양상에 대해 Kennedy<sup>10)</sup>는 교정치료를 받은 환자에서 전반적인 치근 흡수가 나타나며, 특히 상악 중절치의 치근 길이의 평균적인 감소의 양은 다른 치아에 비해 더욱 많았다고 보고하였다. Kaley<sup>11)</sup>는 피질골판에 대해 경사이동되는 힘을 받는 치아는 심한 치근 흡수의 가능성이 약 20배정도 증가한다고 보고하였다. 바람직한 순설측 경사를 얻고, 치근흡수, 전치의 정출로 인한 피개교합의 심화등과 같은 부작용을 최소화하기 위해서는 치근의 설측 이동이 요구되고, 조절된 경사이동이나 치체 이동을 위해서는 모멘트를 조절하여야 한다. 이러한 모멘트의 조절방법 중 공간폐쇄를 위한 호선에 curve를 형성하는 방법이 선택될 수 있다. 이에 본 연구는 상악전치의 후방 견인시 전치의 설측 경사를 감소시키기 위한 compensating curve를 combination

loop archwire와 hook을 이용한 활주역학에 사용되는 호선에 0도, 15도, 30도 부여하여, 후방 견인 방법과 curve의 정도에 따른 효과를 비교 분석하고자 초기 응력상태를 광탄성법으로 연구하였다.

## 연구재료 및 방법

### 연구 재료

#### 광탄성 모형의 제작

상악 광탄성 모형의 제작을 위하여 정상 모델(Ni-ssin dental products, Inc., Japan)을 선택하여 Vinyl poly siloxane impression material (Aquasil LV, Dentsply, USA)로 음형을 채득한 다음 PL-3 (Measurement group, Inc., USA)보다 더 경질이며 Wheeler<sup>12)</sup>의 기준에 맞는 크기와 치근형태를 갖는 레진 치아를 채득된 인상 음형에 식립 하였다. 용해된 왁스를 음형에 부어 모형 치아가 매식된 왁스모형을 제작하였다. 왁스모형 상에서 좌우 제1소구치를 발거하고 견치를 후방 견인하여 4전치를 후방견인하기 위한 왁스모형을 완성하였다(Fig 1). 치아가 식립된 왁스모형은 광탄성 응력분포의 관찰을 용이하게 하기 위하여 치근 부위에서 두께를 일정하게 하고 면이 매끈하게 되도록 하였다. 완성된 왁스모형을 다시 Vinyl poly siloxane impression material을 사용하여 음형을 형성하고 레진 치아를 재식립하여 광탄성 레진을 주입하기 위한 최종 음형을 완성하였다. PL-3수지와 경화제를 52-57도에서 50분간 예열하고 1:1.5의 비율로 혼합하여, 기포가 생기지 않도록 천천히 30분간 저어 60도에 도달하도록 하였다. 이후 진공 펌프를 이용하여 발생된 미세 기포를 모두 제거한 후 준비된 음형에 레진을 부었다. PL-3가 경화된 후 음형을 지그에서 제거하여 광탄성 모형을 완성하였다(Fig 2).

#### 호선의 제작

완성된 모형에 .018 standard bracket (Synergy, RMO, USA)을 광중합 접착 레진(Transbond XT, 3M Unitek, USA)을 이용하여 수동적 접착을 하였다. Broussard<sup>6)</sup>가 제시한 통상의 방법대로 combination archwire를 .016×.022 blue elgiloy wire로 제작하여 열처리 강화하였고, compensating curve를 0도, 15도, 30도 형성하였다. 또 .016×.022 stainless steel arch wire의 측절치 원심 1mm 부위에 높이 6mm의 hook을 납착한 후, compensating curve를 0도, 15도,

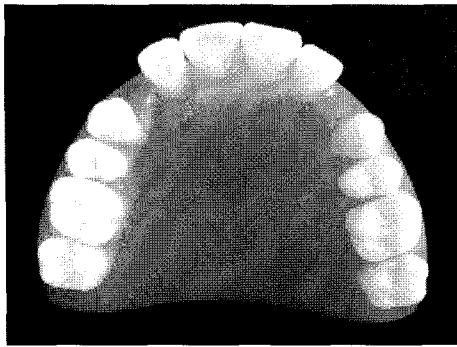


Fig 1. Wax model.

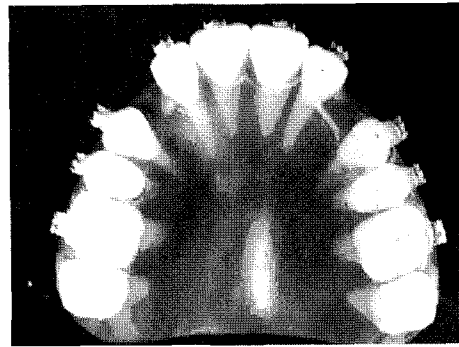


Fig 2. Photoelastic model.

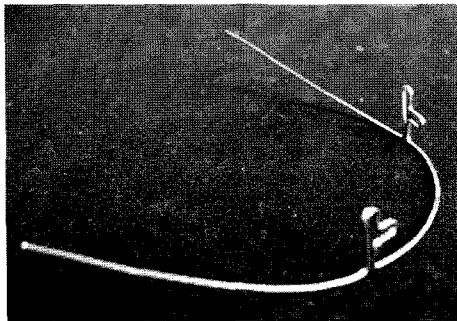


Fig 3. Combination loop.

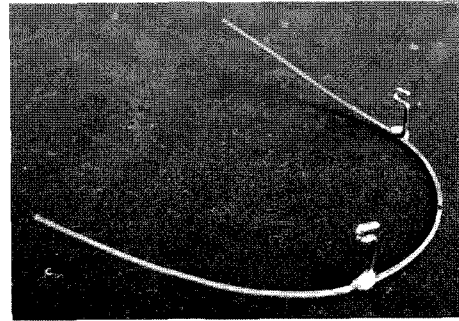


Fig 4. Soldered hook.

30도 형 성하여 두 가지 종류의 호선을 완성하였다 (Fig 3, 4).

### 연구 방법

광탄성 모형의 브라켓 slot에 준비한 호선을 삽입 하였다. Combination loop를 활성화 시켜 200gm의 힘<sup>8)</sup>이 전치의 후방견인에 작용되도록 한 후 circular transmission polariscope (PA-1 Reiken Keiki Fine Instrument Co., Japan )에 위치시킨 후 모형에 나타난 응력분포를 관찰하였다(Fig 5). Compensating curve를 형성하지 않은 경우와 15도, 30도 형성한 경우 각각 육안 관찰 후 사진 촬영하였다.

활주역학을 이용한 견인에서는 제1대구치 single tube의 hook과 측절치 원심에 형성한 hook 사이에 NiTi closed coil spring을 이용하여 200gm의 힘이 적용되도록 조절한 후, compensating curve를 형성하지 않은 경우와 15도, 30도 형성한 경우 각각 육안 관찰 후 사진 촬영하였다.

응력분포의 양상은 최대 주응력과 최소 주응력의

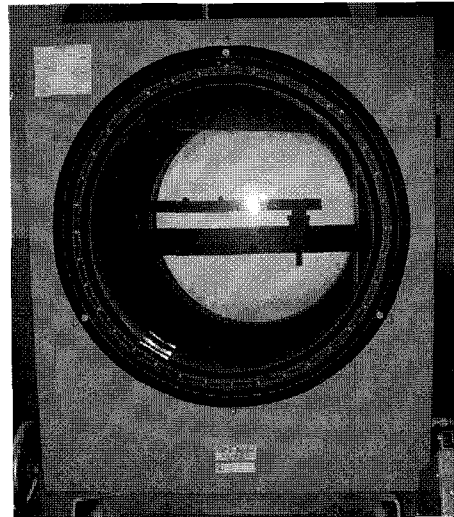


Fig 5. Polariscope.

차인 전단 응력성분의 크기에 따라 다색상의 반복무늬로 나타나는데, 등색선을 추적하고 다음 표(Table. 1)를 참고하여 무늬차수를 분석하였다. 이러한 등색

Table 1. Fringe order (Color sequence)

Color	Approximate Relative Retardation nm	Fringe Order N
BLACK	0	0.00
GRAY	160	0.28
WHITE	260	0.45
PALE YELLOW	345	0.60
ORANGE	460	0.80
DULL RED	520	0.90
PURPLE(TINT OF PASSAGE)	575	1.00
DEEP BLUE	620	1.08
BLUE-GREEN	700	1.22
GREEN-YELLOW	800	1.39
ORANGE	935	1.63
ROSE RED	1050	1.82
PURPLE(TINT OF PASSAGE)	1150	2.00
GREEN	1350	2.35
GREEN-YELLOW	1440	2.50
RED	1520	2.65
RED/GREEN TRANSITION	1730	3.00
GREEN	1800	3.10
PINK	2100	3.65
PINK/GREEN TRANSITION	2300	4.00

선은 흑색/황색/적색/청색-녹색/황색/적색/녹색/황색/적색/녹색등의 반복된 순서로 나타난다. 무늬차수를 구하는 방법은 흑색이 0차, 적색과 청색-녹색 사이가 1차, 두 번째 적색과 녹색사이가 2차, 세 번째 적색과 녹색사이가 3차로 점점 증가되는 응력 상태를 나타내는 것으로 평가하였다(Fig 6).<sup>13)</sup>

**연구성적**

제 1소구치를 발거하고 견치의 후방견인이 완료된 형태의 상악궁을 광탄성 물질로 대체시키고, Combination archwire와 활주역학을 이용한 4전치 후방견인 시 compensating curve의 양에 따른 응력 분포를 관찰한 결과 아래와 같은 결과를 얻었다.

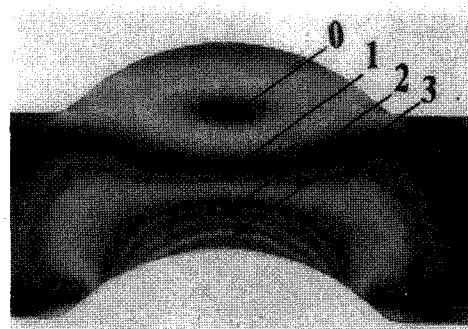


Fig 6. Fringe order.

**Combination arch wire 적용시**

**전치부에서의 응력분포 (Fig 7-9)**

Compensating curve를 형성하지 않은 경우 전치부 치근단 부위에 1.63차의 최대 무늬차수가 나타났다. compensating curve를 15도, 30도로 증가시킬수록 최대 무늬차수는 1.22, 1.00으로 감소하였다.

**측방 치군에서의 응력분포 (Fig 10-12)**

Compensating curve를 형성하지 않은 경우 대구치의 치근단에서 2.00차, 견치와 소구치의 치근면을 따라 1.00차의 무늬차수가 나타났으며, Compensating curve를 15도, 30도로 증가시킴에 따라 구치부에서는 1.39, 1.39차로 무늬차수가 나타났고, 견치 소구치 부위에서는 1.39, 1.63차로 최대 무늬차수가 증가하였다.

**활주 역학 적용시**

**전치부에서의 응력분포 (Fig 13-15)**

Compensating curve를 형성하지 않은 경우 전치부 치근단 부위에 1.22차의 최대 무늬차수가 나타났다. compensating curve를 15도, 30도로 증가시킬수록 최대 무늬차수는 1.00, 0.90으로 감소하였다.

**측방 치군에서의 응력분포 (Fig 16-18)**

Compensating curve를 형성하지 않은 경우 대구치의 치근단에서 무늬차수가 1.39차, 견치와 소구치의 치근면을 따라 1.22차의 무늬차수가 나타났으며, Compensating curve를 15도, 30도로 증가시킴에 따라 구치부 에서는 1.39, 1.39차로 무늬차수가 변화 없이 나타났고, 견치 소구치 부위에서는 1.39, 1.82차로 최대 무늬차수가 증가하였다.



Fig 7. Combination arch 0 degree curved.



Fig 8. Combination arch 15 degree curved.



Fig 9. Combination arch 30 degree curved.



Fig 10. Combination arch 0 degree curved.



Fig 11. Combination arch 15 degree curved.



Fig 12. Combination arch 30 degree curved.

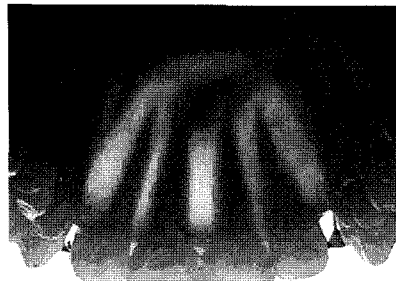


Fig 13. Sliding technique 0 degree curved.

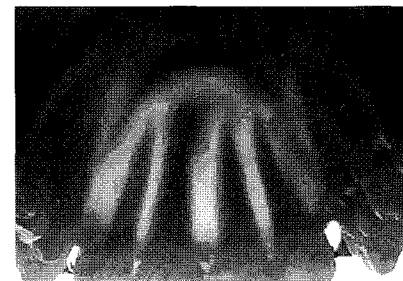


Fig 14. Sliding technique 15 degree curved.

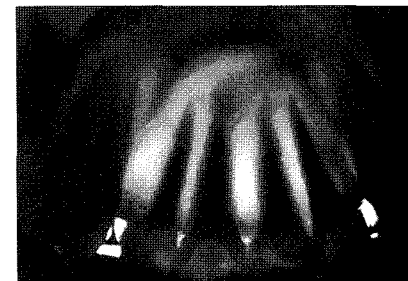


Fig 15. Sliding technique 30 degree curved.



Fig 16. Sliding technique 0 degree curved.



Fig 17. Sliding technique 15 degree curved.



Fig 18. Sliding technique 30 degree curved.

### 총괄 및 고안

치아 및 치주조직에 가급적 손상을 줄이면서 효율적인 치아 이동을 시키기 위해 일반적으로 받아들여지고 있는 힘의 크기, 적용시간에 대한 정확한 한계는 없으나, 전치부의 후방 견인시 힘의 작용점이 저항중심에서 떨어진 치관 상에 위치하게 되므로 치근에 위치한 저항중심을 회전중심으로 치아는 경사이동을 하게 된다. Burstone,<sup>14)</sup> Koenig,<sup>15)</sup> Tanne<sup>16)</sup> 등은 상악 중절치의 저항 중심은 변연골에서부터 30-40%의 거리에 위치하고, 단근치의 저항 중심은 치아장축 상에서 치관축 1/3과 1/2사이에 위치한다고 하였다. 그러므로 상악 전치는 모멘트 대 힘의 비율이 9.5이어야 치근의 이동이 가능하고, 8.4에서 치체 이동이, 6.5에서 치근단을 중심으로 조절된 경사 이동이 가능하다. 모멘트 대 힘의 비율이 5-6보다 작은 힘체계는 비조절성 경사 이동을 제공하며, 부분적으로 전치의 심한 정출과 같은 원하지 않는 부작용도 발생시킨다. Faulkner<sup>17)</sup>에 의하면 힘이 단순히 브라켓 위치에 가해지면 이때의 회전 중심은 저항 중심과 거의 일치하거나 약간 치근단측으로 위치하여 조절되지 못한 경사 이동을 유발하고, 치근의 이동을 조절하기 위해서는 회전중심을 보다 치근단측으로 이동시킬 수 있는 모멘트를 제공해야 한다고 하였다.

또한 비조절성 경사이동이 발생하는 상악 전치의 순측 치근단 부위는 골조직의 밀도가 단단한 순측 피질골에 대해 압축력을 받으며 단위면적당 받는 힘의 크기가 다른 부위에 비하여 증가되고 혈액량 감소, 초자질화대의 출현, 치근흡수등의 현상이 비교적 쉽게 나타나게 된다.<sup>18)</sup> Bien<sup>19)</sup>은 힘의 크기보다는 힘의 적용 간격이 치근 흡수에 더 많은 영향을 미치며, 이러한 요소가 고려되지 않으면 치근막의 fluid drainage system에 장애를 가져와 치근첨에서 소량의 CO<sub>2</sub>가 유리되고, 이로 인해 pH가 떨어지게 됨으로써, 치근의 탈회가 일어난다고 하였다. 즉, 간헐적 교정력에 비해 지속적인 치근막의 순환장애를 야기하기 때문에, 치근 및 치조골 등 주위 조직이 재차 회복될 수 있는 기간이 필요하다는 간헐적 교정력에 대한 이론도 제시되었다. 이러한 점을 고려하였을 때 본 연구에서는 NiTi coil spring에 의해 비교적 일정한 크기의 힘이 지속적으로 적용되는 활주 역학에 비해 combination loop archwire의 적용 시 다소 응력분포가 크게 나타났으나 그 힘의 작용 기간이 전자에 비해 다소 간헐적이기 때문에 치근 흡수에 더 부정적 영향을

미칠 것으로는 판단되지 않는다.

치관에 부착된 브라켓의 위치에 따라 힘이 제공되는 위치가 결정되고 이는 저항 중심과의 거리에 영향을 미치게 된다.<sup>14,20)</sup> 또한 치근의 형태나 치조골에 의해 지지 받고 있는 치근의 길이 또한 저항 중심의 위치에 영향을 주어 모멘트 대 힘의 비율에도 변화를 주게 되고 결과적으로 나타나는 치아 이동 형태도 달라지게 된다. 그러므로, 상악 전치를 한 단위로 후방 견인할 때에는 하나의 치아에 힘을 적용할 때와는 저항 중심의 위치가 달라질 것이다. Vanden Bulcke<sup>21)</sup> 등은 전치부의 다수의 치아들을 한 단위로 이동할 때의 저항 중심에 대해 레이저 반사법을 이용하여 연구한 결과, 2개나 4개의 치아를 한 단위로 이동할 경우에는 모멘트 대 힘의 비율에 크게 차이가 없고 그 저항 중심은 중절치 사이 치조정에서 치근단측으로 5mm 정도에 위치하지만, 6전치를 한 단위로 견인하는 경우에는 치체 이동을 위해서는 보다 높은 값의 모멘트 대 힘의 비율이 필요하고 그 저항 중심도 보다 치근단측으로 치우쳐져 있다고 하였다.

본 연구에서 힘을 적용한 광탄성 모형을 편광판 사이에 위치시켰을 때 치근 주위에서 나타나는 응력은 일정 부위의 치근면을 따라서 나타나는 것과 arc를 이루면서 나타나는 두 가지 양상으로 관찰되었다. 치근면을 따라서 비교적 일정한 폭을 가지면서 나타나는 응력은 신장력에 의한 것으로 해석되며, arc형으로 나타나는 응력은 압축력에 의한 것으로 해석된다.<sup>13)</sup> 전치부 치근단의 경우 arc형 무늬로 관찰되었고, 이는 치아의 설측경사로 인해 치근단의 협축방향으로 발생하는 압축력을 의미한다. 측방치근의 경우 견치와 소구치에 치근의 협설면을 따라 띠 모양의 무늬가 나타났는데 이는 인장력이 발생했음을 의미한다. Compensating curve를 부여하지 않은 경우 combination loop archwire와 활주역학 모두에서 전치부 치근단 부위에 전치를 후방 견인하는 힘에 의해 치근의 치관축 1/3을 회전 중심으로 하는 비조절성 경사 이동이 발생되어 상방에서 치근의 순측을 향하는 압축력이 발생한 것으로 생각된다. 단 combination loop가, 저항 중심에서 멀리 떨어진 치관의 브라켓 부착부위에 힘이 직접 작용한 것에 반해 활주역학에서는 저항 중심 쪽으로 6mm hook의 길이 만큼 더 가까이 위치하여 상대적으로 경사이동 경향이 감소하여 치근단에 응력의 집중이 다소 감소된 것으로 보인다. 이러한 점에서 볼 때 브라켓 위치에 직접적으로 힘을 적용하는 combination loop archwire방법 보다는

hook을 이용한 활주역학이 전치부의 후방견인 시 보다 더 유리할 것으로 판단된다. 물론 동일한 힘을 적용하였으나, 활주역학에서는 측방치군에서 브라켓 슬롯과 호선사이에 마찰력이 발생하여 결과적으로 전치부 후방견인에 사용된 힘은 combination loop arch wire를 사용하였을 때 보다 다소 감소하였음을 예상할 수 있으나, 4전치군의 저항중심에 가까이 적용한 힘이 브라켓에 적용한 힘에 비해 경사이동 조절에 더욱 효과적인 것은 분명하다. 0도의 compensating curve의 폐쇄용 호선에 의해 발생하는 비조절성 경사이동을 보상하기 위해 15도, 30도 compensating curve를 형성한 경우 전치부 치근단에 집중되는 최대 응력은 감소하였고, 이는 동일한 후방견인력을 적용하였으나 호선에 부여한 curve로 인해 발생된 모멘트로 어느 정도 경사이동 양상이 감소하였음을 나타낸다. 그러나 여전히 경사이동 양상은 나타났고, 치근단 협측에 압축력으로 나타났다. 측방치군에서는 compensating curve를 증가시킴에 따라 형성하지 않은 경우보다, 견치와 소구치에는 치근주위에 평행한 무늬차수가 점차 증가되어 나타나는데 이것은 형성된 curve에 의해 정출력이 증가되어 나타나는 것으로 판단할 수 있다. 이와는 대조적으로 대구치 치근단에서 나타나는 무늬차수는 큰 변화가 없는 것으로 보아 compensating curve가 대구치에 미치는 영향은 적은 것으로 보인다.

치아이동을 위해 기계적인 장치로 교정력을 제공하여 바람직한 치료결과를 얻으려면 교정장치가 치아와 치아주위조직에 미치는 생물학적 이해와 발생시키는 응력에 관한 역학적인 분석이 필요하게 된다. 발생된 응력을 분석하는 방법은 유한요소법과 레이저 홀로그래피를 이용한 연구, 장력계측법, 광탄성법 등이 있다. 유한 요소법<sup>22-26)</sup>은 형상이 복잡하고 균일하지 않은 구조물에 발생하는 응력을 분석하는 경우에 매우 유용하게 쓰이며, 전반적인 영역에 걸친 응력의 분포와 측정이 가능하고 변위 전후의 상태를 동시에 비교하여 볼 수 있는 반면 치아 및 주위구조물에 대한 수학적 모형으로부터 이론적으로 계산한 것이기에 그에 따른 한계점들을 가진다.<sup>13,24)</sup> 레이저 홀로그래피<sup>14,21,27)</sup>를 이용한 연구는 단색광이면서 같은 방향의 고주파수 광원의 간섭현상을 이용하는 것으로써 미세한 움직임도 알 수 있는 장점이 있지만 실험 조건이 까다롭고 오로지 물체 표면에서 만의 응력을 분석할 수 있는 한계가 있다. 장력계측법<sup>29,30)</sup> 생체나 모형의 어느 곳이나 장력측정기를 부착하면 부착

된 표면의 한 부위에 대한 응력과 변위를 동시에 가장 정확히 계측할 수 있으나 장치가 부착되지 않은 부위의 응력분석은 불가능 할 뿐만 아니라 장치의 크기 때문에 미세한 부분에는 부착이 곤란하고 연속적인 세부 계측과 내부 응력 측정이 불가능하며 실험이 복잡하다. 광탄성법은 제작된 광탄성 모형에 하중을 가했을 때 물체의 전 표면에서의 응력 분포를 계측할 수 있고 모형 전체에 퍼지는 응력을 관찰하여 응력이 집중되는 부분의 위치 및 양을 결정하기가 쉽다. 그러나 가정에 의해 균일하게 만들어진 모형을 이용해야 하고 절대적인 응력의 크기보다는 인접 부위와의 상대적인 응력 차이만이 관찰되고, 모형제작 및 실험조건이 쉽지 않은 단점이 있다.<sup>31-36)</sup> 광탄성법의 종류에는 투과식과 반사식이 있는데 투과식은 분석하고자 하는 물체와 똑같은 모형을 광탄성 재료를 사용하여 제작하고 하중을 가하여 무늬를 관찰하는 것으로 비교적 간단한 모형에 이용되고 높은 차수의 무늬를 얻을 수 있으며 반사식은 실제 물체에 광탄성 재료를 입힌 다음 반사된 빛을 이용하여 분석하는 방법으로 비교적 복잡한 모형에 이용되며 물체 표면의 변형율을 측정하는데 유리하다. 악외력을 이용한 효과를 연구한 많은 경우에는 전체 두개골을 광탄성 물질로 덧입혀서 반사식으로 연구하였지만, 교정력에 의해 치아주위 조직에 나타나는 현상을 관찰하는 많은 경우에는 모형을 2차원적인 평판으로 제작하여 연구하였다.<sup>31,33)</sup> 2차원적인 평판의 모형에서는 응력의 관찰이 보다 쉽고 도식적이지만 실제의 악궁이 가지는 3차원적인 요소를 무시하였기에 본 연구에서는 3차원적인 악궁의 형태를 유지하면서 응력 관찰에 보다 접근이 용이하도록 상악만 단순화시킨 입체모형을 제작하였다. 이는 응력분포를 관찰하기는 비교적 용이하였지만 3차원적 모형의 특성상 전치부에서는 치근단 주위의 순설측에서만 관찰이 가능하였고, 구치부에서는 협설측 방향에서만 관찰이 가능하였기에 보다 정확한 응력의 분포를 설명하기 위해서는 전치부 근원심과, 치경부에서의 응력도 관찰가능한 모형을 제작하여 3차원적 해석을 시도한다면 보다 더 효과적일 것으로 생각되었다.

## 결론 및 요약

상악치열에서 제 1소구치를 발거하고 견치를 발치 공간으로 후방이동 시킨 상태에서, combination arch wire와 활주역학을 이용하여 전치를 후방이동 시킬

때 견인방법과 호선에 부여한 compensating curve의 양에 따른 초기 응력 분포를 비교 분석하기 위해 치아와 치조골 모형을 광탄성 모형으로 대체시키고 wire와 bracket을 주어진 조건으로 위치시킨 후 편광판을 이용하여 초기 응력 상태를 연구하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Combination arch wire와 활주역학을 이용하여 전치를 후방 견인시 compensating curve가 0도, 15도, 30도로 증가할수록 전치부 치근단 부위의 최대 무늬차수가 감소하였다.
2. Combination loop arch wire와 활주역학으로 전치를 후방 견인시 compensating curve가 0도, 15도, 30도로 증가할수록 전치와 소구치 부위의 최대 무늬차수가 증가하였다.
3. Combination arch wire로 전치를 견인할 때보다 동일한 힘을 사용하여 활주역학으로 견인할 때 전반적으로 낮은 무늬차수를 나타내었다.

이상의 결과에서 combination loop archwire와 활주역학을 이용한 상악전치의 견인 시 견인방법에 큰 차이 없이 호선에 부여한 compensating curve는 전치의 설측 경사이동을 감소시킬 수 있음을 확인하였다. 또한 힘의 적용위치가 저항중심에 더욱 가까운, hook을 이용한 활주 역학이 전치의 설측경사 방지에 더 효과적일 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Buchner HJ. Closing spaces in orthodontic cases. *Angle Orthod* 1953;23:158-65.
2. Gjessing P. Controlled retraction of maxillary incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;101:120-31.
3. Bull. HL. Obtaining facial balance in the treatment of class II division 1. *Angle Orthod* 1951;139-48.
4. Burstone CJ. The mechanics of the segmented arch technique. *Angle Orthod* 1966;36:99-120.
5. Jarabak JR, Fizzell JA. Technique and treatment with light wire edgewise appliances. Mosby; 1972.
6. Broussard. Applied concepts and uses of the Broussard "Two force" technique. RMO Inc 1986.
7. McLaughlin RP, Bennett JC. The transition from standard edgewise to preadjusted appliance systems. *J Clin Orthod* 1989;23:142-53.
8. Hajime Kosaka. Plane arch system. 지성출판사; 2001.
9. Davidian EJ. Use of a computer model to study the force distribution on the root of maxillary central incisor. *Am J Orthod* 1971;59:581-8.
10. Kennedy DB, Joondeph DR, Osterberg SK, Little RM. Effect of extraction and orthodontic treatment on dentoalveolar support. *Am J Orthod* 1983;84:183-90.

11. Kaley J, Phillips C. Factors related to root resorption in edgewise practice. *Angle Orthod* 1991;61:125-32.
12. Ash MM. Wheeler's dental anatomy, physiology and occlusion. 6th ed. Philadelphia: WB Saunders; 1984. p. 118-275.
13. 이유진, 박수병. 상악전치의 후방견인시 J hook headgear의 사용이 응력 분포 변화에 미치는 영향에 대한 광탄성학적 연구. *대치교정지* 1996;26 :697-709.
14. Burstone CJ, Pryputniewicz RJ. Holographic determination of centers of rotation produced by orthodontic forces. *Am J Orthod* 1980;77:396-409.
15. Burstone CJ, Koenig HA. Creative wire bending -the force system from step and V bends. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;93:59-67.
16. Tanne K, Koenig HA, Burstone CJ. Moment to force ratios and the center of rotation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988 : 94 : 426-31.
17. Faulkner MG, Lipsett AW, El-royes K, Haberstock DL. On the use of vertical loops in retraction systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;99:328-36.
18. Sleichter CG. A clinical assessment of light and heavy forces in the closure of extraction spaces. *Angle Orthod* 1971;41:66-75.
19. Baeten LR. Canine retraction: A Photoelastic study. *Am J Orthod* 1975;67:11-23.
20. Gjessing P. Biomechanical design and clinical evaluation of a new canine retraction spring. *Am J Orthod* 1985;87:353-62.
21. Vanden Bulcke MM, Burstone CJ, Sachdeva RC, Dermaut LR. Location of the centers of resistance for anterior teeth during retraction using the laser reflection technique. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987;91:375-84.
22. 강정원, 차경석, 이진우. Intrusion arch wire activation시 상악전치에 가해진 초기응력의 유한 요소법을 통한 고찰. *대치교정지* 1998;28:391-98.
23. 박춘근, 양원식. 상악 전치 intrusion시 저항중심의 위치에 관한 3차원 유한 요소법적 연구. *대치교정지* 1997;27:259-72.
24. 민상홍, 윤영주, 김광원. Space closing loop에 의해 야기되는 상악 절치부 이동양상에 관한 역학적 연구. *대치교정지* 1995;25:143-52.
25. 천옥진, 김태우, 서정훈. 상악4절치의 후방견인시 나타나는 현상에 관한 유한요소적 연구. *대치교정지* 1995;25:525-41.
26. Tanne K, Hiraga J, Kakiuchi K, Yamagata Y, Sakuda M. Biomechanical effect of anteriorly directed extraoral forces on the craniofacial complex: a study using the finite element method. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;95:200-7.
27. 박기호, 손병화. Laser 반사측정법을 이용한 상악 전치부 합입시 저항 중심의 수평적 위치에 관한 연구. *대치교정지* 1993;23:619-31.
28. Murphy NC, De Alba JA, Chaconas SJ, Caputo AA. Experimental force analysis of the contraction utility arch wire. *Am J Orthod* 1982;82 : 411-7.
29. Pedersen E, Andersen K, Gjessing PE. Electronic determination of centers of rotation produced by orthodontic force systems. *Eur J Orthod* 1990;12:272-80.
30. Pedersen E, Andersen K, Meisen B. Tooth displacement analysed on human autopsy material by means of a strain gauge technique. *Eur J Orthod* 1991;13:65-74.
31. 엄정배, 이병태. Multiloop edgewise arch wire가 야기하는 응력분포에 관한 광탄성학적 연구. *대치교정지* 1990;20:317-32.
32. Brodsky JF, Caputo AA, Furstman LL. Root tipping. A photoelastic-histopathologic correlation. *Am J Orthod* 1975;67:1-10.
33. Caputo AA, Chaconas SJ, Hayashi RK. Photoelastic visualization of orthodontic forces during canine retraction. *Am J Orthod* 1974;65: 250-9.
34. Chaconas SJ, Caputo AA, Davis JC. The effects of orthopedic forces



on the craniofacial complex utilizing cervical and headgear appliances.  
Am J Orthod 1976;69:527-39.

35. Levy AJ, Chaconas SJ, Caputo AA. Orthopedic effect of the extraoral

chincup appliance on the mandible. Am J Orthod 1976;69:29-41.

36. Ayala Perez C, De Alba JA, Caputo AA, Chaconas SJ. Canine retraction with J hook head gear. Am J Orthod 1980;78:538-47.

- ABSTRACT -

## A photoelastic study on the initial stress distribution of the upper anterior teeth retraction using combination loop archwire and sliding mechanics

Kang-Soon Yim, Jin-Woo Lee, Kyung-Suk Cha

*Department of Orthodontics, College of Dentistry, Dankook University*

An unfavorable tipping movement can occur during the retraction of anterior teeth because orthodontic force is loaded by brackets positioned far from the center of resistance. To avoid this unfavorable movement, a compensating curved wire or lingual root torque wire is used. The purpose of this study is to investigate, using photoelastic material, the distribution of initial stress associated with the retraction of the incisors according to the degree of the compensating curve, to model changes associated with tooth and alveolar bone structure. The following results were obtained by analysis of the polarizing plate of the effects of initial stress resulting from retraction of the anterior teeth:

1. When the incisors were retracted using combination archwire or sliding mechanics, the maximal polarizing pattern of the apical area decreased as the degree of the compensating curve increased from 0 to 15 to 30.
2. When the incisors were retracted by the combination archwire or sliding mechanics, the maximal polarizing pattern of the canine and premolar area increased as the degree of the compensating curve increased from 0 to 15 to 30.
3. A lower degree of polarizing patterns were associated with the combination archwire technique than the sliding mechanics technique at a given force.

The above results indicate that there is no significant difference between the combination loop archwire technique and sliding mechanics, for the retraction of maxillary anterior teeth with decreased lingual tipping tendency by a compensating curve on the arch wire. However, the use of sliding mechanics is more effective for the prevention of lingual inclination of the anterior teeth, because the hook used in sliding mechanics is closer to the center of resistance of the maxillary anterior teeth.

Korean J Orthod 2004;34(4):303-12

※ **Key words:** Photoelastic study, Combination arch, Sliding mechanics