설측 교정장치로 상악 6전치 견인시 견인 방법에 따른 상악 구치부 초기 응력 분포에 관한 광탄성 분석법적 연구

연세대학교 대학원

치 의 학 과

이 정 현

설측 교정장치로 상악 6전치 견인시 견인 방법에 따른 상악 구치부 초기 응력 분포에 관한 광탄성 분석법적 연구

지도교수 황 충 주

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2003년 12월 일

연세대학교 대학원

치 의 학 과

이 정 현

이정현의 석사학위 논문을 인준함

심사위원 黃 志 桂

심사위원 朴 永 哲

심사위원 金 允 植

연세대학교 대학원

2003년 12월 일

감사의 글

여러 가지로 부족함이 많은 이 논문이 완성되기까지 끊임없는 지도와 세심한 배려로 이끌어 주신 황충주 교수님께 깊은 감사를 드리며 시간을 내어서 이 논문이 나올 수 있도록 심사하여 주신 박영철 교수님과 전윤식 교수님께도 깊은 감사의 마음을 전합니다. 그리고 원주기독병원에 계시는 여러 교수님께도 감사를 드립니다.

아울러 그동안 많은 가르침을 주신 유영규 교수님, 손병화 교수님, 백형선 교수님, 김경호 교수님, 유형석 교수님, 최광철 교수님, 이종석 선생님께 감사의 말씀을 드리며 실험하는 동안 많은 도움을 주신 기계학 교실 전홍재 교수님과 조교 선생님들께도 감사의 마음을 전합니다.

또한, 논문이 나오기까지 많은 격려와 도움을 주신 연세대학교 교정학 교실의 여러분들과 원주기독병원 식구들께도 감사의 말씀을 드립니다.

끝으로, 항상 사랑으로 돌보아 주신 부모님과 가족들에게 고마운 마음을 전합니다.

저 자 씀

그림 및 표차례 · iii
국문요약 · iv
I. 서 론 · 1
II. 재료 및 방법 · 4
1. 광탄성 모형의 제작 · 4
2. 설측 브라켓의 부착 및 와이어의 삽입 · 4
3. 광탄성 분석 · 5
III. 결 과 · 7
1. 설측 견인 · 7
가. 150gm의 견인력 적용 · 7
나. 300gm의 견인력 적용 · 7
다. 450gm의 견인력 적용 · 8
2. 협측 cross-over 견인 · 8
가. 150gm의 견인력 적용 · 8
나. 300gm의 견인력 적용 · 9
다. 450gm의 견인력 적용 · 9
IV. 고 찰 · 12
V. 결 론 · 16
참고문헌 · 18
영문요약 · 22

그림 차례

그림 1. Conventional retraction on lingual orthodontic appliances. · 3
그림 2. Cross-over retraction on lingual orthodontic appliances. · 3
그림 3. Circular polariscope arrangement for visualization of isochromatic fringes. · · · · · · · · · · · · 6
그림 4. Unloaded state of photoelastic model. · · · · · 6
그림 5. loaded state of photoelastic model. · · · · · · 7
그림 6. Schematic diagrams of photoelastic model for retraction methods. · · · · · · · · · · · · · · · 10

표 차례

표 1. Fringe order of photoelastic model for retraction methods · 11

국문요약

설측 교정장치로 상악 6전치 견인시 견인 방법에 따른 상악 구치부 초기 응력 분포에 관한 광탄성 분석법적 연구

본 연구는 상악 제1소구치를 발치한 중등도의 고정원(moderate anchorage)이 요구되는 설측 교정치료에서 통상적인 상악 6전치 후방견인 방법과 크로스오버(Cross-over) 견인 방법간의 견인력의 크기에 따른 상악 구치부의 응력 분포 차이를 알아보기 위해 시행되었다. 견인력은 150gm, 300gm 그리고, 450gm의 크기에 따라 비교되었고 150gm을 적정한 견인력으로 보았다. 제1소구치가 제거된 편측 상악 모형은, 치조골은 광탄성재(PL-2)로 치아는 레진 인공치로 제작되었다. 견인 방법과 견인량에 따라 광탄성 분석을 시행한 결과는 아래와 같았다.

1. 두 방법에서 적정한 견인력인 150gm을 가했을 때 수직 휨 현상 및 수평 휨 현상이 잘 일어나지 않았다.
2. 통상적인 설측 견인 방법에서 견인력이 증가할수록 수직 휨 현상(Vertical bowing effect) 및 수평 휨 현상(Transverse bowing effect)이 더 잘 일어났다.
3. 크로스오버 견인 방법에서 견인력이 증가할수록 수평 휨 현상이 통상적인 설측 견인시와는 반대 방향으로 더 잘 일어났고 수직 휨 현상도 더 잘 일어났다.
4. 동일한 견인력에서 통상적인 설측 견인 방법이 크로스오버 견인 방법보다 수직 휨 현상 및 수평 휨 현상이 더 잘 일어났다.

핵심되는 말 : 설측 교정치료, 크로스오버 견인 방법, 수평 휨 현상, 수직 휨 현상, 광탄성 분석법

설측 교정장치로 상악 6전치 견인시 견인 방법에 따른 상악 구치부 초기 응력 분포에 관한 광탄성 분석법적 연구

<지도교수 황충주>

연세대학교 대학원 치의학과

이 정 현

I. 서 론

설측 교정치료는 1975년경부터 본격적으로 개발되기 시작한 이후 성인의 심미 교정치료법으로 많은 호응을 얻어 왔다. 따라서 설측 교정치료는 술식과 재료의 발전으로 최근에는 더 이상 새로운 분야가 아닌 것으로 여겨지게 되었다. 설측 교정치료는 일반적인 협측 교정치료에 비해 진단에서부터 부착 술식 및 치료 술식까지 많은 차이점이 있다. 그러나 Kurz (1982)가 제안한 설측 교정치료의 기준에 따르면 설측 교정치료 또한 협측 교정치료와 같이 심미적, 기능적 측면에서 같은 목적을 가지므로 협측 교정치료와 같은 정도로 교정 술식상 조절이 가능해야 한다고 하였다. 이러한 관점에서 설측 교정치료시에도 협측 교정치료에서처럼 비발치 치료에 비해 발치 치료는 치료 중에 많은 부작용이 발생할 가능성이 존재하는데 이러한 부작용의 대부분이 발치 공간 폐쇄시에 나타난다. 그 중에서도 고정원 상실과 치열궁의 휨 현상(bowing effect)이 가장 대표적인 부작용이다. 그러므로 발치 교정치료에 있어서 전치부 후방 견인시에 고정원 조절과 수직 휨 현상(vertical bowing effect) 및 수평 휨 현상(transverse bowing effect)의 예방은 중요한 문제이다. 특히 설측 교정치료에서는 제1소구치 발치 치료시에 견치와 제2소구치 사이에 offset bend가 위치하게 되기 때문에 협측 교정치료에 비해 발치 부위의 호선 길이가 1.27배 더 길어져 주호선의 강성(Stiffness)이 감소하므로 전방

분절의 후방 견인시에 휨 현상이 더 쉽게 일어날 수 있는 조건이 되어 anti-tip, anti-rotation bend도 설측 교정치료 술식에서 보다는 협측 교정 치료 술식에서 더 효과적이라는 연구 결과도 있다(Sung 등, 2003).

발치가 동반된 설측 교정치료에서 중등도의 고정원(moderate anchorage)이 필요한 경우에 협측 교정치료에서와 같이, 횡구개 호선(Transpalatal arch)이나 설측 호선(Lingual arch)은 사용하지 않고 구치부에서의 rope-tie 만으로 고정원을 한다. 따라서 횡구개 호선이나 설측 호선이 없어 양측 구치부가 서로 연결되지 않으므로 수평 휨 현상이 보다 쉽게 일어날 수 있는 조건이 된다(Fig 1). 이에 대해 Romano (2000)는 탄성 고무줄이나 NiTi coil spring 등을 전치부 후방 견인시에, 전치부 견인을 위한 후크(hook)에서 제1대구치 협측의 브라켓의 후크에 발치부의 치조정을 가로질러 연결할 것을 제안했다(Fig 2). 그런데 이와 같이 설측 교정 치료시에 견인 방향을 변화시킴으로써 휨 현상을 줄이는 방법에 관한 연구 결과가 적어 본 연구에서 이를 다루고자 하였다. 견인력에 의해서도 그 크기가 과도할 경우 휨 현상을 야기할 수 있는 인자가 되는데, 생물학적 관점에서 보면 Schwartz (1932)는 편측당 견인력이 300gm을 초과하게 되면 치주 인대내의 혈관이 압박되어 혈류 공급이 차단됨으로써 인접골의 골세포가 손상을 받아 간접 골흡수가 일어난다고 하였으며 또한 Storey와 Smith (1952)는 치아 이동에 있어서 최대 속도를 일으킬 수 있는 견인력은 편측당 150~200gm이라고 밝혔다.

응력 분포도를 관찰하기 위해 본 연구에서 채택한 방법은 Alfredo 등 (1982)과 Asundi와 Kishen (2000), Chaconas 등 (1989), Itoh 등 (1985), Kuroe 등 (1999), Matsui 등 (2000), Stefanec 등 (1993) 그리고 Yoon 등 (2002)이 연구에 사용한 광탄성 분석법(photoelastic analysis)인데 이외에도 유한 요소 측정법(finite element method)이나(Geramy, 2000, Osamu와 Nobuhiro, 1985, Tanne 등, 1998) laser 반사 측정법(laser reflection technique)(민 등, 1995, 박과 손, 1993, Vanden Bulcke 등, 1987, Vanden Bulcke 등, 1986), magnetic sensing system을 이용한 방법(Yoshida 등, 2001), 응력 계측법(electrical resistance strain gauge method) 등이 있다(김과 박, 2001, 김과 남, 1987, Gjessing, 1985, Pedersen 등, 1990, Pedersen 등, 1991, Weijs와 Dejongh, 1997).

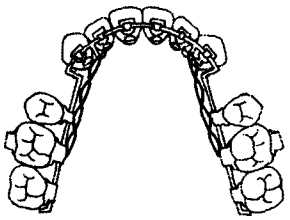

Fig 1. Conventional retraction on lingual orthodontic appliances.

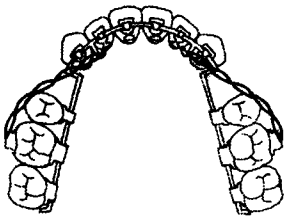

Fig 2. Cross-over retraction on lingual orthodontic appliances.

이 방법의 장점은 모형에 하중이 가해졌을 때 내부 응력의 크기 및 범위를 줄무늬 형태(fringe pattern)의 변화와 이러한 방법들 중에서도 최근 컴퓨터의 급속한 발달로 유한 요소 측정법이 많이 사용되고 있는데 본 연구에서는 광탄성 분석법을 사용하였다. 개수 및 범위에 따라 쉽게 가시화할 수 있고 하중의 부하 형태가 변화해도 기록이 용이하다는 것이다(James와 William, 1991). 그러므로 본 연구의 목적은 광탄성 분석법을 사용하여 설측 교정치료시에 각각의 견인력의 크기에 대해 상악 전치부 후방 견인에 있어서 크로스오버 견인 방법과 통상적인 설측 견인 방법에 따른 응력 분포 정도 및 크기를 관찰하여 그 차이를 고찰하는 것이다.

II. 재료 및 방법

1. 광탄성 모형의 제작

치근의 형태에 따라 저항 중심의 위치가 다양하게 나타나며 하중의 크기에 따라 다른 반응이 나타날 수 있으므로 본 연구에서는 표준형의 상악 레진 인공치를 선택하였다(Choy 등, 2000, Tanne 등, 1991). 선택한 28개의 상악 레진 인공치를 Mclaghlin 등 (2002)이 제안하는 치아 경사도와 토오크를 부여하여 평편한 교합평면을 가진 난원형의 치열궁 형태가 되도록 파라핀 왁스상에 심어 상악의 좌측

반악 왁스 모형을 제작하고 식립된 인공치 중에서 제1소구치를 제거하여 발치와는 파라핀 왁스로 채운 후 실리콘 인상재로 인상을 채득하였다. 왁스 모형에서 인공치를 모두 제거하고 치관 부분에 레진 분리제를 도포하고 실리콘 인상체의 치아 음형 인기 부분에 각각의 인공치를 삽입한 후 Dykman (1969)이 제시한 치주인대 대체제인 Araldyte 208을 인공치의 치근부위에 붓으로 얇게 2회 도포하여 경화시킨 후에 광탄성 레진 PL-2(Measurements group, INC, USA)를 붓고 경화시켜 광탄성 모형을 제작하였다.

2. 설측 브라켓의 부착 및 와이어의 삽입

완성된 광탄성 모형에 016"×022" 강선(stainless steel wire)이 교합평면에 평행하면서 passive하게 들어가도록 018" slot의 설측 브라켓(Ormco, USA)을 부착하고 016"×022" 강선으로 전치부 견인을 위한 호선을 제작하고 6전치 견인(En-masse retraction)을 위한 후크의 위치는 대략적으로 4 전치 및 6 전치의 저항 중심이 측절치와 견치 사이에 위치한다는 연구 결과가 있어 이 위치에 납착하였다(Matsui 등, 2000, Vanden Bulcke 등, 1987). 전치부와 구치부를 각각 결찰용 강선으로 rope-tie하여 전방 분절과 후방 분절을 형성하고 견인용 각형 호선을 삽입한 후 전치부는 결찰용 강선으로 double over tie하고 구치부는 일반적으로 결찰하였다. 그런 후 제1대구치 협측에 설측 브라켓과 같은 높이에 협측 브라켓(Korean Smart, Korea)을 부착하였다.

3. 광탄성 분석

완성된 모형을 광탄성 분석기기상에 위치시켰다(Fig 3). 그리고 응력이 없는 상태임을 확인하였다(Fig 4). 견인력의 크기를 정함에 있어 역학적 관점에서 보면 Burstone과 Goldberg (1983)는 호선의 재료 및 단면의 형태와 크기에 따라 영구변형을 일으키기 시작하는 항복점의 모멘트가 각각 다르다고 하였는데, 이 연구에서 항복점의 second order bending moment는, 016″×022″ stainless steel wire에서

3625±125gm · mm로 측정되었다. 여기에 6전치부의 수직적 저항중심까지의 거리가 중절치의 순측 치조정에서 교합면에 수직으로 대략 6mm 정도 치근단쪽으로 위치해 있다는 Matsui 등(2000)의 연구 결과가 있으므로 이를 본 연구의 모형에 적용시켰을 때, 항복점의 second order bending force는 291.7~312.5gm이 된다. 그러므로 서론에서 언급했던 견인력에 대한 연구들과 이 연구 결과들을 근거로 본 연구에서는 견인력을 150gm, 300gm, 450gm으로 다르게 정하여 150gm 정도를 적정 견인력으로, 300gm 정도를 적정 견인력를 약간 초과하는 것으로, 그리고 450gm 정도를 과도한 힘으로 정하였다. 그래서 탄성 체인(Ormco, USA)을 발치부의 치조정을 가로질러 전치부의 후크와 제1대구치 협측 브라켓의 후크에 dial gauge(Dentaurum, Germany)로 측정하여 150gm, 300gm, 450gm의 힘으로 각각 연결한 후 즉각적으로 circular transmission polariscope으로 응력 분포 양상을 관찰하고 기록하였다. 또한 전치부 후크와 제1대구치 설측 브라켓의 후크와도 150gm, 300gm, 450gm의 힘으로 각각 연결하여 응력 분포 양상을 관찰하고 기록하였다. 기록은 카메라를 이용하여 편광 렌즈로 찍힌 상으로서 압박력과 인장력을 받는 부위에서 단색 줄 무늬 형태(isochromatic fringe pattern)로 나타나게 된다(Fig 5). 이 줄무늬 형태의 수를 차수(fringe order)라고 하는데 응력이 없는 부위를 기준으로 차수 0에서부터 시작하여 단색 줄무늬 한 개를 차수 1, 두 개를 차수 2로 세어나가고 단색 줄무늬가 원형을 이룰 때 차수 ½로 센다. 이 차수로 상대적으로 압박력이나 인장력을 많이 받는 부위를 알 수 있다(James와 William, 1991).

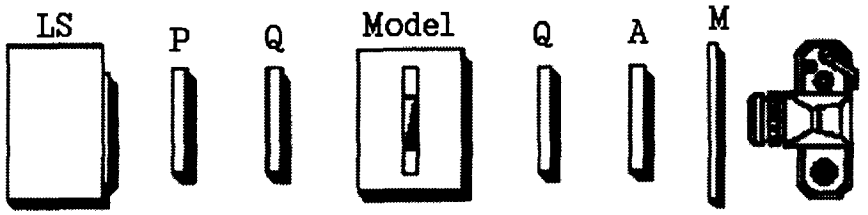

Fig 3. Circular polariscope arrangement for visualization of isochromatic fringes. LS : light source, P : polarizer, Q : quarter-wave plate, A : analyzer, M : monochrometer.

A. Buccal view B. Lingual view C. Occlusal view

Fig 4. Unloaded state of photoelastic model.

A. Buccal view B. Lingual view C. Occlusal view

Fig 5. Loaded state of photoelastic model.

III. 결 과

1. 설측 견인

가. 150gm의 견인력 적용

협측에서는 제1대구치와 제2대구치의 근원심 치근면 및 치근단쪽에 차수 1을 나타내었고 제2소구치의 근심측 치근면의 치경부 ⅓쪽에 차수 3½, 중간부 ⅓쪽과 치근단 및 원심측 치근면쪽에 차수 2½을 나타내었다. 설측에서는 제1대구치와 제2대구치의 원심측 치근면 쪽에 차수 1을 나타내었고 제1대구치의 근심측 치근면의 중간부 ⅓쪽에 차수 1을 나타내었으며 제2소구치의 근심측 치근면의 치경부 ⅓쪽

에 차수 3½을, 중간부 ⅓쪽과 치근단쪽에 차수 2½을 각각 나타내었다. 교합면측에서는 제2소구치와 제1대구치 및 제2대구치의 협설측 치근면쪽에 차수 1를 나타내었고 제1소구치의 무치악 부위에는 차수 2를 나타내었다(Fig 6).

나. 300gm의 견인력 적용

협측에서는 150gm의 견인력을 적용했을 때와 동일한 양상을 나타내었고 설측에서는 제1대구치의 근심측 치근면의 치경부 ⅓쪽에 차수 3을 중간부 ⅓쪽에 차수 2를, 치근단쪽에 차수 1을 각각 나타내었고 제2소구치의 근심측 치근면의 치경부 ⅓쪽에 차수 4를, 중간부 ⅓쪽에 차수 3을, 치근단쪽에 차수 2를 각각 나타낸 것 외에는 150gm의 견인력을 적용했을 때와 동일한 양상을 나타내었다. 교합면측에서는 150gm의 견인력을 적용했을 때와 동일한 양상을 나타내었다(Fig 6).

다. 450gm의 견인력 적용

협측에서는 제1대구치의 근원심측 치근면 및 치근단쪽에 차수 2를 나타내었고 제2소구치의 근심측 치근면의 치경부 ⅓쪽에 차수 4를, 중간부 ⅓과 치근단쪽과 원심측 치근면쪽에 차수 3을 각각 나타낸 것 외에는 150gm의 견인력을 가했을 때와 동일한 양상을 나타내었다. 설측에서는 제1대구치의 근심측 치근면 및 치근단쪽에 차수 2를 나타내었고 제2소구치의 근심측 치근면의 치경부 ⅓쪽과 중간부 ⅓쪽에 차수 3, 치근단쪽에 차수 2를 각각 나타낸 것 외에는 150gm의 견인력을 적용했을 때와 동일한 양상을 나타내었다. 교합면측에서는 제1소구치의 무치악 부위에 차수 3을 나타낸 것 외에는 150gm의 견인력을 적용했을 때와 동일한 양상을 나타내었다(Fig 6).

2. 협측 Cross-over 견인

가. 150gm의 견인력 적용

협측에서는 제2소구치의 원심측 치근면과 제1대구치, 그리고 제2대구치의 근원심측 치근면 및 치근단쪽에 차수 1을 나타내었고 제2소구치의 근심측 치근면의

치경부 ⅓쪽에 차수 2½을, 중간부 ⅓쪽에 차수 1½을, 치근단쪽에 차수 1을 나타내었다. 설측에서는 제1대구치와 제2대구치의 원심측 치근면과 치근단쪽에 차수 1을 나타내었고 제1대구치의 근심측 치근면의 치경부 ⅓쪽에 차수1을, 중간부 ⅓쪽에 차수 2를 나타내었으며 제2소구치의 근심측 치근면의 치경부 ⅓쪽에 차수 3½을, 중간부 ⅓쪽과 치근단쪽에 차수 2½를 각각 나타내었다. 교합면측에서는 제2소구치, 제1대구치, 제2대구치의 협설측 치근면쪽에 차수 1을 나타내었고 제1소구치의 무치악 부위에는 차수 2를 나타내었다(Fig 6).

나. 300gm의 견인력 적용

설측에서 제1대구치 구개측 치근의 근심면의 치경부 ⅓ 부위에 차수 1½을, 중간부 ⅓쪽에 차수 2½을 나타낸 것과 제2소구치 원심측 치근면의 치경부 ⅓과 중간부 ⅓쪽에 차수 1½을 나타낸 것을 제외하고는 150gm의 견인력을 적용했을 때와 동일한 양상을 나타내었다(Fig 6).

다. 450gm의 견인력 적용

협측에서는 제2소구치의 원심측 치근면 및 근심측 치근단쪽에 차수 1½을 나타낸 것 외에는 150gm의 견인력을 적용했을 때와 동일한 양상을 나타내었다. 설측에서는 제1대구치의 근심측 치근면에 전체적으로 차수 1을 나타내었고 제2소구치의 근심측 치근면의 치경부 ⅓쪽에 차수 4½을, 중간부 ⅓쪽에 차수 3½을, 치근단쪽에 차수 2½을 나타낸 것과 원심측 치근면의 치경부 ⅓과 중간부 ⅓쪽에 차수 2½을, 치근단부에 차수 1½을 나타낸 것을 제외하고는 150gm의 견인력을 적용했을 때와 동일한 양상을 나타내었다. 교합면측에서는 제1소구치의 무치악 부위에 차수 3을 나타내었고 제2소구치의 설측 치근면쪽에 차수 2를 나타낸 것 외에는 150gm의 견인력을 적용했을 때와 동일한 양상을 나타내었다(Fig 6).

위의 결과들을 표로 나타내었다(Table 1).

		Buccal view	Lingual view	Occlusal view
Lingual retraction	150g			
	300g			
	450g			
Cross-over retraction	150g			
	300g			
	450g			

Fig 6. Schematic diagrams of photoelastic model for retraction methods.

Table 1. Fringe order of photoelastic model for retraction methods

			Lingual retraction				Cross-over retraction			
			2nd premolar		1st molar		2nd premolar		1st molar	
			Mesial	Distal	Mesial	Distal	Mesial	Distal	Mesial	Distal
150g	Buccal view	Cervical1/3	3.5	2.5	1.0	1.0	2.5	1.0	1.0	1.0
		Middle 1/3	2.5	2.5	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0
		Apical 1/3	2.5	2.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Lingual view	Cervical1/3	3.5	1.5	0.0	1.0	3.5	1.0	1.0	1.0
		Middle 1/3	2.5	1.5	1.0	1.0	2.5	0.0	2.0	1.0
		Apical 1/3	2.5	0.0	0.0	1.0	2.5	1.5	0.0	1.0
	Occlusal view	Buccal	2.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0
		Lingual	2.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0
300g	Buccal view	Cervical1/3	3.5	2.5	1.0	1.0	2.5	1.0	1.0	1.0
		Middle 1/3	2.5	2.5	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0
		Apical 1/3	2.5	2.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Lingual view	Cervical1/3	4.0	4.0	3.0	1.0	3.5	1.5	1.5	1.0
		Middle 1/3	3.0	3.0	2.0	1.0	2.5	1.5	2.5	1.0
		Apical 1/3	2.0	2.0	1.0	1.0	2.5	1.5	0.0	1.0
	Occlusal view	Buccal	2.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0
		Lingual	2.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0
450g	Buccal view	Cervical1/3	4.0	3.0	2.0	2.0	2.5	1.5	1.0	1.0
		Middle 1/3	3.0	3.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0
		Apical 1/3	3.0	3.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0
	Lingual view	Cervical1/3	4.0	3.0	2.0	1.0	4.5	2.5	1.0	1.0
		Middle 1/3	4.0	3.0	2.0	1.0	3.5	2.5	1.0	1.0
		Apical 1/3	2.0	2.0	2.0	1.0	2.5	1.5	1.0	1.0
	Occlusal view	Buccal	3.0	1.0	1.0	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0
		Lingual	3.0	1.0	1.0	1.0	3.0	2.0	1.0	1.0

IV. 고 찰

설측 교정치료에 있어서 발치 공간의 폐쇄시 통상적인 협측 교정치료와 같이 휨 현상이 문제가 되는데, 그 중에서 수평 휨 현상은 하악의 경우 치조골이 좁기 때문에 피질골 고정원으로 인해 잘 발생하지 않고 주로 상악에서 나타나며 이는 상악 전방 분절의 공간 폐쇄용 후크와 상악 제1대구치 사이의 견인력에 의해 상악 제1대구치가 원심으로 회전하면서 소구치부가 넓어지는 현상이다. 특히 중등도의 고정원이 요구되는 증례에서 횡구개 호선을 사용하지 않는 경우에 이러한 현상이 종종 나타나는데 이에 대한 해결책으로 발치를 동반한 설측 교정치료시에 상악 전방 분절의 후크와 제1대구치의 설측 브라켓의 후크에 탄성 고무줄이나 NiTi coil spring을 걸지 않고 제1대구치에 협측 브라켓을 부착하여 협측 브라켓의 후크에 탄성 고무줄이나 NiTi coil spring을 발치와의 치조정을 가로질러 걸어주는 크로스오버 견인 방법을 사용하기도 한다. 이에 대해 본 연구를 시행한 결과, 발치를 동반한 설측 교정치료시에 중등도의 고정원으로 크로스오버 견인 방법을 사용하여 상악 6전치를 견인하는 방법과 통상적인 설측에서의 상악 6전치 견인 방법이 상악 구치부 주위에 미치는 영향에서 견인력의 크기에 따른 차이가 있음을 알 수 있었다. 설측 견인 방법으로 견인력 150gm을 가했을 때와 300gm을 가했을 때의 결과를 비교해 보면, 제1대구치에서 협측에서는 변화가 없으나 설측에서는 치근단 부위 및 근심측 치근면의 차수가 증가한 것은 제1대구치의 구개측 치근의 이 부위에서 압박력이 증가해 원심 회전되면서 수평 휨 현상이 일어날 가능성이 증가됨을 알 수 있었고 제2소구치에서도 협측에서는 변화가 없으나 설측에서 근심측 치근면의 치경부 ⅓ 부위와 중간부 ⅓부위에 차수가 증가한 것은 제2소구치도 원심 회전되면서 수평 휨 현상이 일어나는 동시에 수직 휨 현상 역시 더 잘 일어날 수 있는 환경이 됨을 알 수 있었다. 즉 150gm을 가했을 시에는 응력을 받지 않는 부위가 설측에서 보았을 때 제2소구치 치근의 원심면과 제1대구치 치근의 근심면에 존재했으나 300gm을 가했을 시에는 세가지 측면에서 보았을 때 모두 구치부 치근 전체에 응력이 존재하는 것으로 보아 구치부 치근에 회전이 일어날 수 있는 조건이 되므로 설측 견인 방법에서는 300gm부터 수평 휨 현상이

일어난다는 것을 알 수 있었다. 수직 휨 현상은, 협설측에서 보았을 때 회전 중심에 대해 치근의 근원심면에서 대칭이 되도록 응력 분포가 나타나면서 교합면측에서 보았을 때 치근이 전체적으로 응력을 받고 있거나 전치근이 세가지 측면에서 모두 응력을 받고 있어야 일어나고 있다고 할 수 있는데 이 역시 설측 견인방법에서 300gm부터 나타났다. 그리고 300gm을 가했을 때와 450gm을 가했을 때의 결과를 비교해 보면 제1대구치의 설측에서 구개측 치근의 치근단 부위의 차수가 증가하여 수평 휨 현상이 더 심하게 일어날 수 있음을 알 수 있었다. 이것은 협측에서 제1대구치의 협측 치근의 근심측의 인장력 증가와 원심측의 압박력 증가로 근원심 및 치근단 부위에 차수가 증가한 것으로부터 더욱 잘 알 수 있었다. 제2소구치에서는 협측에서 근심측 치근면의 ⅓ 부위에서 차수가 증가하여 수직 휨 현상이 더 잘 일어날 수 있음을 나타내었다. 그리고 교합면측에서 제1소구치 무치악 부위가 협설측으로 차수가 증가한 것은 견인력의 증가로 인해 전방 분절의 원심면과 후방 분절의 근심면에서 압박력이 증가되었음을 보여주는 것이다. 다음으로, 크로스오버 견인 방법에서 150gm의 견인력을 적용했을 때와 300gm의 견인력을 적용했을 때를 비교해 보면, 설측에서 제1대구치의 구개측 치근의 근심면의 치경부 ⅓ 부위에서 차수가 증가한 것은 견인력 증가로 이 부위의 인장력이 증가한 것으로, 제1대구치가 구개측 치근에 고정원으로서의 부담이 가중되었음을 보여주는 것이다. 그러나 제1대구치의 구개측 치근의 치근단 부위의 근심면에서 차수가 0에서 증가하지 않았으므로 150gm의 견인력을 적용했을 때와 마찬가지로 구개측 치근을 중심으로 한 제1대구치의 회전은 일어나지 않을 것임을 알 수 있었다. 300gm의 견인력을 적용했을 때와 450gm의 견인력을 적용했을 때를 비교해 보면 제2소구치의 설측에서 근심측 치근면의 치경부 ⅓ 부위에서 차수가 증가한 것은 수직 휨 현상이 더 잘 일어날 수 있음을 보여주는 결과이다. 또한 교합면측에서 제2소구치의 설측 치근면 부위의 차수가 증가한 것은 이 부위에서 압박력이 증가한 것을 나타내 주는 것으로서 이로 인해 일반적인 수평 휨 현상과는 반대의 치열궁 변형이 일어날 수 있음을 보여주었다. 그리고 제1소구치의 무치악 부위의 협설측 부위에서 차수가 증가한 것은 견인력의 증가로 인한 전방 분절의 원심면과 후방 분절의 근심면에서 압박력이 증가한 것을 보여주는 것이다. 즉 위의 설측 견

인 방법에서와 같은 이유로 크로스오버 견인 방법에서 300gm부터는 제2소구치까지 치근면 전체에 응력을 받는 것으로 나타났으나 제1대구치의 치근면은 설측에서 보았을 시에 근심면에 응력을 받지 않는 부위가 450gm 까지도 존재하였다. 그 다음으로 설측 견인 방법과 크로스오버 견인 방법을 각 견인력에 따라 비교해 보면, 150gm의 견인력을 적용했을 때, 협측에서 보았을 시에 크로스오버 견인 방법에 비해 설측 견인 방법이 제2소구치 근심측 치근면의 치경부 ⅓ 부위에서 차수가 더 큰 것은 수직 휨 현상이 후자의 경우에 덜 일어날 수 있음을 나타낸다. 그리고 300gm의 견인력을 적용했을 때, 설측에서 보았을 시에 제1대구치의 구개측 치근의 근심측 및 치근단 부위에서, 크로스오버 견인 방법보다 설측 견인 방법에서 차수가 더 큰 것은 이 부위의 압박력이 증가하여 제1대구치가 구개측 치근을 중심으로 원심 회전함으로써 후자가 수평 휨 현상을 야기하기 시작함을 알 수 있었다. 또한 제2소구치의 근심측 치근면의 치경부 ⅓ 부위의 차수도 협설측에서 후자가 더 크므로 수직 휨 현상도 더 잘 야기된다는 것을 알 수 있었다. 다음으로 450gm의 견인력을 적용했을 때 설측 견인 방법에 비해 크로스오버 견인 방법에서는 제2소구치의 치근면의 설측 부위에 차수가 더 크게 나타나 이 부위의 압박력 증가로 일반적인 수평 휨 현상과는 반대의 수평 휨 현상이 일어날 수 있다는 것을 알 수 있었으며, 또한 협측에서 보았을 시에 제2소구치 근심측 치근면의 치경부 ⅓ 부위의 차수도 후자가 더 크므로 수직 휨 현상도 더 잘 일어난다는 것을 알 수 있었다. 위에서 살펴본 바와 같이 동일한 견인력을 적용했을 때, 설측 견인 방법보다 크로스오버 견인 방법에서 수직 휨 현상이 더 잘 일어나는 것으로 나타났는데 이는 견인력의 방향 차이로 인해 순수한 견인력이 설측 견인 방법보다 약간 더 작아지기 때문일 것으로 추측된다. 즉 본 연구의 실험 모형에서는 두 견인 방향의 차이가 35도로서 크로스오버 견인 방법을 사용하여 150gm, 300gm, 450gm의 견인력으로 견인시에 설측 견인하는 방향으로 분력을 계산해 보면 각각 122.9gm, 245.7gm, 368.6gm으로 견인력이 줄어든다. 그러므로 상기 고찰이 시사하는 것은 150gm 정도의 적정한 견인력을 적용시에는, 설측 견인 방법과 크로스오버 견인 방법에서 모두 수평 휨 현상 및 수직 휨 현상이 미약하고, 300gm 정도의 견인력을 적용시에는, 크로스오버 견인 방법이 수평 휨 현상을 예방할 수 있으며

또 같은 크기의 견인력 적용시에 실질적인 견인력의 감소로 수직 휨 현상도 덜 야기한다는 것이다. 그리고 450gm 정도의 견인력을 적용하면 크로스오버 견인 방법에서는 설측 견인 방법에서 일어날 수 있는 수평 휨 현상과는 반대 방향의 또 다른 수평 휨 현상이 일어날 수 있고, 수직 휨 현상 또한 더 잘 일어난다는 것이다. 휨 현상을 줄이기 위해 설측 교정치료에서 사용되는 방법으로는, 본 연구에서 고찰해 본 크로스오버 견인 방법 외에도 multiple slot 브라켓으로 anti-bowing segmental archwire(ABS archwire)를 사용하거나 호선에 anti-bowing curve를 부여하는 방법, 상악 제1대구치의 원심 회전을 방지하기 위해 브라켓을 약간 근심쪽으로 부착하고 근심 경사를 방지하기 위해 브라켓을 약간 원심 경사시켜 부착하는 방법, 또는 017"×025" 이상의 stainless steel 각형호선을 사용하거나 제1대구치와 제2소구치를 rope-tie로 묶고 탄성 고무줄 및 NiTi coil spring을 전방 분절의 hook에서 제2소구치로 짧게 연결하여 견인하는 방법등이 현재 알려져 있다 (Romano, 2000).

향후에 같은 실험에 대해 Post의 method인 fringe multiplication 방법이나 mixed field-pattern등의 방법을 사용한다면 실험의 정확도를 높여서 차수 ½ 단위보다 더 세분화된 단위까지 측정함으로써 정밀한 결과를 얻을 수 있을 것이고, 또한 stress freezing process를 이용한다면 모형으로부터 여러 절편을 형성하여 모형 내부의 응력분포를 면밀히 관찰할 수 있을 것이다(James와 William, 1991).

V. 결 론

상악 제1소구치를 발치한 중간 고정원이 요구되는 설측 교정치료에서 전방 분절의 후크와 제1대구치 설측 브라켓의 후크 사이에 견인력을 가하는 통상적인 상악 6전치 후방견인 방법과 전방 분절의 후크에서 제1대구치 협측 브라켓의 후크로 발치부의 치조정을 가로질러 상악 6전치를 후방견인하는 방법간의 상악 구치부에서의 응력 분포 차이를 알아보고자 편측에 150gm, 300gm, 450gm의 견인력을 적용시킨 광탄성 모형에 각각 광탄성 분석을 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 두 방법에서 적정한 견인력인 150gm을 가했을 때 수직 휨 현상 및 수평 휨 현상이 잘 일어나지 않았다.
2. 통상적인 설측 견인 방법에서 견인력이 증가할수록 수직 휨 현상 및 수평 휨 현상이 더 잘 일어났다.
3. 크로스오버 견인 방법에서 견인력이 증가할수록 수평 휨 현상이 통상적인 설측 견인시와는 반대 방향으로 더 잘 일어났고 수직 휨 현상도 더 잘 일어났다.
4. 동일한 견인력에서 통상적인 설측 견인 방법이 크로스오버 견인 방법보다 수직 휨 현상 및 수평 휨 현상이 더 잘 일어났다.

이상의 결과는 상악 제1소구치를 발치한 중등도의 고정원이 요구되는 설측 교정 증례에서 상악 6전치 견인시에 적정한 견인력를 가하면 휨 현상을 예방할 수 있다는 사실과, 수직 휨 현상의 예방과 적정한 견인력을 약간 초과할 경우의 수평 휨 현상의 예방을 위해 크로스오버 견인 방법이 안전하다는 사실을 시사한다.

참고문헌

1. 김상철, 박규찬: 치근부착 스트레인 게이지를 이용한 응력 분포 분석. 대치교정지 31: 325-332, 2001.
2. 김현순, 남동순: 경부고정 headgear 사용시 안면두개골의 변위에 관한 장력계측법 및 유한요소법적 연구. 대치교정지 17: 185-199, 1987.
3. 민상홍, 윤영주, 김광원: Space closing loop에 의해 야기되는 상악 절치부 이동 양상에 관한 역학적 연구. 대치교정지 25: 143-152, 1995.
4. 박기호, 손병화: Laser 반사측정법을 이용한 상악전치부 함입시 저항중심 수평적 위치에 관한 연구. 대치교정지 23: 619-631, 1993.
5. Alfredo J, Chaconas SJ, Caputo AA, Emilson, Wes: Stress distribution under high-pull extraoral chin cup traction. Angle Orthod 52: 69-79, 1982.
6. Asundi A, Kishen A: A strain gauge and photoelastic analysis of in vivo strain and in vitro stress distribution in human dental supporting structures. Archives of Oral Biology 45: 543-550, 2000.
7. Burstone CJ, Goldberg AJ: Maximum forces and deflections from orthodontic appliances. Am J Orthod 84: 95-102, 1983.
8. Chaconas SJ, Caupto AA, Miyashita K: Force distribution comparisons of various retraction archwires. Angle Orthod 59: 25-30, 1989.
9. Choy KC, Pae EK, Park YC, Kim KH, Burstone CJ: Effect of root and bone morphology on the stress distribution in the periodontal ligament. Am J Orthod Dentofacial Orthop 117: 98-105, 2000.
10. Dikman JFP: Distribution of forces in orthodontic treatment. Thesis, University of Nijmegen, Nijmegen, Netherlands, 1969.
11. Geramy A: Alveolar bone resorption and center of resistance modification(3-dimensional analysis by means of the finite element method). Am J Orthod Dentofacial Orthop 117: 399-405, 2000.
12. Gjessing P: Biomechanical design and clinical evaluation of a new canine

retraction spring. Am J Orthod 87: 353-362, 1985.

13. Itoh T, Chaconas SJ, Caputo AA, Matyas J: Photoelastic effects of maxillary protraction on the craniofacial complex. Am J Orthod 88: 117-124, 1985.

14. James WD, William FR: Experimental stress analysis. 3rd edi. 1991, pp. 453-505, McGraw-Hill, USA.

15. Kuroe T, Itoh H, Caputo AA, Nakahara H: Potential for load-induced cervical stress concentration as a function of periodontal support. J Ethet Dent 11: 215-222, 1999.

16. Kurz C: Lingual orthodontics. A status report. Part 2: Research and development. J Clin Orthod 16: 735-740, 1982.

17. Matsui S, Caupto AA, Chaconas SJ, Kiyomura H: Center of resistance of anterior arch segment. Am J Orthod Dentofacial Orthop 118: 171-178, 2000.

18. McLaughlin RP, Bennet JC, Trevisi HJ: 체계적인 임상교정치료. 박영철, 백형선, 박인권, 황충주 옮김, 2002, pp. 32-39, 신흥인터내셔날, 서울.

19. Osamu M, Nobuhiro S: A new method for finite element simulation of orthodontic appliance teeth periodontium alveolus system. J biomechanics 18: 277-84, 1985.

20. Pedersen E, Andersen K, Gjessing PE: Electronic determination of centers of rotation produced by orthodontic force systems. Eur J Orthod 12: 272-280, 1990.

21. Pedersen E, Andersen K, Melsen B: Tooth displacement analysed on human autopsy material by means of a strain gauge technique. Eur J Orthod 13: 65-74, 1991.

22. Romano R: 최신 설측 교정. 황현식 옮김, 2000, pp. 75-82, 신흥인터내셔날, 서울.

23. Schwarz AM: Tissue changes incidental to orthodontic tooth movement. Int J Orthod Oral Surg Radiog 18: 331-352, 1932.

24. Stefanec J, Chaconas SJ, Caputo AA, Griffith J: Photoelastic evaluation of the standard bionator appliance. J Oral Rehabilitation 20: 549-559, 1993.
25. Storey E, Smith R: Force in orthodontics and its relation to tooth movement. Aust J Dent 56: 11-18, 1952.
26. Sung SJ, Baik HS, Moon YS, Yu HS, Cho YS: A comparative evaluation of different compensating curves in the lingual and labial technique using 3D FEM. Am J Orthod Dentofacial Orthod 123: 441-450, 2003
27. Tanne K, Koenig HA, Burstone CJ: Moment to force ratios and the center of rotation. Am J Orthod Dentofacial Orthop 94: 426-431, 1998.
28. Tanne K, Nagataki T, Inoue Y, Sakuda M, Burstone CJ: Patterns of initial tooth displacements associated with various root lengths and alveolar bone height. Am J Orthod Dentofacial Orthop 100: 66-71, 1991.
29. Vanden Bulcke MM, Burstone CJ, Rohit CL, Sachdeva RC, Dermaut LR: Location of the center of resistance for anterior teeth during retraction using the laser reflection technique. Am J Orthod Dentofacial Orthop 91: 375-384, 1987.
30. Vanden Bulcke MM, Burstone CJ, Sachdeva RC, Dermaut LR: The center of resistance of anterior teeth during intrusion using the laser reflection technique and holographic interferometry. Am J Orthod Dentofacial Orthop 90: 211-220, 1986.
31. Weijs WA, Dejongh HT: Strain in mandibular alveolar bone during mastication in the rabbit arch. Oral Bio 22: 667-675, 1977.
32. Yoon YJ, Jang SH, Hwang GW, Kim KW: Stress distribution produced by correction of the maxillary second molar in buccal cross bite. Angle Orthod 72: 397-402, 2002.
33. Yoshida N, Koga Y, Mimaki N, Kobayashi K: Experimental evaluation of initial tooth dispalcement, center of resistance, and center of rotation under the influence of an orthodontic force. Am J Orthod Dentofacial Orthop 120:

190-7, 2001.

ABSTRACT

A photoelastic analysis about initial stress distribution on maxillary posterior periodontal area during en-masse retraction with different retraction methods by lingual orthodontic appliances

Jeong Hyun Lee
Department of Dentistry
The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Chung Ju Hwang)

This study was performed to find out the difference of the stress distribution between the conventional en-masse retraction method and the cross-over en-masse retraction method as magnitude of retraction force in the lingual orthodontic treatment to require moderate anchorage. magnitudes force of 150gm, 300gm and 450gm were compared with each other. One side maxillary model without first bicuspid was fabricated using a photoelastic material(PL-2) to simulate alveolar bone and resin teeth to simulate teeth. Through the photoelastic analysis taken at each case, following results were obtained.

1. Both vertical bowing effect and transverse bowing effect were hardly occurred in two retraction methods by application of optimal force 150gm.
2. In conventional lingual retraction method, the increase of retractive force led to the increase of vertical bowing effect and transverse bowing effect.
3. In cross-over retraction method, the increase of retractive force led to the increase of vertical bowing effect and transverse bowing effect opposite to

that in conventional lingual retraction method.

4. For the same retraction force, the conventional lingual retraction method generated vertical bowing effect and transverse bowing effect more than cross-over en-masse retraction method.

Key words : Lingual orthodontic treatment, cross-over en-masse retraction method, transverse bowing effect, vertical bowing effect, photoelastic analysis