

# 교정적 치아이동의 생물학적 동태와 임상적 의의

부정 교합의 치료를 위한 교정 치료는 다수의 탁월한 임상가들에 의하여 다양한 진단법과 우수한 기계적 교정 장치의 계발로 괄목할 만한 발전을 이루었다. 교정학이란 두개안면부 경조직과 연조직의 형태와 생리에 관련하여 개체가 가지고 있는 특정 상태의 정량적 평가를 위한 진단과 정상적인 상태로의 수정을 위한 기계적 교정술로 대별 할 수 있으며, 교정 장치에 의하여 발휘되는 치아이동의 범위에는 교정생역학(biomechanics)적인 측면과 이로 인하여 유발되는 생물학적 반응이 있다. 어떤 특정한 장치를 고안하여 어느 정도의 힘을 어떤 방향으로 적용시켜야만 치아 주위 조직의 손상을 최소로 줄이며 효율적이고도 신속한 치아 이동이 이루어질 수 있는가에 우리의 관심이 있었다. 그러나 이러한 기계적 테크놀로지는 치아 주위 조직의 반응이라는 생물학적 기전의 바탕 위에서 세포들의 작용을 능동적으로 조절할 수 있을 때 최대의 효과를 나타낼 것이다.

교정적 치아 이동이란 문자 그대로 교정 장치에 의하여 발휘되는 기계적 힘을 이용하여 치궁 내에서 치아들을 새로운 위치로 움직이게

하는 방법을 의미한다. 그러나 동적 치료후 수정된 위치에서 치아를 고착시키기 위한 유지 장치를 일정 기간 사용 후 이를 제거하면 적응을 위한 반응이 반드시 일어난다. 교정력에 의한 치아 이동과 치료후 적응 과정 시의 세포 반응은 서로 밀접한 관련이 있다. 적지 않은 수의 교정의들이 치아 이동 및 보정 기간 중의 적응에 관련된 생물학적 동태를 해명하고 이를 능동적으로 임상 교정에 적용하는 방법을 연구해 온 결과 치아 이동에 깊이 관여하는 세포와 이를 세포의 작용을 조절하는 요인 및 치조골 세포의 기능들을 설명하였다. 그 결과 임상교정학이란 단순히 치아를 이동시키는 기계적 방법에 관한 것이라기 보다는 이와 관련된 생체에서의 반응을 자의적으로 조절할 수 있는 생물학으로 이해되게 되었다.

교정 장치에 의한 치아 이동시 주위 조직은 장치의 종류나 특정의 치료법과는 무관하게 단지 가하여진 힘에 대한 반응을 보인다. 따라서 치아를 원하는 방향으로 효율적으로 이동시키고자 할 경우 적절한 장치의 고안 못지 않게 이에 대한 생물학적 반응을 고려하여 어느 정도의 힘을 어떤 방식으로 가할 것인가에 대한 생역학적인 고려가 이루어져야 할 것이다. 따라서 이 단문에서는 교정력에 대한 주위 조직의 반응을 임상적인 측면에서 고찰하고자 한다.

## 1. 생물학적 배경

교정력에 의한 치아 이동은 신경



부교수 박영국

경희대학교 치과대학 교정학교실

교수 Ze'ev Davidovitch  
Harvard School of Dental Medicine

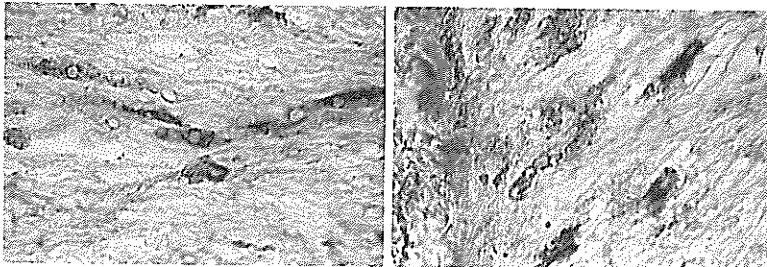


그림 1. 인터루이킨 1-베타에 대하여 면역조직화학적으로 염색한 고양이 상악 견치의 조직편( $6\mu\text{m}$ ).  
A) 교정력을 가하지 않은 정상 상태에  
의 치근막 섬유모세포로서 암고 긴  
평한 양태를 보인다. (X 100)

B) 치조골세포. 납작한 모양으로서 특  
별한 세포의 동태가 없음을 나타낸  
다. (X 100)

계 혹은 면역계로부터 유리된 여러 요인들에 의하여 조절되는 것으로 보여지는 세포 활동에 의하여 치조골의 흡수가 발생되므로써 일어난다. 이 반응은 면역계나 신경계의 각 세포들이 서로 다른 세포에 대한 자극 또는 억제적 영향을 주므로써 표현되는 복합적인 과정에 의하여 발생한다. 세포는 그 종류와 무관하게 세포 활동을 조절하는 물질을 합성 유리하므로써 서로 다른 세포와 어떤 정보를 주고받는다. 이때 정보를 받는 세포에 있는 정보 전달 물질의 수용체를 통한 상호작용의 결과로서 세포내 이차 전달 물질(second messenger)의 농도가 높아지며 이는 효소에 의한 부인산반응과 단백질의 합성을 유도한다. 그 결과 세포의 대사 산물이 합성 유리되고 세포의 증식이나 운동능이 생김으로써 치아 이동을 위한 반응이 시작된다.

#### 교정력에 의한 치근막과 치조골 세포의 자극에 관련된 물리화학적 상호작용

교정력이 치아에 가해지면 치근막 내와 주위의 조직이 일차적으로 압박 또는 신장되므로써 치근막 내외의 조직액이 움직인다. 이때 발생하는 정수압(hydrostatic pressure)은 치근막의 섬유모세포와 치조골의 골모세포 및 세포 간질을 변형시키고 이 때문에 응력(stress)에 의한 전위차가 발생한다. 이때 생긴 세포의 전류가 세포와 반응하여 세포막의 전위차를 변화시키므로써 세포내 이차 전달 물질이 증가되어 운동성을 띠게 된다.

#### 교정력에 의한 치근막과 치조골 세포의 활성화에 관련된 신경계의 작용

교정력에 의하여 치근막 내외의 조직액의 이동이 일어나고 이때의 압박으로 구심성 말초신경 말단이 왜곡되므로써 중추 또는 말초로 신

경 전달 물질이 유리된다. 이 때 중추로 유리된 신경 전달 물질로 인하여 치아 이동 초기에 압박감이나 통증을 느끼게 되며, 말초의 치근막에서는 이 물질이 모세혈관 내피 세포에 상호작용하므로써 혈관 확장이 일어나 혈장과 백혈구가 혈관 밖으로 이주한다. 이때 이주된 혈장이나 백혈구에서 기인된 세포 활성 물질(cytokine)은 신경 전달 물질과 더불어 치근막의 섬유모세포와 치조골의 골모세포와 상호 작용하여 세포 내의 이차 전달 물질의 농도를 증가시킴으로써 이들 세포가 활성화된다.

#### 교정력에 의한 치근막과 치조골 세포의 활성화에 관련된 면역계의 작용

치근막과 치조골은 교정력에 의하여 일차적으로 직접적인 변형이 일어나는데 이 때문에 말초신경의 축색돌기가 압박 변형되므로써 신경 섬유에 함유되어 있던 신경 전달 물질이 말초로 유리된다. 이 물질에 대한 반응으로 인해 치근막이나 치조골 모세혈관이 확장되고 대식구와 임파구가 혈관 외로 이주하여 인터루이킨이나 종양 괴사 인자 등을 생성하며 이는 다른 내분비 물질과의 상호작용으로 치근막 섬유모세포와 치조골 골모세포에 직접 화학적인 신호를 주므로써 치아 이동을 위한 세포 작용이 개시된다.

## 2. 기계적 교정력에 대한 세포의 반응

생체는 일생을 통하여 끊임없는

생리적 운동을 하므로 세포는 항상 압박이나 신장 또는 전단응력을 받는다. 세포들 간에는 기계적 자극에 대한 감수성을 가진 소위 이온 채널이라고 일컫는 정보 전달 체계가 있으므로써<sup>1)</sup> 각각의 세포에 가하여지는 기계적 자극을 인접한 세포에게로 전달할 수 있다. 즉 어떤 세포가 기계적 자극을 받아 세포막의 변형이 일어나면 이 채널을 통한 칼슘 이온이 인접 세포 내로 유입되므로써 자극의 전달이 이루어지는데 이는 교정치료시 치근막의 섬유모세포에서도 동일한 양상으로 발생한다<sup>2)</sup>.

교정력이라는 기계적 응력이 치근막 세포로 전달되면 세포 간질의 물리적 변화나 세포체질(cytosk eleton)의 수축 또는 세포 내의 삼투압의 변화로 인하여 세포막이 긴장된다. 특히 세포체질은 세포핵과 세포막 및 세포와의 간질을 상호 연결하는 사상체로서 세포 표면으로부터의 자극 수용체인데 세포체질로부터나 또는 간질로부터의 물리적 힘이 세포와 조직의 성장에 중요한 조절 요인으로 작용한다. 또한 외부로부터의 힘에 의하여 변형된 세포체질은 일정 기간 그 변형된 양태를 지속하는 소위 응력기억기전(strain memory)이 존재하므로써 물리적 자극으로 인한 세포 반응을 일정 기간 지속하게 하는데 이 때문에 임상 교정에서 간헐적 교정력에 의하여도 지속적인 치아 이동을 얻어낼 수 있는 것으로 보여진다.

포유동물의 상피 세포에 대한 실험<sup>3)</sup>에서와 같이 세포의 형태가 등

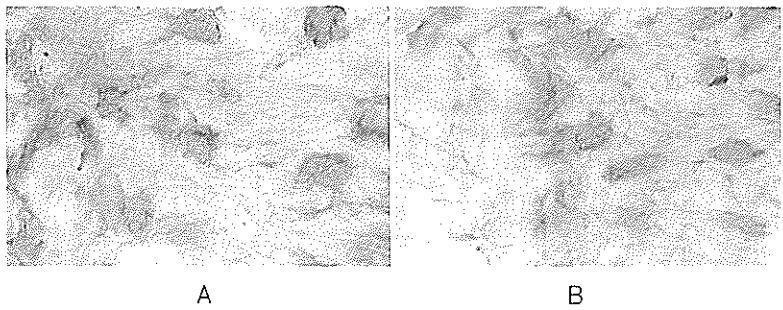


그림 2. 통법의 애취와이즈 교정장치( 18x22" wire)로 80gm의 힘을 3시간 가한 후 얻어진 긴장측의 조직편.

A) 치근막 섬유모세포로서 보다 크고 둥글어진 모양을 보인다. (X 100)  
B) 치조골 골모세포도 이미 둥근 모양을 띠기 시작한다. (X 100)

글게 변하는 것은 세포의 성장이 억제되고 세포의 분화가 활발히 이루어질 때 관찰할 수 있는 일반적인 현상이다. 따라서 어떤 특정한 물질을 생성하는 세포는 항상 둥근 모양을 보인다. 교정치료시에도 기계적 응력을 받는 치아 주위의 세포들에서 그러한 세포 모양의 변형을 쉽게 관찰할 수 있다. 교정력을 받지 않은 통상의 치근막 세포에서 치조골 골모세포는 납작한 모양을 띠는데 반해 긴장측에서의 세포는 보다 둉글고 큰 모양을 보인다. 압박측 치근막의 섬유모세포는 둥근 모양을 보인다(그림 1, 2, 3). 이는 긴장측 치조골의 활성화된 골모세포는 새로운 골 기질을 생성하며 한편 압박측에서는 압박 받은 세포와 간질의 효소 작용에 의한 분해 나타나는 현상이다<sup>4)</sup>.

### 3. 교정력에 의한 골개조

일상적으로 교정치료시 힘은 지속적으로 치아와 그 주위 조직에

가하여진다. 이렇게 하므로써 치아 이동과 이에 수반되는 골개조를 위한 세포 반응이 유발되지만 치근막과 치조골에서 특정의 세포를 활성화하기 위해 교정력을 얼마 동안 가하여야 하는지는 여전히 모호하다. Lanyon들은<sup>5)</sup> 생체에서의 골세포는 일일 소량만의 응력에도 대단히 민감하여 약 72초간의 부하 응력을 가하였을 때 최대의 골 생성을 보인다고 한 바 있다. 또한 지속적이고도 정적으로 가하여지는 일상의 부하 응력에 대하여는 아무런 반응을 보이지 않으므로써 골 구조에 대한 기능적 영향은 간헐적인 외부로부터의 힘에 의하여서만 발생한다. 골세포(osteocyte) 그 자체가 골 기질 내에서 외부로부터 가하여지는 응력의 분포나 변화량 및 강도를 직접 감지하는 것으로 보인다<sup>6)</sup>. 일단 골세포가 외부로부터의 힘의 변화를 감지하면 골세포는 바로 골 표면의 골모세포와 교통하여 골생성을 유도한다. 골세포 내의 당단백질이 응력에 대한 감지 기능

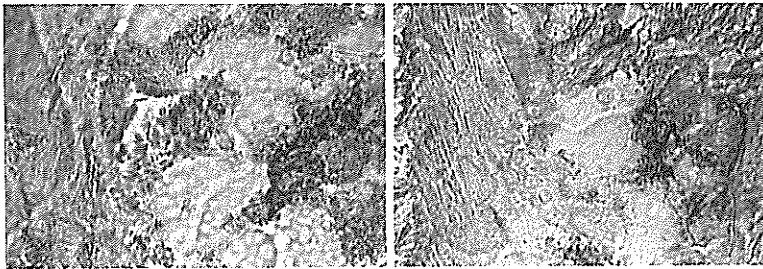


그림 3. 14일간 80gm의 교정력을 가한 후 압박측의 조직편

A) 치조골 훌수낭(resorption lacuna)과 초지양 변성을 보인다. (X 40)  
B) 약간 카진 치조골 세포가 초지양 변성 대로 침습하고 있다. (X 100)

을 담당하는 성분으로 추정되는데 일시적인 외부 응력의 변화뿐만 아니라 기질에 가하여지는 지속적인 기계적 자극도 감지한다. 따라서 저작력이나 다른 구강 내의 생리적 제 기능시 별다른 치아 이동과 골 개조를 보이지 않다가 교정력이라는 특수한 패턴의 힘이 가해지면 즉시 반응을 보인다.

임상 교정에서 악기능 교정 장치는 치아에 대하여 간헐적인 힘을 발휘하므로써 점진적인 치아 이동을 초래한다. 이런 상황에서는 골 기질의 변형이 전술한 바와 같은 방식에 의하여 일어날 가능성이 높을 것이다. 그 반면에 고정성 교정 장치는 지속적인 힘을 내는데 이 때문에 치아 주위 조직에서는 염증 현상과 이에 대한 치유 과정의 광범위한 조직 손상이 발생되며 치조골의 흡수가 발생된다. 즉 단기간의 간헐적인 힘은 골 흡수를 유발시키는 쪽 보다는 골세포에 의한 광범위한 골 기질 형성을 초래한다고 할 수 있다<sup>5,6)</sup>. 골세포에 의하여

기계적 자극이 생리적 반응으로 변환되는 현상에 관련하여 골 기질이 보이는 이런 제 현상들이 교정력에 대한 세포 반응의 기전을 해명하는 일단이 될 것이다.

#### 4. 임상적 의의

교정 치료에 의한 치아 이동은 기본적으로 생역학적인 원칙에 근거하여 기계적인 힘을 용이 주도하게 치아에 가하므로써 얻어진다. 교정 장치를 사용한 치아 이동시 주위 조직의 반응은 치근막과 치조골의 충혈과 통통 및 백혈구와 임파구로부터 유리되는 염증성 물질에 대한 세포의 반응과 같은 일언 염증 현상으로 요약할 수 있다. 이 때문에 치아 주위 조직에서의 화학적 반응에 국소적 영향을 미치는 스테로이드계 약물이나 비스테로이드계 소염제들은 프로스타글란딘의 생합성을 억제하여 치아 이동을 자연시킬 수 있다. 또한 고정성 교정장치는 지속적인 힘을 발휘함으로써 압박측 치

조골의 광범위한 흡수를 유발시켜 이동 중인 치아로 하여금 지나친 동요를 보이는 원인으로 작용할 수 있으므로 일정 기간 장치를 활성화시킨 후에는 상당 기간 수동적인 상태로 두므로써 손상된 조직으로 하여금 회복기를 갖도록 함과 동시에 필요한 골 형성을 얻어낼 수 있도록 하는 것이 필요할 것이다.

교정치료시 육안으로 볼 수 없는 치은 하방의 조직에서 일어나는 이러한 일련의 현상을 인지하고 이를 능동적으로 응용할 때 보다 효율적인 치아 이동을 얻어 낼 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

1. Morris CE : Mechanosensitive ion channels, *J. Memb.Biol.* 113, 93, 1990
2. Morris CE and Sigurdson WJ : Stretch-in-activated ion channels coexist with stretch-activated ion channels, *Science* 243, 807, 1989
3. Emerman JT and Pitelka DR : Maintenance and induction of morphological differentiation in associated mammary epithelium on floating collagen membrane, *In Vitro*, 13, 316, 1977
4. Rygh P : Ultrastructural changes in tension zone of rat molar periodontium incident to orthodontic tooth movement, *Am.J.Orthod.* 70, 269, 1976
5. Lanyon LE and Rubin CT : Static vs. dynamic loads as an influence on bone remodelling, *J. Biomech.* 17, 897, 1984
6. Lanyon LE : Functional strain in bone tissue as an objective, and controlling stimulus for adaptive bone remodelling, *J. Biomech.* 20, 1083, 1987