

치아 이동시 치수와 상아질 반응에 관한 조직학적 연구

연세대학교 대학원 치의학과

(지도 : 劉 永 奎 교수)

張 志 宇

I. 서 론

저자는 생물학적으로 보다 건강하고 이상적인 교정치료를 뒷받침하기 위하여 치아 이동시 치아 주위 조직 연구에 못지 않게 치아 자체의 변화를 연구할 필요성을 느끼게 되었다.

1901년 Sandstedt¹⁾가 처음으로 치아 이동시의 조직 반응을 보고한 이래 지금까지 치아 이동시 치근막, 치조골 및 백아질의 조직 반응에 대하여는 많은 연구가 되어졌다^{2,4,13,14} 그러나 치아 이동력과 관련지은 치수와 상아질에 관한 연구는 많지가 않았다. Marshall,¹ Oppenheim,² Butcher and Taylor,^{3,5} Stenvik and Mjör¹⁵의 보고에 의하면 교정력이 치수의 순환 장애, 치수의 퇴행성 변화, 치수 내 석회성 물질의 침착, 심지어는 치수 괴사까지도 유발시켰음을 보고하고 있다.

1970년 南¹⁶은 흰 쥐를 대상으로한 실험적 치아 이동시 치수 조직에 공포 현상 및 순환 장애가 나타나고 있었음을 보고하였다.

이에 저자는 사람의 치아에 직접 교정력을 적용시킴으로 이동 초기에 나타나는 치수와 상아질의 조직 반응을 연구하였던 바 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 연구 대상 및 방법

가. 연구 대상

연세대학교 치과대학 부속병원 교정과에 내원한 환자 중 교정 치료상 발치될 제 2대구치를 가

진 12~16세의 교정 환자 16명에게서 얻은 비교적 건전한 제 2대구치 24개를 실험군으로 하였다. 실험군은 기간에 따라 7일군과 14일군으로 나뉘어졌으며 각 군은 가해진 힘의 강도에 따라 다시 세 소군(A군, B군, C군)으로 나뉘어 각 군마다 4개의 치아가 연구 대상이 되었다. (표 1참조)

실험군과의 비교 관찰을 위하여 다른 교정환자 9명에게서 얻은 건전한 제 3대구치 12개를 대조군으로 하였다.

나. 연구 방법

1. 장치 제작 : A군과 B군은 0.6mm wire의 finger spring이 부착된 acrylic resin removable plate를 사용하였으며 C군은 head-gear를 사용하였다.

특히 동일인의 좌우측 치아가 각 각 실험군이 될 수 있는 경우에 다른 개체에서보다 비교적 정확한 연구대상이 될 수 있기 때문에 이 경우에는 같은 강도의 힘을 기간만 다르게 한다든지 같은 기간 동안에 힘의 강도만 다르게 한다든지 하여 나타나는 조직 반응을 비교 관찰하였다.

2. 실험 진행 : 실험군 치아에 가해진 힘은 3~16온스(85~450g)였다. 힘의 강도에 따라 A군은 3~4온스의 힘이, B군은 6~8온스의 힘이, C군에서는 12~16온스의 힘이 장착과 동시에 원심쪽

표 1. 실험군의 힘의 강도와 기간에 따른 분류

강도	기간	
	7일	14일
3-4온스(A군)	치아 4개	4
6-8온스(B군)	4	4
12-16온스(C군)	4	4

으로 가해졌는데 이 때 힘의 측정은 Dontrix measurement에 의하였다. (표 1참조)

매일 10~16시간 강착시켰으며 3~4일 간격으로 진행 과정을 확인하였다.

3. 표본 제작 및 검경(檢鏡): 각 실험군은 예정된 날짜에 발치되어 준비된 10% formalin용액에 넣어 48시간 고정하였다. 이때 고정액이 치수 내로 잘 침투되도록 치근면에 high speed bur를 사용하여 치수가 노출되지 않을 정도의 깊이로 여러 개의 구멍을 만들어 주었다. 그 다음 3일간 5% formic acid로 탈회시켰으며 paraffin에 포매(泡埋)하여 6~8 micron의 두께로 연속 절편을 만들었다. 이 때 절편 방향은, 원심으로 치아 이동시킨 것을 고려하여 근원심 방향으로 하고 치아 장축에 평행하게 절단되어졌으며 치근단까지 잘 나오도록 유의하였다. 염색은 hematoxylin and eosin의 2중 염색을 하여 광학 현미경으로 관찰하였다.

III. 연구 성적

가. 대조군의 소견

12개의 대조군 치아에서 정상적인 치수의 조직 소견을 보여 주었다(부도 1) 조상아세포층은 규칙적인 세포 배열층을 이루어 대체로 공포가 나타나지 않았으며 있어도 경미한 정도였다. 조상아세포층 내의 모세혈관은 12개 대조군 중 3개 치아에서만 나타났다. 치수 내 모세혈관은 밀집되어 있지 않았다. 대조군 중 여러 치아에서 경미하나마 울혈상을 보이고 있었다. 혈관 확장 및 출혈상은 보이지 않았다. 그리고 치근 흡수와(吸收窩)도 보이지 않았다.

나. 실험군의 소견

본 연구를 통한 치아의 조직학적 소견에서 실험군의 치수 내 조상아세포층에 공포 현상이 현저하게 나타났으며(부도 2, 4, 7, 8) 치수 혈관의 변화(부도 2, 3, 5, 7, 9) 그리고 백아질과 상아질의 흡수(부도 6, 10, 11, 12) 등이 관찰되었다.

치아 이동력의 강도에 따른 실험군의 비교 관찰은 다음과 같다.

1. A군(3~4온스군)의 소견: 치수 내 조상아세포층의 공포 현상이 부분적으로 나타났으며 조

상아세포의 배열은 불규칙하여졌다. (부도 2)

혈관에 적혈구가 차 있는 울혈상(congestion)이 나타나 있으며, 치수 내 혈관 분포가 대조군보다 밀집되어 있었다. 혈관 확장 및 출혈상은 보이지 않았다. 조상아세포층 내의 모세혈관이 8개 중 5개의 치아에서 나타나 있으나 분포 정도가 낮았다(부도 3) A군에서 치근 흡수는 나타나지 않았다.

7일군과 14일군 간의 기간에 따른 차이점은 현저하지 않았다.

2. B군(6~8온스군)의 소견: 조상아세포층의 공포 현상이 A군에서 보다 더 심하여 조상아세포의 배열이 부분적으로 끊겨져 있는 양상을 보여 주었다(부도 4) 울혈상이 A군에서 보다 많이 나타났으며 변질되어 갈색을 띤 적혈구가 엉켜 혈관을 채우고 있는 혈행 정지(stasis) 양상과 함께 혈관이 확장된 모습도 보여 주었다. (부도 5) 조상아세포층 내에서 모세혈관이 관찰되었으며 분포도도 A군보다 증가되어 있었다. 치수 내 혈관 분포 정도도 대조군보다 밀집되어 있었으나 출혈상은 보이지 않았다.

공포 현상과 순환 장애에 있어서 7일군과 14일군간의 차이점은 두드러지지 않았으나 B군의 14일군 4개 중 2개 치아에서 치근 흡수가 관찰되었다. (부도 6)

3. C군(12~16온스군)의 소견: 조상아세포층의 공포 현상이 가장 현저하게 나타났으며 이로 인하여 조상아세포가 어느 한 편으로 편재되던지 부분적으로 소실되어 조상아세포층이 끊겨 있었다. (부도 7) 이 공포 현상과 관련지어 조상아질이 좁아져 있었다. (부도 8)

혈관 벽에는 내피 세포가 드문 드문 나타나 혈관벽이 얇아져 있는 혈관 확장상이 나타났으며 울혈상 혹은 혈행 정지 소견이 다수 예에서 나타났다. 그리고 치수 내 혈관의 분포가 대조군에서 보다 많이 출현하였다. (부도 9) 또한 적혈구가 혈관 밖에서 관찰되는 치수 내 출혈상이 드물게 관찰되었다. (부도 7) 모든 C군 치아에서 조상아세포층 내에 모세혈관이 출현되었으며 그 출현 정도도 대조군은 물론 A군과 B군보다 높게 나타났다. 실험군 전체 24개 중 20개 치아의 조상아세포층 내에 모세혈관이 출현된 것이다.

조상아세포층의 공포 현상과 순환 장애에 있어서 7일군과 14일군간의 기간에 따른 차이점은 두드러지지 않았다.

C군 8개 중 6개 치아에서 치근단 주변에 백아질과 상아질의 흡수 현상을 관찰할 수 있었는데 7일군에서 2개, 14일군에서 4개가 관찰되었다. (부도 10, 11, 12) 흡수 정도는 7일군보다 14일군에서, B군보다 C군에서 심하게 나타났다.

실험군 치아 24개 중에서 8개의 치아에서 치근 흡수가 관찰되었다. 이 중 세 경우는 흡수와 내에 백아질이 침착된 것과 같은 세포성 백아질 양상이 부분적으로 나타나 있었다. (부도 12)

그리고 흡수와(Howship's lacunae)내의 경계부위에서 다핵의 거대세포인 파치세포(odontoclast)가 여러 개 관찰되었으나(부도 11) 모든 흡수와에서 파치세포가 관찰되지는 않았다.

실험군 전반적으로 염증성 반응은 발견되지 않았다.

IV. 총괄 및 고찰

교정력이 치근막을 매개체로 치아 주위 조직에 변화를 초래하여 치아를 이동시키게 되므로 이에 관련된 연구가 많은 업적을 이루어왔으나, 이동되는 치아 자체에 어떤 변화가 오는지에 대한 연구는 많지 않았으며 실험 동물에서의 관찰이 대다수를 이루고 있었다.^{1, 3, 5, 16}

다행히도 교정 시술상 부득이 발치되어야 할 비교적 진전한 치아를 다수 얻을 수가 있었기에 본 연구가 가능하였다.

다른 조직과 달리 치수는 경조직으로 싸여 있기 때문에 치근이 미완성된 경우를 제외하고는 치수 조직에 손상 없이 고정액을 침투시키기가 그리 용이하지 않았다.¹²

실험군에서 공포 현상과 관련지어 조상아질의 넓이가 좁아져 있었는데 이는 조상아질 matrix형성이 지연 또는 억제되었기 때문이며, 이로 미루어 보아 공포 현상이 생체 내에서의 변화이었음을 말하여 주고 있으며, 관찰된 조상아세포층의 공포 현상은 교정력에 의한 치수의 퇴행성 변화로 간주되어야 한다고 Stenvik and Mjör¹⁵는 보고하고 있다.

그러나 Langeland⁷는 조상아세포층의 공포 현상이 어떤 중요한 의미가 있는 것이 아니라고 주장하기도 한다. Marshall,¹ Oppenheim,² Butcher and Taylor,^{3, 5} Stenvik and Mjör,¹⁵ 그리고 南¹⁶은 교정력이 치수 및 치근에 영향을 주고 있다고 보고하고 있다.

조상아세포층내의 모세혈관은 대조군 중에서도 일부 나타나고 있지만, 대조군에서 보다 실험군에서 다수 관찰되었으며 특히 강한 힘을 주었을 때 모세혈관 분포 현상이 더욱 현저하였는데 이것은 치아 이동의 결과로 인한 순환계의 변화된 양상을 보여주는 것이라 하겠다. 이러한 조상아세포층 내의 모세혈관 증가 현상이 혈전증(thrombosis)을 의심하게 한다는 Öhman¹⁰의 견해를 인용한다면 조상아세포층의 공포 현상은 순환 장애의 결과로 생겼다고 할 수 있을 것이다.

본 실험에서 나타난 백아질과 상아질의 흡수 현상에 대하여는 Oppenheim,²과 Sicher,⁸ Stenvik and Mjör¹⁵등 여러 학자들의 보고가 있었다.

치근 흡수가 최소 11일 이전에는 관찰되지 않았다고 보고한 Stenvik and Mjör의 견해와는 달리 본 연구에서는 강한 힘이 주어진 경우(C군)의 7일간의 치아 이동에서도 치근 흡수를 관찰할 수 있었다.

교정력이 중단되면 치근 흡수와가 백아질로 채워져 회복될 것으로 사려되며 치아 이동력이 가해지는 동안에도 흡수된 부위가 다시 백아질로 채워지는 경우가 부도 12에서 보여지고 있다. Stenvik and Mjör¹⁵의 실험에서도 이와 같이 치아 이동 중에 치근 흡수의 회복상을 21개 치아 중 8개 치아에서 관찰할 수 있었다고 한다.

본 연구에서 치근 흡수 빈도는 1/3로 나타났으며, 90% 이상이라고 보고한 Massler and Malone⁶과 McLanghlin⁹의 보고보다는 물론 60%라고 보고한 Stenvik and Mjör의 보고보다도 낮게 나타났다.

V. 결 론

저자는 교정 환자에게서 얻은 제 2 대구치 24개를 대상으로 3~16온스(85~450g)의 힘을 가하여 7일과 14일 후에 나타나는 치수와 상아질의 반응을 조직학적 방법으로 관찰하였으며 제 3 대구치

개의 대조군과 비교 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 치아 이동시 치수 조직에 변화를 초래시켰으며 주 변화는 치수 혈관의 순환 장애와 조상아포층의 공포 현상으로 나타났다.
2. 상기 조직 변화는 일반적으로 힘의 강도가 짝에 따라 더욱 심하여졌으며 기간에 따른 변는 현저하지 않았다.
3. 실험군 중 일부에서 치근 흡수가 나타났으며 힘이 가해진 기간과 힘의 정도가 증가함에 따라 흡수 정도가 심하여졌다.

참 고 문 헌

1. J. A. Marshall: A Study of bone and tooth changes incident to experimental tooth movement and its application to orthodontic practice, *Int. J. Orthodontics*. 19: 1~17, 1933.
2. A. Oppenheim: Human tissue response to orthodontic intervention of short and long duration, *Am. J. Orthodontics* 28: 263~301, 1942.
3. E. O. Butcher and A. C. Taylor: The effects of denervation and ischemia upon the teeth of the monkey, *J. D. Res.* 30: 265~275, 1951.
4. K. Reitan: The initial tissue reaction incident to orthodontic tooth movement as related to the influence of function, *Acta odont. scandinav*, Supp. 6, 1951.
5. E. O. Butcher and A. C. Taylor: The vascularity of the incisor pulp of the monkey and its alteration by tooth retraction, *J. D. Res.* 31: 239~247, 1952.
6. M. Massler and A. J. Malone: Root resorption

in human permanent teeth (a roentgenographic study), *Am. J. Orthodontics* 40: 619~633, 1954.

7. K. Langeland: Tissue change in the dental pulp, *Odont. tidskr.* 65: 239~386, 1957.
8. H. Sicher: Changing concepts of the supporting dental structures. *Oral Surg.*, 12: 31~35, 1959.
9. K. D. McLanghlin: Quantitative determination of root resorption during orthodontic treatment, *Am. J. Orthodontics* 50: 143, 1964.
10. A. Öhman: Healing and sensitivity to pain in young replanted human teeth, *Odont. tidskr.* 73: 165~227, 1965.
11. Sandstedt: (T. M. Graber: *Orthodontics*, 2nd, W. B. Saunders Co. Philadelphia and London, 1966. p. 494에서 인용)
12. F. M. Sorenson, and D. C. Gatewood: Formalin penetration of extracted teeth, *J. D. Res.* 45: 1413~1418, 1966.
- 13) G. B. Helmers: A microscopic study of orthodontic tooth movement in the dog, M. S. thesis, University of Alabama, 1967.
14. E. Kvam: Tissue changes incident to movement of rat molars, *Lic odont. thesis*, University of Oslo, 1967.
15. A. Stenvik and I. A. Mjör: Pulp and dentine reactions to experimental tooth intrusion *Am. J. Orthodontics* 57: 370~385, 1970.
16. 南東錫: A histologic study on the responses of pulp in experimental tooth movement of white rats, *J. K. A. Orthodontics* 1: 15~20, 1970.

A HISTOLOGIC STUDY ON THE RESPONSES OF HUMAN PULP
AND DENTIN IN EXPERIMENTAL TOOTH MOVEMENT

Ji Woo Chang D.D.S.

Dept. of Dental science, Graduate School Yonsei Univ.

(Directed by Prof. Young Kyu Ryu, D.D.S., Ph. D.)

The investigation is made on the histologic changes of the pulp and dentin during tooth movement. It is made from the twenty-four relatively intact 2nd molar on the 7th and 14th day after the successive application of the artificially induced forces ranging from 3 to 16 ounces (85~450g) to the samples.

The specimens are from the patients, age 12 to 16, scheduled for extraction in connection with orthodontic treatment. Twelve intact 3rd molar teeth served as controls.

The results of the investigation are as follows:

1. Pulp changes are observed in the experimental material during tooth movement. The vacuolization of the odontoblast layer and the circulatory disturbances in the pulp are the chief manifestation of the changes.
2. A marked functional relationship is observed between the degree of the changes and the force applied to the experimental material. The duration of the force applied appears to have little effect on the changes.
3. Resorption of the root is observed from a part of the sample group of which degree of resorption increases with respect to the magnitude of the force and duration.