

# 자석의 견인력을 이용한 상악골 확대 장치의 효과\*

연세대학교 치과대학 교정학교실.

이원유 · 장지철 · 김형돈 · 한부석

## 목 차

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
  - 가. 실험동물
  - 나. 실험방법
- III. 실험결과
- IV. 총괄 및 고찰
- V. 결 론
  - 참고문헌
  - 영문초록
  - 사진부도

## I. 서 론

자석의 힘은 반발력과 견인력으로 나뉘어지며, 이러한 힘을 응용하여 여러가지 교정장치에 이용할 수 있다. 최근에는 neodymium 등의 자석을 이용한 많은 연구가 발표되고 있다.

부정교합의 양상은 골격 및 치아의 전후방적, 수평적, 수직적 부조화에 의해 나타나며, 특히 상악골의 저성장을 가지는 환자중에 수평적 부조화를 동반하며, 이로 인해 구치부 반대교합을 나타내는 경우가 많다.

최근 30여년전 부터 이러한 양상의 부정교합에 대한 치료의 일부분으로 정중구개봉합의 확장에 대한 관심이 증가되어 왔으며, 특히 성장기 환자에서 상악골의 측방 발육 부진, Angle

세 제III급 부정교합, 비강기도 협소증 및 구개열 환자를 치료하는데 효과적으로 사용되어 왔다.

정중구개봉합의 확장은 1860년, E.C. Angell<sup>1)</sup>에 의해 최초로 시도되어진 이후 그 사용이 거의 중단되어왔으나 1900년대 초기에 Black<sup>2)</sup>, Dewey<sup>17)</sup>, Brown<sup>3)</sup>, Dean<sup>13)</sup> 등이 다시 관심을 갖기 시작했으며, 그 후 Derichsweiler<sup>16)</sup>, Korkhaus<sup>20,20)</sup> 등은 상악골 확장의 개념에서 이를 임상에 적용하고자 하였다. 1950년대 Hass<sup>20,21,22,23)</sup>는 다시 급속구개확장의 효용성을 높이 평가하고 사용하기 시작하여 현재는 보편화되어 있는 실정이다.

정중구개부를 확장시키는 방법은 2가지가 있는데 전통적인 급속확장법(0.5-1.0mm/day)과 근래에 들어 자주 쓰이는 저속확장법(1mm/week) 두가지로 나눌 수 있다.

Issacson<sup>26,27,28)</sup>은 15-20pounds의 힘으로 동통없이 급속확장 시킬 수 있으며, 확장속도가 0.5-1.0mm/day일때 2-3주안에 10mm까지 벌어진다고 하였다. 이때 정중구개부에 생긴 space에는 tissue fluids와 hemmorage가 채워지게 된다고 하였다. 그러나 이런 급속확장의 단점으로 거론되는 것은 치열궁의 폭경은 유지할 수 있으나 구개부의 폭경이 처음 확장된 양의 2/3로 회귀되는 점이다. 이런 급속확장의 회귀현상을 방지하기 위해서 저속확장법

\* 본 논문은 1990년도 연세대학교 학술 연구비에 의하여 작성된 것임.

이 근래에 각광받고 있다. 저속확장방법의 적당한 힘을 Hicks<sup>24)</sup>는 2-4 pounds라고 하였으며 이 정도의 힘은 정중부 구개부의 봉합선에 적합하며, 정중구개부의 파절과 출혈을 최소화할 수 있다고 하였다. 또한 정중구개봉합의 확장에 관련해서 나타나는 반응에 대한 많은 연구가 있었는데, 그중에서 정중구개봉합이나 그와 관련된 주위 봉합 부위의 조직학적 변화에 대해서는 Sternbach<sup>36)</sup>, Cleall<sup>10)</sup>, Subtenleny<sup>37)</sup>, Murry<sup>34)</sup>, Ten Cate<sup>38)</sup>, Gardner and Kronman<sup>19)</sup> 등이 보고한 바 있고, Barner<sup>4)</sup>과 Black<sup>7)</sup>은 치열에 미치는 영향에 대해 보고했다.

두개안면부위에 속하는 대부분의 골들은 봉합선으로 인접한 골들과 결합되어 있다. 따라서 정중구개봉합의 확장으로 인한 인접골의 변화를 고려해야 하며, 이에 대해서는 Garner and Kronman<sup>10)</sup>, Haass<sup>20,21,22,23)</sup>, Biederman<sup>6)</sup>, Isaacson and Murphy<sup>25)</sup>, Wertz<sup>42)</sup>, Kudlick<sup>31)</sup>, 이<sup>44)</sup> 등이 보고한 바 있다. Wertz<sup>42)</sup>는 연령증가와 함께 정중구개봉합선을 포함한 모든인접 봉합선의 강도가 증가하므로 성장이 완료된 환자에서는 정중구개봉합선의 이개가 불가능하거나 제한되어진다고 했다.

이와같이 정중구개봉합의 확장에 관해서 많은 연구와 임상보고가 있었으며, 이런 장치 및 방법을 보다 쉽게 적용하려는 노력으로 힘을 발생시키는 재료 및 장치의 구조등에도 많은 발전을 이루었으나, 아직 환자나 보호자의 협조도가 요구되어지며 힘을 조절하는 것이 어렵다는 것 등의 문제점이 있다.

최근에 들어 희토류 즉 neodymium, samarium 등의 강력한 자력을 가진 자석이 발견되어 치과 분야에 응용되기 시작하였다<sup>15,39,40,41)</sup>.

교정영역에서 영구자석에 대한 연구는 Belchman<sup>8)</sup>, Dellinger<sup>15)</sup>, Vardimon<sup>39,41)</sup>, Kalra<sup>24)</sup> 등에 의하여 시행되었으며 환자 협조도의 감소, 치료기간의 단축, 힘의 방향 및 moment-force ratio의 정확한 조절 가능성 등의 장점을 언급하였다<sup>40)</sup>. 특히 자석은 작용점과 형태 및 위치를 다양하게 바꿈으로써 얻을 수 있는 힘의 종류는 매우 다양하다. 반발력과

견인력은 거리가 가까울수록 증가하며, 거리가 멀수록 크게 감소하는 성질을 가지고 있고 고무나 spring처럼 환자의 협조도를 필요로 하지 않는 장점이 있다.

최근에는 Burstone<sup>28)</sup>, Vardimon<sup>40,41)</sup>, Dellinger<sup>15)</sup> 등에 의하여 치아의 intrusion, 악궁의 확장, 상하악골의 성장촉진 또는 억제 등의 기능적인 장치에 사용하여 좋은 효과가 있다고 보고되고 있다. 이렇듯 자석의 독특한 성질을 이용하여 종래의 screw로 돌리던 장치 대신 사용할 수 있다면 screw 장치보다 점진적인 힘을 가할 수 있을 뿐만 아니라, 환자의 보호자 및 술자의 수고도 덜 수 있으므로 저자는 그 임상적 사용에 앞서 성견 및 유견의 상악골에 영구자석의 친화력을 이용한 정중구개봉합확장 장치를 장착하여 견치 및 구치의 확장속도 및 그에 따른 정중구개봉합부의 변화와 치근 흡수 관찰을 하고 방사선 사진촬영을 하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 방법

### 가. 실험동물

몸집이 큰 생후 1년 2개월된 13kg의 성견 2마리, 몸집이 작은 4개월된 6kg의 유견 2마리, 몸집이 작은 6kg의 성견 1마리를 실험군으로 하였으며, 6kg된 성견 1마리를 대조군으로 사용하여 총 6마리를 사용하였다. 몸집이 큰 실험군은 성견, A, B로, 몸집이 작은 실험군은 유견 C, D 및 성견 E분류하였다(도표 1).

### 나. 실험방법

실험동물을 일정한 조건의 실험실 하에 2주

도표 1. 실험동물의 분류

실험군	몸집이 큰 군	몸집이 작은 군
		성견 A, B
대조군		성견

간 사육한 후 체중 1kg당 ketamine 5-10mg을 근육주사하여 최면 상태에서 실험 모형을 채득하였으며, 각기 모형상에서 견치간 폭경 및 구치간 폭경을 측정한 후 장치를 모형상에서 제작하였다.

상악골을 벌리기 위한 실험 장치에는 강력 자석인 Neodymium은 Neibon-27(ND-Fe-B)으로 3×6×10mm의 직육면체를 사용하였으며, 그힘은 거리별로 특수 제작한 저울로 측정하였으며, 자석의 갯수 증가에 따른 힘의 크기를 도표화하였다(도표 2).

또한 자석의 cap은 치과용 direct resin으로 만들었으며 장치의 주연결선은 1.2mm의 stainless steel wire로 만들었다. 몸집이 큰 성견 A, B의 장치에는 자석 4개를, 몸집이 작은 유견 C, D 및 작은 성견 E는 자석 3개를 넣었다. 몸집이 큰 실험군과 작은 성견 사이에는 힘의 크기에 대한 조직의 반응정도가 다르기 때문에 자석의 수를 처음부터 다르게 하였다.

힘을 가하는 방법으로는 좌우 자석이 견인력에 의하여 서로 붙게 만드는 것이며, 서로 붙게 되면 그사이에 있던 자석을 다시 하나 제거하므로써 reactivation시킬 수 있게 하였다.

성견에서는 실험 20일 뒤에 자석 한개를 제거하고, 다시 40일 뒤에 두번째 자석을 제거하였으며 50일째 희생시켰다. 유견에서는 실험 10일후에 자석 한개를 제거하였으며, 25일째에 희생시켰다(사전부도 2, 3).

장치의 고정원으로 양쪽 견치와 제 1대구치

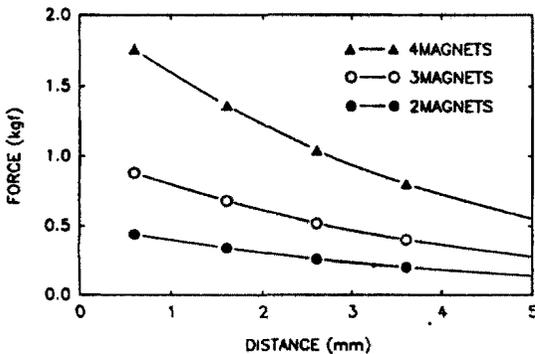
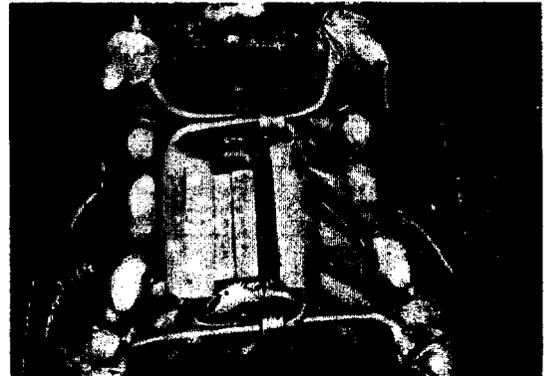


도표 2. 자석의 수와 거리 변화에 따른 force의 변화

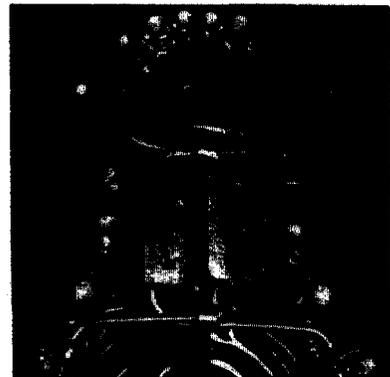
를 선정하였으며 장치 장착후 자석을 제거했을 때 자석의 친화력에 의하여 확장력이 발생하도록 모형상에서 장치를 제작하였다.

장치 부착을 위하여 체중 1kg당 entobal 25mg을 정맥주사하여 전신 마취를 하였다. 또한 장치의 고정을 위하여 견치의 근원심측에 fissure bur로 홈을 만들었으며, 제 1대구치는 협, 설로 구멍을 내어 직접 치수 절단술을 시행한 후 F.C로 고정된 후 Vitapex®로 filling 하였다. 0.12 ligature wire를 이용하여 각기 치아에 장치를 고정하였다. 또한 보다 견고한 고정을 위하여 교정용 resin(Super-C®)으로 더욱 더 견고히 하였다(사전부도 1).

두부를 절단하여 10%중성 formaline에 48시간 이상 고정된 후 5% formic acid에 탈회시키고 paraffin으로 포매하였다. 구개의 palatal suture부위 및 제 1대구치를 협설측으로 6μm



사진부도1. 성견에 장치를 장착한 모습. 가운데는 자석이 들어있다.



사진부도2. 성견의 상악 확장 후의 모습



사진부도3. 유견의 상악 확장 후의 모습

간격으로 절박하여 H-E 염색을 하였다. 또한 palatal suture부위의 조직 소견을 관찰하기 위해 incisive papillae의 후방 5mm부위 부터 7mm간격으로 a, b, c, d의 4부위로 sagittal section하여 각 부위에 따른 4개의 block를 만들고, slide를 제작하여, 광학현미경상에서 검경하였다(그림 1).

### III. 실험결과

#### 가. 확장속도(EXPANSION VELOCITY)

몸집이 큰 성견의 견치간 평균확장속도는 0.135mm/day, 구치간 평균확장속도는 0.09mm/day였다. 몸집이 작은 유견의 견치간 평균확장속도는 0.25mm/day, 구치간의 평균확장속도는 0.23mm/day이었다(도표 3, 4, 5, 6, 사진부도 4).

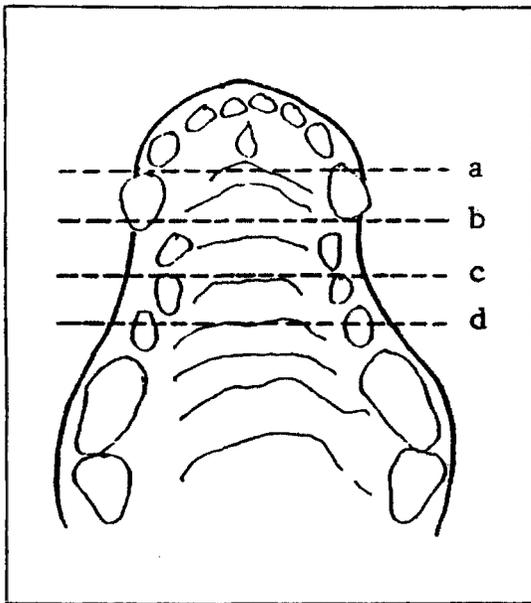
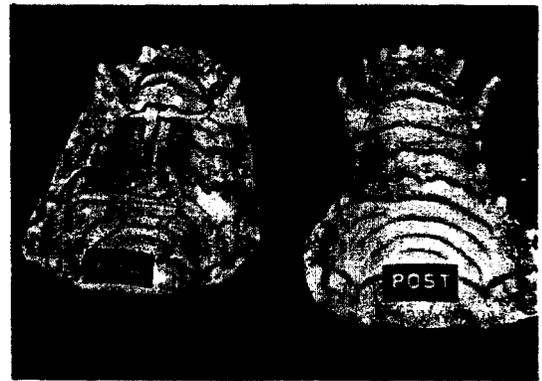


그림 1. 조직의 시상 절단 부위의 도식도



사진부도4. 성견의 확장 전후의 모형 비교

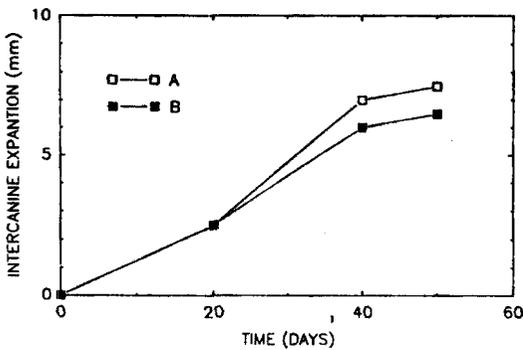


도표 3. 몸집이 큰 성견 A, B의 intercanine expansion

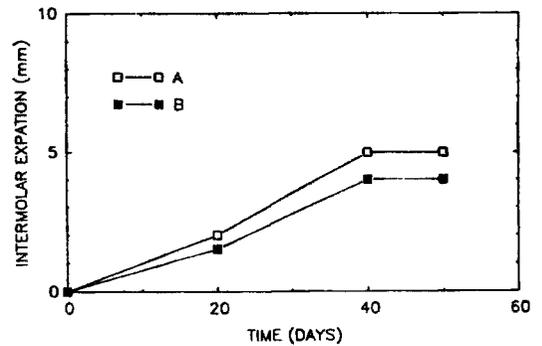


도표 4. 몸집이 큰 성견 A, B의 intermolar expansion

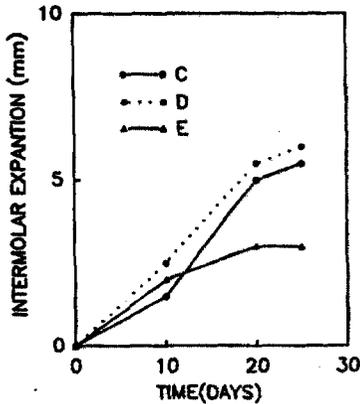


도표 5. 몸집이 작은 유견 C, D와 성견 E의 intercanine expansion

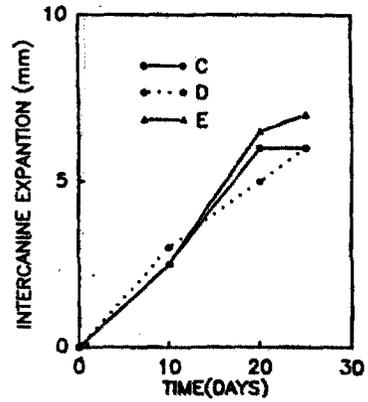


도표 6. 몸집이 작은 유견 C, D와 성견 E의 intermolar expansion

#### 나. 조직학적 소견 및 방사선 소견

##### 1. 대조군

몸체가 적은 성견으로써 구개 봉합선 부위에서 서로 문합하는 bony process가 zig saw 모양을 하고 있었다. sagittal section 부위인 a.에서 d.로 점차 후방으로 갈수록 zig saw모양은 적었으며, bone deposition, resorption은 보이지 않았다(사진부도 5, 6)

##### 2. 실험군 성견 A, B

몸체가 큰 성견으로써 section c부위에서 zig saw shape과 약간의 bone deposition과 resorption이 나타나고 있었다. 방사선사진 결과 좌우 중절치 사이의 suture line의 이개를 확인할 수 있었다(사진부도 11, 12).

##### 3. 실험군 유견, C, D

몸체가 작은 유견으로써 palatal bone의 density가 떨어져 있었으며 section 부위에서 현저한 bone deposition이 관찰되었다. 간혹 bony process의 microfracture 및 혈관의 ectatic change가 관찰되었으나, 방사선 사진 결과 section line의 이개는 불확실하였다(사진부도 9, 10).

##### 4. 실험군 성견 E

Section b. 부위에서 좌우의 bony process

의 이개가 현저하였으며 fibroblast의 cellularity가 증가된것을 관찰할 수 있었다. 그러나 방사선 사진 상에서는 suture의 separation이 확실히 관찰되지 않았다(사진부도 7, 8).

#### 다. 치근흡수에 관한 조직소견

성견 및 유견의 치근의 흡수여부를 치경부 및 치근단부에서 조직학적으로 관찰한 결과 성견의 치아에서는 root resorption이 발견되지 않았다. 다만 유견의 유치에서 영구치에의한 자연적인 치근흡수만을 관찰할 수 있었다(사진부도 11).

#### IV. 총괄 및 고찰

이 연구의 목적은 상악 확장시 magnetic force중 견인력의 사용 가능성을 평가하는데 있다. magnetic의 견인력은 반발력에 비해서 비틀림 현상이 없고, force 또한 거리 제공에 반비례하므로 처음에는 미약하다가 점차 급격히 증가하는 특성을 가지고 있다<sup>(24,30)</sup>. 따라서 force/distance curve는 hyperbolic하며, 자석의 사용갯수에 따라서 힘의 크기는 달라질 수 있다. 자석 사이의 주어진 gap을 측정하여 force/distance diagram을 이용하면 남은 force의 양을 예측할 수 있다<sup>(8,15)(18,30)</sup>.

실험에 사용한 성견은 약 1년 2개월된 토종

잡견으로 13kg 정도의 무게였다. 유견은 약 4개월된 토종잡견이었으며, 유견치 및 제1유견치의 치근은 영구치에 의하여 흡수가 일어나고 있었고 치령으로 보아 혼합치열의 초기였다. 유견의 견치간 폭경 및 구치간 폭경의 expansion velocity가 성견에 비하여 상당히 빨랐는데 이와도 관련이 있었으리라 사료된다.

견인력은 일정한 방향성을 가지며 설사 방향이 틀렸더라도 제위치로 복원하려는 힘이 있다<sup>8,18)</sup>. 따라서 palatal expansion의 크기와 방향이 중요한 만큼 견인력이 적합하다고 할 수 있다.

Vardimon에 의하면 원숭이에서 실험하여 정중구개부를 1mm 확장시키는데 jackscrew로 약 2000gm이 작용된다고 하였으며, 또한 그 반발력을 이용한 samarium자석의 확장 장치를 사용하여 그 효과의 우수성을 보고한 바 있다. Jackscrew를 이용한 장치는 측상방과 수평으로 발생하여 diastema와 비복합체의 골절이 초래되는 반면에 자석을 이용한 장치는 힘이 후상방으로 발생하며 협골 측두 봉합선에 분산되어 절치봉합과 횡경봉합을 여전히 이개시키며 또한 회귀도 적게 일어난다고 하였다<sup>40,41)</sup>.

이외에 자석을 Class II intermaxillary force의 functional appliance에 사용하여 하악골 길이의 증가, 하악골 과두의 후상방 연골내의 성장과 하악 과두 경부의 골 개조에 의한 하악골 신장 및 하악과두의 후방 경사의 발생, 하악 구치부의 치조골 고경의 증가에 의한 하안면 고경의 개선 등을 보고한 바 있다<sup>15,28,40,41)</sup>.

자석을 이용한 교정력은 Blechman<sup>8)</sup>이 aluminium nickel cobalt를 이용한 이래 Dellinger<sup>15)</sup>의 active vertical corrector, Vardimon<sup>40,41)</sup>, Burstone<sup>28)</sup> 등에 의해서 발전되어 왔다. Blechman<sup>8)</sup>은 자석의 장점으로 환자의 협조를 최소화 할 수 있고 지속적인 힘을 발생할 수 있으며, moment/force ratio를 조절할 수 있는 것이라 하였다.

현재 사용중인 rapid palatal expansion의 장치는 주로 screw를 이용하기 때문에 환자의 보호자나 술자가 반드시 돌려주어야 하는 단점

이 있으며, 그 술식 또한 간단하지 않기 때문에 환자와 보호자 모두 불편해하는 실정이다<sup>40)</sup>. 자석을 사용한다면 screw처럼 자주 돌려주지 않아도 되므로 사용할 때의 번거로움을 해결할 수 있다고 사료된다. 또한 activation 중간에 재차 activation할 수 있으므로 그 expansion 및 거리를 조절할 수 있다. 즉 여러개의 자석을 실험전 장치에 설치한 후 하나씩 제거하면 그만큼 공간이 activation에 의해 닫히게 된다. 자석이 서로 붙은 후에 그 사이의 자석을 제거함으로써 힘을 다시 가할 수 있고 원하는 양 만큼 벌릴 수 있는 것이다.

본 실험 결과 유견보다 성견에서 expansion velocity가 낮은 것은 bone density, maturity에 의한 차이라고 사료되며<sup>11,43)</sup>, 유치의 치근이 짧고 영구치에 의해서 root resorption이 되어 있기 때문이라고 생각된다<sup>3,12,32,33)</sup>. 견치간 폭경의 expansion velocity가 구치간 보다 빠른 것도 root의 모양, 수에 의한 차이라고 사료된다. 방사선 사진상에서 성견 A, B에서 분명한 이개를 보였으나, 유견 C, D에서 분명한 이개를 발견할 수 없었던 것은 이러한 이유로 생각된다. 견치간 폭경의 증가 속도가 구치간의 속도보다 빠른 것은 Vardimon<sup>40,41,45)</sup>과 비슷한 결과를 나타냈다. 이러한 견치간과 구치간의 확장속도 차이를 경우에 따라서는 이를 fan type screw처럼 이용할 수도 있다고 사료되며, 이를 원하지 않는다면 장치안의 자석의 세기를 달리함으로써 부채꼴 확장을 극복할 수도 있다고 사료된다. 또한 성견 E의 구치간 폭경의 증가가 유견에 비하여 미미하게 증가한 것은 구치부로 갈수록, 나이가 많을수록 상악골이 확장되기가 어렵다는 것을 나타내는 것이라고 사료되며 악골의 확장은 골의 성장이 완료되기 전인 어렸을 때하는 것이 바람직하다고 생각된다<sup>5,11)</sup>.

실험성견과 유견 모두 확장속도가 급속확장속도(0.5-1.0mm/day)보다는 저속 확장속도(1mm/week)에 가깝게 나타나 급속확장보다는 저속확장장치로 사용가능하겠다고 사료된다.

본 실험 조직학적 소견상에서 성견 실험군의

midpalatal suture에서 bony process가 서로 문합되는 양상과 그사이의 결체조직의 cellularity가 증가되고, 혈관의 ectatic change를 발견할 수 있었으나, 출혈은 관찰할 수 없었다. 이에 대하여 비슷하게 Cleall<sup>10)</sup>도 원숭이의 급속 구개확장후 결체조직부의 cellularity 증가, suture의 이개 및 midline에 bony defect의 발생등을 보고한 바 있다<sup>10,14,39,42,46)</sup>.

이상과 같은 결과로 자석을 이용한 상악골 확대 장치는 screw보다는 속도가 느린 저속 확대장치로 사용될 수 있다고 사료되며 임상에 사용하기 위해서는 보다 부피를 적게 하려는 노력 및 구강 조직과의 적합성 검사등이 실행되어야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

자석의 견인력을 이용한 상악골 확대 장치의 가능성을 검사하기 위하여 몸집이 큰 성견 2마리와 몸집이 작은 유견 2마리, 성견 1마리를 실험군으로 하였으며, 몸집이 작은 성견을 대조군으로 하였다. magnetic force를 측정하고, 견치 및 구치간 폭경을 측정하였으며, 정중구개부의 조직학적 관찰 및 방사선 촬영으로 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 유견의 견치간 폭경(0.25mm/day) 및 구치간 폭경(0.23mm/day)의 확장속도는 각각 성견(0.135mm/day와 0.09mm/day)에 비해서 크게 나타났다.

2. 견치간 폭경의 확장은 성견(0.135mm/day)와 유견(0.25mm/day) 모두에서 구치간 폭경 성견(0.09mm/day)와 유견(0.23mm/day)보다 빠르게 증가하였다.

3. 성견 A, B의 확장된 palatal suture부위는 방사선 사진에서 이개를 확인할 수 있었으며 조직학적 관찰 결과 서로 문합된 bony process가 서로 이개되는 양상을 관찰할 수 있었고 그사이에서 fibroblast의 cellularity의 증가를 관찰할 수 있었다.

4. 유견 C, D의 suture에서는 bony process 사이에 bone deposition을 관찰 할 수 있었고, bony process의 microfragment부위가 간혹

관찰되었다.

5. 성견 및 유견의 치근 흡수여부를 조직학적으로 관찰한 결과 성견의 치아에서는 root resorption이 발견되지 않았다. 다만 유견의 유치에서 영구치에 의한 자연적인 치근흡수를 관찰할 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. Angell, E.C.: Treatment of irregularity of irregularity of the permanent or adult teeth, Dent. Cosmos. 1:540-544, 599-601, 1860.
2. Angel, E.H.: Classification of malocclusion, Dental Cosmos. 41:248-264, 350-357, 1899.
3. Barber, A.F. and Sims, M.R.: Rapid maxillary expansion and external root resorption in man: A scanning electron micro scope study. Am. J. Orthod. 79:630-652, 1981.
4. Barnes, V.E.: Dental impaction and preventive treatment, Dent. Cosmos, 54:1-24, 1912.
5. Bell, R.A.: A review of maxillary expansion and patient's age, Am. J. Orthod. 81:32-37, 1982.
6. Biederman, W.: Rapid correction of class III malocclusion by midpalatal expansion, Am. J. Orthod. 63:47-55, 1973.
7. Black, G.V.: Expansion of the dental arch, Dent. Rev. 7:218-224, 1893.
8. Blechman, A.M.: Magnetic force systems in orthodontics, Am. J. Orthod. 87:201-210, 1985.
9. Brown, G.V.I.: The application of orthodontic principle to the prevention of nasal disease, Dent. Cosmos 45:765-775, 1903.
10. Cleall, J.F., Bayne, D.I., Posen, J.M. and Subtelny, J.D.: Expansion of midpalatal suture in the monkey, Angle Orthod. 35: 23-35, 1965.
11. Cobb, W.M.: The age incidence of suture closure, Am. J. Anthropol. 13:394, 1955.

12. Davidovitch, Z., et al.: Biochemical mediators of the effects of mechanical force and electric currents on mineralized tissues, *Calcif. Tissue. Int.* 36:86-97, 1984.
13. Dean, L.W.: The influence of the nose or widening the palatal arch, *J.A.M.A.* 52:941-943, 1969.
14. Debbane, E.F.: A cephalometric and histologic study of the effect of orthodontic expansion of the midpalatal suture of the cat. *Am. J. Orthod.* 44:187-219, 1958.
15. Dellinger, E.L.: A clinical assessment of Active Vertical Corrector-A nonsurgical alternative for skeletal open bite treatment, *Am. J. Orthod.* 89:428-436, 1986.
16. Derichsweller, H.: La disjonction de la suture palatine mediane. *Trans. Euro. Orthodont. Soc.*, 1953.
17. Dewey, M.: The development of the maxilla with reference to opening the median suture, *Dent. Items. Interest*, 35:189-208, 1913.
18. Frei, E.H.: Biomagnetics, *JEEE Trans on Mag. MAG*, 8:407-413, 1972.
19. Gardner, G.E., and Kronman, J.H.: Cranio-skeletal displacements caused by rapid palatal expansion in the rhesus monkey, *Am. J. Orthod.* 59:146-155, 1971.
20. Hass, A.J.: Gross reactions to the widening of the maxillary dental arch of the pig by splitting the hard palate, *Am. J. Orthod.* 45:868-869, 1959.
21. \_\_\_\_\_: Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture, *Angle Orthod.* 31:73-90, 1961.
22. \_\_\_\_\_: The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture, *Angle Orthod.* 35:200-217, 1965.
23. \_\_\_\_\_: Palatal expansion: Just the beginning of dentofacial orthopedics, *Am. J. Orthod.* 57:219-255, 1970.
24. Hicks, E.P.: Slow maxillary expansion: a clinical study of the skeletal versus dental response to low-magnitude force. *Am. J. Orthod.* 73:121-141, 1978.
25. Isaacson, R.J., and Murphy, T.D.: Some effects of rapid maxillary expansion in cleft lip and palate patients, *Angle Orthod.* 34:143-154, 1964.
26. Isaacson, R.J., Wood, J.L., and Ingram, A.H.: Forces produced by rapid maxillary expansion, *Angle Orthod.* 34:256-269, 1964.
27. Isaacson, R.J., and Zimring, J.F.: Forces produced during rapid maxillary expansion, *Angle Orthod.* 35:178, 1964.
28. Kalra, V., Burstone, C.J. and Nanda, R.: Effect of a fixed magnetic appliance on the dentofacial complex, *Am. J. Orthod.* 89:467-478, 1989.
29. Korkhaus, G.: Discussion of report: a review of orthodontic research, *Int. Dent. J.* 3:356, 1953.
30. \_\_\_\_\_: Present orthodontic thought in Germany, *Am. J. Orthod.* 46:187-206, 1960.
31. Kudlick, E.M.: A study utilizing Dried Human Skulls as Models to Determine How Bones of the Craniofacial Complex are Displaced under the Influence of Midpalatal Expansion. Master's thesis, Fairleigh Dickinson University, 1960.
32. Lanford, S.R.: Root resorption extremes resulting from clinical RME. *Am. J. Orthod.* 80:371-376, 1982.
33. Moss, J.P., Timms, D.J.: A histological investigation into the effects of maxillary expansion on the teeth and their supporting tissues, *Trans. Eur. Orthod. Soc.* 14:263-271, 1971.

34. Murry, J., and Cleall, J.F.: Early tissue response to rapid maxillary expansion in the midpalatal suture of the rhesus monkey, *J. Dent. Res.* 50:165-166, 1971.
35. Starnbach, K.H., and Cleall, J.F.: The effects of splitting the midpalatal suture on the surrounding suture, *Am. J. Orthod.* 50:923, 1964.
36. Starnbach, K.H., et al.: Facioskeletal and dental changes resulting from rapid maxillary expansion, *Angle Orthod.* 36:152-164, 1966.
37. Subtelny, J.D., and Brodie, A.G.: An analysis of orthodontic expansion in unilateral cleft lip and cleft palate patients, *Am. J. Orthod.* 40:686-697, 1954.
38. Ten Cate, A.R., Freeman, E., and Dickinson, J.B.: Sutural development: Structure and its response to rapid expansion, *Am. J. Orthod.* 71:622-636, 1977.
39. Tsutsui, H., et al.: Studied on the SmCo magnets as a dental material, *J. Dent. Res.* 58:1597-1606, 1979.
40. Vardimon, A.D., et al.: Magnetic versus mechanical expansion with different thresholds and points of force application, *Am. J. Orthod.* 92:455-466, 1987.
41. Vardimon, A.D. and Mueller, H.T.: In vivo and in vitro corrosion of permanent magnets in orthodontic therapy, *J. Dent. Res.* 64:184, 1985.
42. Wertz, R.A.: Changes in nasal air flow incident to rapid maxillary expansion, *Angle Orthod.* 38:1-9, 1968.
43. 김광호: 성견과 유견에 있어서 정중구개 봉합선의 급속 확장에 따른 상악골 인접 봉합선 부위의 육안적 비교 관찰의 관한 연구. *대치교지*. Vol.12:109-116, 1982.
44. 이인수: 성견에 있어서 정중구개 봉합선의 급속 확장에 따른 상악골 인접 봉합선 부위의 육안적 관찰에 관한 연구. *대치교지*. Vol.11: No.2, 1981.
45. 조봉재: 상악골 급속 확장시 상악골의 응력 분산과 변위에 대한 유한 요소법적 분석. *대치교지*. Vol.15:43-54, 1985.
46. 주정신: 성견에 있어서의 정중구개 봉합선의 급속 확장에 의한 상악골 주위 봉합의 조직학적 변화에 관한 연구. *대치교지*. Vol.11:161-166, 1981.
47. 홍순호: Pt-Co 자석이 매몰된 Hydroxyapatite ceramics 이식체에 의한 성견 치조골 조직 반응에 관한 연구. *대치협회지*. Vol.26:847-860, 1988.

— ABSTRACT —

## EFFECT OF MAXILLARY EXPANSION APPLIANCE USING MAGNETIC ATTRACTION FORCE

Won You Lee, Ji Cheul Jang, Hyoung Don Kim, Bu Seuk Han

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

To study the possibility of attraction magnetic forces to expand maxillary arch, we used 2 big adult dogs, 2 small puppies, 1 small adult dog as experiments, and 1 small adult dog as a control.

We measured the intercanine width and intermolar width and histologically observed in the suture and cervical and apex region of teeth and took occlusal X-rays to observe separation of suture line in the maxilla.

The results were as follows:

1. Expansion velocities of intercanine (0.25mm/day) and intermolar widths (0.23mm/day) in puppies were faster than those (0.135mm/day, 0.09mm/day) in adults.
2. In all experiments in adults (0.135mm/day) and puppies (0.25mm/day), expansion velocity of intercanine widths were faster than those (0.09mm/day, 0.23mm/day) of intermolar width.
3. In all experiments ectatic changes were observed and cellularities of fibroblast increased in the suture line. Only in adults dogs the separations of palatal suture were observed in the occlusal X-ray view.
4. In the puppies bony deposition was particularly observed in the suture line and micro-bony fragments were often observed.
5. In the all experiments no root resorption was observed in the cervical and root area, but normal root resorption due to eruption of permanent teeth was observed in the puppies.

## 사 진 부 도 설 명

사진부도5. 대조군 조직소견

구개 봉합선부위의 separation 및 micro-bone fracture가 관찰되지 않음. (H-E, X5)

사진부도6. 대조군 조직소견

구개 봉합선 부위의 bone deposition 및 deposition이 관찰되지 않으며, cellular activity가 적음. (H-E, X20)

사진부도7. 성견 E의 조직 소견

구개봉합선 부위의 separation이 뚜렷함 (H-E, X5)

사진부도8. 성견 E의 조직 소견

구개봉합선 부위의 fibroblast의 cellular activity증가. (H-E, X20)

사진부도9. 유견 C의 조직소견

bony process의 zig saw 모양이 뚜렷하지 않다. (H-E, X5)

사진부도10. 유견 C의 조직 소견

정중 구개부의 fibroblast의 cellularity의 증가 및 bone deposition이 관찰됨. (H-E, X25)

사진부도11. 성견 견치 조직 소견

비교적 매끈한 치근면 및 치조골면이 있으며, 치근 흡수가 관찰되지 않음. (H-E, X5)

사진부도12. 성견 A의 X-ray사진

정중구개부의 separation이 관찰됨.

논문 사진부도

