

골격성 제 Ⅲ급 부정교합의 수술에 따른  
안면 연조직 변화에 관한 연구

연세대학교 대학원

치 의 학 과

양 춘 식

골격성 제 Ⅲ급 부정교합의 수술에 따른  
안면 연조직 변화에 관한 연구

지도 이 원 유 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함




2001년 12월 일

연세대학교 대학원

치의학과

양 춘 식

# 양춘식의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 李元器   
심사위원 孫秉和   
심사위원 白炯善 

연세대학교 대학원

2001년 12월 일

## 감사의 글

본 논문이 있기까지 자료 선정부터 자상하게 지도해주신 이원유 교수님께 진심으로 감사를 드립니다. 아울러 보다 좋은 논문이 될 수 있도록 많은 지도와 격려를 해주신 손병화 교수님, 백형선 교수님께 감사드립니다. 또한 4년간 교정의사로써 어떻게 나아가야 할 지를 가르쳐주신 유영규 교수님, 박영철 교수님, 황충주 교수님, 유형석 교수님, 김경호 교수님, 김영준 교수님, 최광철 교수님께 진심으로 감사드립니다.

3년차 막판까지 함께 의국에서 밤을 보낸 김정석 선생을 비롯한 의국 선배들, 동기들, 후배들에게도 깊은 감사를 드리며, 문제가 있을 때마다 넓은 마음으로 도닥여준 이기준 선생님께도 진심으로 감사드립니다.

제가 어떠한 선택을 하던지 항상 전적으로 지지해주신 아버지, 어머니와 못난 동생을 항상 챙겨주는 형과 누나, 적지 않은 나이에 장난만 치는 사위를 넉넉한 웃음으로 대해주시는 장모님, 형님들, 그리고 내년이면 태어날 기쁨이와 언제나 큰 힘이 되어준 사랑하는 아내 모란이에게 이 논문을 드립니다.

## 목차

|                    |      |
|--------------------|------|
| 그림 및 도표 목차.....    | vi   |
| 국문요약.....          | viii |
| <br>               |      |
| I. 서론.....         | 1    |
| <br>               |      |
| II. 연구대상 및 방법..... | 3    |
| 가. 연구대상.....       | 3    |
| 나. 연구방법.....       | 4    |
| <br>               |      |
| III. 연구결과.....     | 9    |
| <br>               |      |
| IV. 총괄 및 고찰.....   | 25   |
| <br>               |      |
| V. 결론.....         | 29   |
| <br>               |      |
| 참고문헌.....          | 30   |
| <br>               |      |
| 영문요약.....          | 34   |

## 그림 및 도표 목차

|  |    |
|--|----|
| 그림 1. Reference Plane.....   | 5  |
| 그림 2. Hard tissue landmarks.....   | 7  |
| 그림 3. Soft tissue landmarks.....   | 7  |
| 그림 4. Percent Soft tissue responses of Group 1.....  | 21 |
| 그림 5. Percent Soft tissue responses of Group 2.....  | 21 |
| 그림 6. Percent Soft tissue responses of Group 3.....  | 21 |
| 그림 7. Percent Soft tissue responses of Group 4.....  | 21 |
|  |    |
| 표 1. Age distribution of study samples.....  | 4  |
| 표 2. Hard & Soft tissue changes in Group 1.....  | 12 |
| 표 3. Hard & Soft tissue changes in Group 2.....  | 12 |
| 표 4. Hard & Soft tissue changes in Group 3.....  | 13 |
| 표 5. Hard & Soft tissue changes in Group 4.....  | 14 |
| 표 6. ANOVA of Hard tissue.....   | 15 |
| 표 7. ANOVA of Soft tissue.....   | 16 |
| 표 8. Correlation between soft & hard tissue changes & soft<br>/hard tissue ratios of significant correlation in Group 1..... | 17 |
| 표 9. Correlation between soft & hard tissue changes & soft<br>/hard tissue ratios of significant correlation in Group 2..... | 18 |

- ⌘10. Correlation between soft & hard tissue changes & soft /hard tissue ratios of significant correlation in Group 3.....19
- ⌘11. Correlation between soft & hard tissue changes & soft /hard tissue ratios of significant correlation in Group 4.....20
- ⌘ 12. Multiple Stepwise Regression Equation of Group 1....22
- ⌘ 13. Multiple Stepwise Regression Equation of Group 2....22
- ⌘ 14. Multiple Stepwise Regression Equation of Group 3....23
- ⌘ 15. Multiple Stepwise Regression Equation of Group 4....24

## 국문요약

# 골격성 제 III급 부정교합의 수술에 따른 안면 연조직 변화에 관한 연구

수술에 따른 안모 연조직 변화에 대한 연구는 많이 시행되었으나 골격성 III급 부정교합의 수술에 따른 안모 연조직 변화에 대한 연구는 미흡한 편이다. 이에 골격성 제 III급 부정교합으로 진단되어 악교정수술을 받은 환자를 수술 부위에 따라 하악수술군(1군), 이부성형술을 동반한 하악수술군(2군), 양악수술군(3군), 이부성형술을 동반한 양악수술군(4군)으로 나누어 술전과 술후 경조직 변화에 따른 안모 연조직 변화를 수직적 수평적으로 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전반적으로 경조직 이동에 대한 연조직의 수평적인 변화는 높은 상관관계와 비슷한 변화율을 나타냈다.
2. 수직적인 변화는 군마다 유의성 있게 대응되는 연조직과 경조직 부위가 다양하였고, 상관관계와 변화율도 수평적인 변화에 비해 낮게 나타났다.
3. 상악 연조직( $P_n$ ,  $S_n$ ,  $A'$ )의 변화는 3군과 4군에서 수평적으로 A에 대해  $P_n$ 은 36~39%,  $S_n$ 은 54~57%,  $A'$ 는 64~67%의 변화를 나타냈다.
4. 상순( $L_s$ )은 양악수술군(3, 4군)에서 수평적으로 U1에 대해 49~52%의 변화를 나타냈으며, 하악수술군(1, 2군)에서는 후하방 이동을 나타냈으나 유의성 있게 대응되는 경조직 점은 없었다.
5. L1에 대한  $St_m$ 의 수평적인 변화율은 하악수술군(1, 2군)이 60%, 양악수술군(3, 4군)은 50%로 나타났다.
6. 하순( $L_i$ )과 하악 연조직( $B'$ ,  $P_g'$ ,  $Me'$ )의 수평적인 변화는 네 군 모두에서 0.85 이상의 높은 상관관계를 나타내면서 90~100%의 비교적 일정한 변화율을 나타냈다.
7. 네 군에서 경조직 변화에 대한 연조직 변화의 다단계 회귀방정식을 구하였다.

위에서 구한 경조직 변화에 대한 연조직 변화의 비율과 다단계 회귀방정식을 이용하여 경조직 변화에 대한 연조직 변화를 예측할 수 있을 것이며, 이를 video imaging computer program에 응용할 수 있을 것으로 기대한다.

---

핵심되는말 : 양악수술, 하악수술, 이부성형술, 연조직변화, 안모예측



# 골격성 제 III급 부정교합의 수술에 따른 안면 연조직 변화에 관한 연구

(지도 : 이 원 유 교수)

연세대학교 대학원 치의학과

양 춘 식

## I. 서 론

악교정수술 환자의 진단 과정 중 치료전 안모의 평가와 수술후 안모의 예측은 치료 계획을 수립함에 있어 매우 중요하다. 악안면 부위의 악교정 수술은 교합관계의 개선뿐만 아니라 안모 변화에 지대한 변화를 가져오므로 사회 심리적으로도 매우 중요한 의미를 갖는다.<sup>1,2,3,4</sup>

많은 선학들이 측모 두부방사선사진에서 연조직 분석의 중요성을 깨달았으며, 경조직의 변화에 따른 연조직의 변화를 관심있게 되었다.<sup>5,6</sup>

악교정 수술이 근래에 많이 시행됨에 따라 수술후 안모 예측의 중요성이 더욱 커지고 있다. 특히 골격성 III급 부정교합 환자의 하악골 후방이동후 연조직 변화에 관한 연구로는 Hershey<sup>7</sup>, Robinson<sup>8</sup>, Fromm<sup>9</sup>, Bjork<sup>10</sup>, Lines<sup>11</sup>, Kajikawa<sup>12</sup>, Gjorup<sup>13</sup>, Fanibunda<sup>14</sup> 등의 연구와 몇몇의 국내 연구들<sup>15,16</sup>이 있다. 상악골 전방 이동후 연조직 변화에 관해서는 Dann<sup>17</sup>, Mansour<sup>18</sup>, Carlotti<sup>19</sup>, Stella 등<sup>20</sup>의 연구가 있으며 국내에는 최와 박<sup>21</sup> 등의 연구가 있다.

상하악 동시 수술시 안모변화에 관한 연구 가운데 상악골 상방이동과 하악골 전방이동에 관하여 Jensen 등<sup>22</sup>의 연구가 있으며, 상악골 전방이동과 하악골 후방이동에 관하여 Lin 등<sup>23</sup>과, 이와 박<sup>24</sup>, 조와 양<sup>25</sup> 등의 연구가 있는데 백 등<sup>26</sup>은 골격성 III급 부정교합의 양상이 한국인과 서양인간에 차이가 있으며 이에 서양인에서는 상악 전방이동술의 빈도가 높고 한국인에서는 하악 후퇴술의 빈도가 높음을

보고하였다.

최근에 악교정 수술시 치료후 안모 예측을 위하여 측모 두부방사선규격사진과 실제 사진을 이용하는 video imaging 프로그램들이 개발되어 사용중이며, 이러한 소프트웨어 가운데 Quick Ceph를 대상으로 Hing<sup>27</sup>, Upton<sup>28</sup>이 정확도를 조사한 결과 하순과 Pg', Sn 외 다수의 항목에서 예측치와 실측치가 차이있음을 보고하였고, Sinclair 등<sup>29</sup>은 video imaging의 예측치와 실측치를 비교한 결과 하순부위에서 차이가 있음을 보고하였다. 이러한 video imaging 대부분이 서양인을 기준으로 한 경조직 이동에 따른 연조직 이동의 비율을 기준으로 안모의 변화를 예측하고 있는데 Dennis와 Spiedel<sup>30</sup>은 수술후 연조직 측모를 예측하는 방법 중에 비율, 단순 회귀분석, 다중 회귀분석을 비교한 결과, 비율을 사용한 경우가 가장 부정확하며 다중 회귀분석이 가장 정확하다고 하였다.

악교정수술시 연조직 변화에 대한 기존의 연구들을 살펴보면 대체로 악교정 수술의 한 두 가지 방법에 따른 안모 변화비율을 연구하였고, 특히 III급 부정교합의 다양한 수술 방법에 따른 안모 변화에 관해서는 연구가 미흡한 편이다. 본 연구의 목적은 골격성 III급 부정교합 환자를 하악 후퇴술, 이부성형술을 동반한 하악후퇴술, 양악수술, 이부성형술을 동반한 양악수술의 네 가지 수술에 따른 안모 변화를 분석하며, 각군에서 경조직변화에 따른 연조직의 비율과 정확한 안모를 예측할 수 있는 다중 회귀분방정식을 구하는 것이었다.

## II. 연구대상 및 방법

### 가. 연구대상

연세대학교 치과대학 부속병원 교정과에 내원하여 골격성 Ⅲ급 부정교합으로 진단되어 술전 교정치료를 받고 1997년 1월부터 2001년 3월 중에 악교정 수술을 받은 환자 중 다음의 조건에 부합되는 환자들을 선별하였다.

1. 구순 구개열 및 기타 두개안면 증후군의 증상이 없는 자
2. 안면비대칭이 심하지 않은 자
3. 상악의 경우 Lefort I osteotomy로 후부 상방이동, 하악의 경우 양측성 구내 수직골 절단술(B-IVRO)을, 이부성형술은 reduction과 advancement 시행한 자
4. 수술은 동일한 구강 외과의사에 의하여 시행된 자

최종적으로 선정된 대상은 총 130명 (남 70명, 여자 60명)이었으며 평균 나이는 남자는 22.3세(17세 ~ 36세), 여자는 21.3세(15세 ~ 29세)이었으며 수술 부위에 따라 하악과 양악, 이부성형술의 유무로 총 네 군으로 나누어 평가하였다.

- ① 제 1군 : 하악수술
- ② 제 2군 : 하악수술 + 이부성형술
- ③ 제 3군 : 양악수술
- ④ 제 4군 : 양악수술 + 이부성형술

Table 1. Age distribution of study samples

| Classification          | Number | Mean Age (yrs) | SD  | Range |
|-------------------------|--------|----------------|-----|-------|
| Group 1<br>(M 17, F 18) | 35     | 21.6           | 3.2 | 18-30 |
| Group 2<br>(M 12, F 13) | 25     | 21.8           | 3.1 | 17-29 |
| Group 3<br>(M 14, F 16) | 30     | 22.2           | 3.3 | 15-28 |
| Group 4<br>(M 26, F 14) | 40     | 21.5           | 3.7 | 17-31 |
| Total                   | 130    | 21.8           | 3.4 | 15-31 |

## 나. 연구방법

### 1. 측모 두부 방사선 규격 사진 촬영 및 투사도 작성

수술 전 사진은 수술 전 1개월 이내에 촬영한 것을 사용하였고, 수술 후 사진은 수술 후 최소 6개월이 지난 후 촬영한 것을 사용하였으며 자연스러운 두부 위치에서 치아는 중심위로 교합된 상태로, 입술은 긴장없이 다문 상태에서 채득함을 원칙으로 하였다.

연세대학교 치과대학 부속병원 방사선과에 있는 Cranex3(Soredex제품)에 imaging plate를 포함한 26×36cm FCR 카세트를 이용하여 FFD 5 feet, 70Kvp, 10 mA의 조건으로 촬영된 수술전 및 수술후 두부방사선 사진 위에 아세테이트지를 부착하고 통법에 의해 투사도를 작성하였으며 수술전 투사도 상에 수술후 상태를 중첩하여 상악 및 하악의 술후 최종적인 위치를 표시함으로써 후에 digitizing시 guide가 될 수 있도록 하였다. 이때 중첩은 수술에 의해 영향 받지 않는 sella, nasion 및 두개저의 형태 등을 기준으로 하였다.

## 2. 기준선 설정

수술환자에서 전후방 및 수직적 부조화를 명확히하고 객관적으로 분석하기 위해 수평 및 수직 기준선의 설정이 중요하며, 본 연구에서는 Burstone에 따라 S-N line에서 Nasion 점을 중심으로 7° 반시계방향으로 회전시킨 SN-7° 선을 수평 기준선으로 하고, 전방 안면부 연조직의 위치 측정을 위해 Nasion에서 SN-7° 선에 수직으로 Nasion perpendicular line을 그어 수직기준선으로 삼았다. 수술전과 수술후의 두부방사선계측사진에 대해 수평기준선(HRP)과 수직기준선(VRP)을 기준으로 계측점들의 수평·수직 거리를 계측하였다. 이 때 전방과 하방 이동은 +로, 후방과 상방 이동은 -로 표시했다.

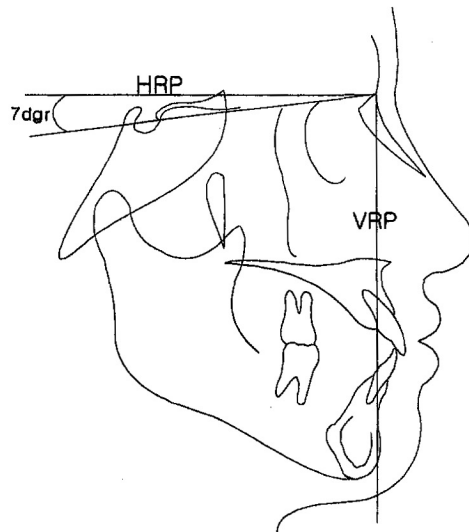


Fig 1. Reference Plane

### 3. 계측값

#### (1)계측점

|                      |   |
|----------------------|---|
| Sella (S)            | sellaturcica(접형골의 pituitary fossa)의 중심  |
| ANS                  | anterior nasal spine 의 최첨점              |
| A-point(A)           | ANS와 상악 전치 치조골의 contour상에서 가장 깊은 곳      |
| B-point(B)           | pogonion과 하악 전치 치조골의 contour상에서 가장 깊은 곳 |
| Pogonion(Pg)         | symphysis 상에서 최전방점                      |
| Menton(Me)           | 연조직 symphyseal 상에서의 최하방점                |
| Incisor superius(U1) | 상악 절치 치판의 tip                           |
| Incisor inferius(L1) | 하악 절치 치판의 tip                           |
| Pronasale(Pn')       | 연조직상의 비첨점(nose tip)                     |
| Subnasale(Sn)        | 연조직 정중선상의 비중격과 상순의 경계점                  |
| Soft A-point(A')     | Sn-Ls 사이의 연조직 선상에서 가장 깊은 곳              |
| Labrale superius(Ls) | 상순 홍순부상의 최전방점                           |
| Stomion(Stm)         | 상하순의 접점                                 |
| Labrale inferius(Li) | 하순 홍순부상의 최전방점                           |
| Soft B-point(B')     | Li-Pg'사이의 연조직 선상에서 가장 깊은 곳              |
| Soft Pogonion(Pg')   | 연조직 symphysis 상에서의 최전방점                 |
| Soft Menton(Me')     | 연조직 symphysis 상에서의 최하방점                 |

#### (2)계측값

##### 1)경조직 수평값

1. VRP~ANS
2. VRP~A
3. VRP~U1
4. VRP~L1
5. VRP~B
6. VRP~Pg
7. VRP~Me

2) 경조직 수직값

- 8. HRP~ANS
- 9. HRP~A
- 10. HRP~U1
- 11. HRP~L1
- 12. HRP~B
- 13. HRP~Pg
- 14. HRP~Me

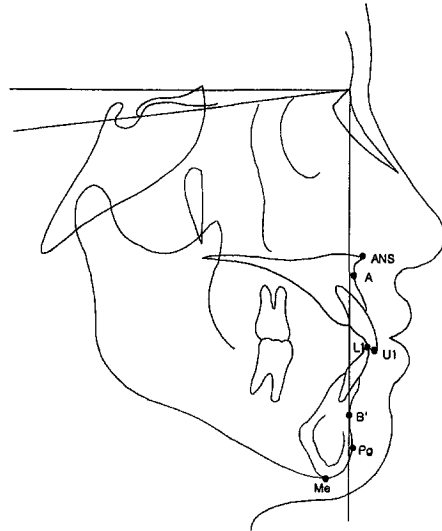


Fig 2. Hard tissue landmarks

3) 연조직 수평값

- 1. VRP~Pn
- 2. VRP~Sn
- 3. VRP~B'
- 4. VRP~Ls
- 5. VRP~Stm
- 6. VRP~Li
- 7. VRP~B'
- 8. VRP~Pg'
- 9. VRP~Me'

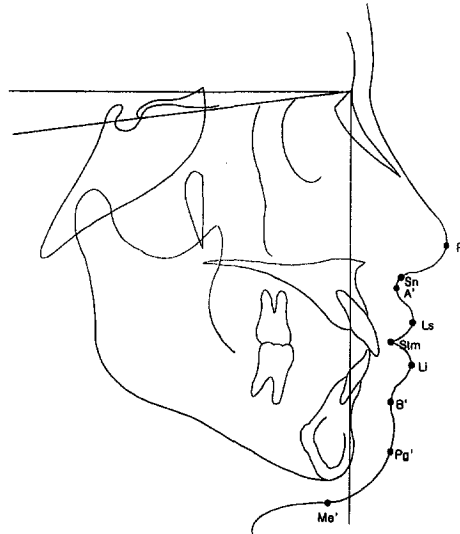


Fig 3. Soft tissue landmarks

4) 연조직 수직값

- 10. HRP~Pn
- 11. HRP~Sn
- 12. HRP~B'
- 13. HRP~Ls
- 14. HRP~Stm
- 15. HRP~Li
- 16. HRP~B'

17. HRP~Pg'

18. HRP~Me'

#### 4. 통계처리

계측된 자료들을 SAS (Version 6.04 통계패키지)방식으로 다음 내용에 대해 통계처리 하였다.

1. 네 군의 수술전후 경조직과 연조직의 수평, 수직 변화량에 대한 평균과 표준편차를 구하고 유의성을 검증하기 위한 paired t-test를 하였다,
2. 네 군의 군간 경조직과 연조직 변화량 차이의 유의성 검증을 위해 ANOVA를 하였다.
3. 네 군의 경조직 변화량에 대한 연조직 점의 변화량의 상관관계를 구하기 위해 Pearson correlation analysis를 하였고 이중 유의성 있는 항목에 대하여 경조직:연조직의 이동비율을 구하였다.
4. 네 군의 경조직 이동양에 따른 연조직의 이동양을 예측하기 위한 Multiple stepwise regression equation을 구하였다.



### III. 연구 결과

#### 1. 수직기준선과 수평기준선에 대한 경조직과 연조직의 수평과 수직 이동

하악수술군인 1, 2군에서는 상악의 연조직을 나타내는 Pn, Sn, A'의 이동은 거의 없었으며( $p < 0.05$ ), 다만 상순의 최첨부인 Ls만이 1.36~1.95mm 후하방이동을 하였다(Table 2, 3). 반면 상하악 수술군인 3, 4군에서는 상악의 연조직 점중에 Pn, Sn, A'은 0.75~1.12mm 전방이동하였으며, Ls는 수평적으로 거의 이동이 없었다( $p < 0.05$ )(Table 4, 5).

하악골의 후방 이동양은 L1을 기준으로 2군(-10.75mm)이 1군(-7.62mm), 3군(-7.38mm), 4군(-8.15mm)보다 가장 컸으며, 이에 따라 Stm도 2군(-6.35mm)이 1군(-4.02mm), 3군(-3.69mm), 4군(-4.14mm)에 비해 가장 크게 후방이동을 나타냈으며, Li도 2군(-9.59mm)이 1군(-7.0mm), 3군(-6.92mm), 4군(-7.76mm)에 비해 가장 큰 후방이동을 나타냈다(Table 7). 그러나 B'는 군간에 차이를 발견할 수 없었다

Pg'의 수평 수직 위치를 기준으로 볼 때 이부성형술을 동반한 군들(2, 4군)과 이부 성형술을 하지않은 군들(1, 3군)의 비교에서 이부성형술을 하지않은 1군(1.26mm)과 3군(0.30mm)에서는 미약한 하방이동을 나타낸 반면에, 이부 성형술을 한 2군(-1.01mm)과 4군(-1.29mm)에서는 유의성 있는 상방이동을 나타냈다(Table 7).

#### 2. 경조직 변화에 따른 연조직 변화의 상관관계와 변화율

네 군의 경조직에 대한 연조직의 상관관계중 유의성있는 항목에 대하여 상관계수와 경조직:연조직의 변화율을 구하였으며(Table 8, 9, 10, 11), 간략하게 모식도로 나타냈다(Fig 4, 5, 6, 7)

Pn의 A에 대한 수평적인 변화율은 3군(36%)과 4군(39%)에서 유사하게 나타났으며 각기 중등도(0.5, 0.65)의 상관관계를 나타냈고 수직적으로는 유의성 있는 상관관계를 나타내는 경조직이 없었다(Table 10, 11).

Sn'의 A에 대한 수평 수직 변화율은 3군(54%, 43%), 4군(57%, 31%)에서 수평적으로는 유사하지만 수직적으로는 다소의 차이를 나타냈고, 상관계수는 수평적으

로는 중등도(0.66, 0.64)의 비슷한 상관관계를 나타냈으나 수직적으로는 0.7과 0.61로 다소 차이가 있었다.

A'의 A에 대한 수평변화율은 3군(67%)과 4군(64%)이 비슷하게 나타났으며 상관관계는 두 군 모두에서 0.7이었으나, 수직적으로는 4군에서만 0.38의 상관관계를 나타내면서 23%의 변화율을 나타냈다(Table 10, 11).

Ls의 U1에 대한 수평 변화율은 3군(49%), 4군(52%)에서 유사하게 나타났으며 중등도(0.69, 0.7)의 상관관계를 나타냈으나, 수직적으로는 3군에서만 A에 대해 0.53의 상관관계를 나타내면서 37%의 변화율을 나타냈다(Table 10, 11).

Stm의 L1에 대한 수평 변화율은 1군과 2군은 60%, 3군과 4군은 50% 정도의 변화를 나타내어 하악수술군들에서 다소 큰 변화율을 나타냈으며, 수직적으로는 3군과 4군에서만 36~38%의 유의성 있는 변화율을 나타냈다(Table 8, 9, 10, 11).

Li의 L1에 대한 수평 변화율은 1군(92%), 2군(90%), 3군(88%), 4군(90%)이 모두 90%에 유사한 값을 나타냈으며 0.8~0.9의 높은 상관관계를 나타냈으나, 수직적으로는 4군에서만 0.68의 상관관계를 나타내면서 42%의 변화율을 나타냈다.

B'의 B에 대한 수평 변화율은 1군(90%), 2군(86%), 3군(92%), 4군(88%)에서 모두 90%에 유사한 값을 나타냈으며 0.85~0.95의 높은 상관관계를 나타냈으나, 수직적으로는 3, 4군에서만 0.61과 0.47의 상관관계를 나타내면서 32%~36%의 변화율을 나타냈다(Table 8, 9, 10, 11).

Pg'의 Pg에 대한 수평 변화율은 1군(102%), 2군(98%), 3군(98%), 4군(96%)에서 100%에 유사한 값을 나타내면서 0.83~0.94의 높은 상관관계를 나타냈으나, 수직적으로는 3군이 48%, 4군이 61%의 변화율과 각기 0.58, 0.66의 상관관계를 나타냈다.

Me'의 Me에 대한 수평과 수직변화율은 각기 1군(98%, 46%), 2군(101%, 64%), 3군(97%, 54%), 4군(91%, 56%)에서 수평적으로는 90~100%의 유사한 변화율을 나타냈고 0.95에 유사한 높은 상관관계를 나타냈으나, 수직적으로는 군마다 46~64%의 다양한 변화율과 0.85에 유사한 상관관계를 나타냈다(Table 8, 9, 10, 11).

### 3. 다단계 회귀방정식

1군과 2군에서  $Stm$ ,  $Li$ ,  $B'$ ,  $Pg'$ ,  $Me'$ 의 수평, 수직적인 이동에 대한 회귀방정식을 구할 수 있었으며 1군은  $Ls$ 의 수직적인 이동에 대해서도 구할 수 있었다 (Table 12, 13). 3군에서는  $Pn$ 와  $A'$ 의 수직적인 이동을 제외한 모든 연조직의 경조직에 대한 유의성 있는 회귀방정식을 구할 수 있었으며 4군에서는 모든 연조직에 대한 유의성 있는 회귀방정식을 구할 수 있었다 (Table 14, 15).

Table 2. Hard &amp; Soft tissue changes in Group 1

| Variables          | Horizontal Change<br>Mean ± SD | Significance | Vertical Change<br>Mean ± SD | Significance |
|--------------------|--------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
| <u>Hard tissue</u> |                                |              |                              |              |
| L1                 | -7.6 ± 2.3                     | ***          | -1.1 ± 1.9                   | **           |
| B                  | -8.7 ± 2.9                     | ***          | -1.7 ± 2.3                   | ***          |
| Pg                 | -9.2 ± 3.2                     | ***          | -0.6 ± 1.9                   | NS           |
| Me                 | -9.9 ± 3.2                     | ***          | -1.0 ± 1.8                   | **           |
| <u>Soft tissue</u> |                                |              |                              |              |
| Ls                 | -1.4 ± 1.3                     | ***          | 1.7 ± 1.7                    | ***          |
| Stm                | -4.0 ± 2.0                     | ***          | 2.3 ± 1.8                    | ***          |
| Li                 | -7.0 ± 2.9                     | ***          | 2.3 ± 1.9                    | ***          |
| B'                 | -8.8 ± 2.8                     | ***          | 0.2 ± 2.4                    | NS           |
| Pg'                | -9.4 ± 2.8                     | ***          | 1.3 ± 2.1                    | **           |
| Me'                | -8.9 ± 3.9                     | ***          | -0.5 ± 1.9                   | NS           |

\* ; p<0.05, \*\* ; p<0.01, \*\*\* ; p<0.001

Table 3. Hard &amp; Soft tissue changes in Group 2

| Variables          | Horizontal Change<br>Mean ± SD | Significance | Vertical Change<br>Mean ± SD | Significance |
|--------------------|--------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
| <u>Hard tissue</u> |                                |              |                              |              |
| L1                 | -10.8 ± 3.7                    | ***          | -1.1 ± 1.8                   | **           |
| B                  | -11.8 ± 4.2                    | ***          | -1.8 ± 2.8                   | ***          |
| Pg                 | -9.2 ± 2.8                     | ***          | -1.7 ± 3.0                   | *            |
| Me                 | -9.1 ± 3.1                     | ***          | -2.9 ± 2.8                   | ***          |
| <u>Soft tissue</u> |                                |              |                              |              |
| Ls                 | -1.9 ± 1.7                     | ***          | 2.4 ± 2.1                    | ***          |
| Stm                | -6.3 ± 3.2                     | ***          | 2.5 ± 2.1                    | ***          |
| Li                 | -9.5 ± 3.7                     | ***          | 1.8 ± 3.8                    | *            |
| B'                 | -9.0 ± 3.9                     | ***          | 0.6 ± 3.3                    | NS           |
| Pg'                | -7.3 ± 6.4                     | ***          | -1.0 ± 4.3                   | NS           |
| Me'                | -8.8 ± 3.9                     | ***          | -1.7 ± 3.0                   | *            |

\* ; p<0.05, \*\* ; p<0.01, \*\*\* ; p<0.001

Table 4. Hard & Soft tissue Changes in Group 3

| Variables          | Horizontal Change<br>Mean ± SD | Significance | Vertical Change<br>Mean ± SD | Significance |
|--------------------|--------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
| <b>Hard tissue</b> |                                |              |                              |              |
| ANS                | 1.3±1.7                        | **           | 0.8±1.6                      | **           |
| A                  | 1.4±1.3                        | ***          | 0.2±1.9                      | NS           |
| U1                 | 0.4±2.0                        | NS           | 1.4±1.9                      | ***          |
| L1                 | -7.3±3.4                       | ***          | -1.4±2.7                     | **           |
| B                  | -9.7±4.4                       | ***          | -1.3±2.5                     | **           |
| Pg                 | -10.9±5.0                      | ***          | -1.7±2.5                     | ***          |
| Me                 | -11.8±5.2                      | ***          | -1.9±2.4                     | ***          |
| <b>Soft tissue</b> |                                |              |                              |              |
| Pn                 | 0.7±0.7                        | ***          | -0.2±1.1                     | NS           |
| Sn                 | 1.5±1.1                        | ***          | -0.0±1.2                     | NS           |
| A'                 | 1.3±1.4                        | ***          | 0.8±1.7                      | *            |
| Ls                 | -0.4±2.0                       | NS           | 2.4±2.2                      | ***          |
| Stm                | -3.6±3.0                       | ***          | 2.4±1.9                      | ***          |
| Li                 | -6.9±3.5                       | ***          | 3.0±2.2                      | ***          |
| B'                 | -9.2±3.8                       | ***          | 0.0±3.1                      | NS           |
| Pg'                | -10.4±4.8                      | ***          | 0.3±2.6                      | NS           |
| Me'                | -10.8±5.4                      | ***          | -1.3±2.2                     | **           |

\* ; p<0.05, \*\* ; p<0.01, \*\*\* ; p<0.001

Table 5. Hard & Soft tissue Changes in Group 4

| Variables          | Horizontal Change<br>Mean $\pm$ SD | Significance | Vertical Change<br>Mean $\pm$ SD | Significance |
|--------------------|------------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|
| <b>Hard tissue</b> |                                    |              |                                  |              |
| ANS                | 1.7 $\pm$ 1.8                      | ***          | 0.3 $\pm$ 1.9                    | NS           |
| A                  | 1.9 $\pm$ 1.8                      | ***          | 0.3 $\pm$ 2.2                    | NS           |
| U1                 | 0.7 $\pm$ 2.5                      | NS           | 0.8 $\pm$ 2.6                    | *            |
| L1                 | -8.1 $\pm$ 3.2                     | ***          | -1.2 $\pm$ 3.3                   | *            |
| B                  | -10.3 $\pm$ 2.6                    | ***          | -1.7 $\pm$ 3.9                   | **           |
| Pg                 | -7.2 $\pm$ 3.1                     | ***          | -2.1 $\pm$ 4.1                   | **           |
| Me                 | -7.1 $\pm$ 3.4                     | ***          | -3.0 $\pm$ 3.3                   | ***          |
| <b>Soft tissue</b> |                                    |              |                                  |              |
| Pn                 | 1.1 $\pm$ 1.2                      | ***          | -0.7 $\pm$ 1.5                   | **           |
| Sn                 | 1.6 $\pm$ 1.9                      | ***          | 0.0 $\pm$ 1.3                    | NS           |
| A'                 | 1.6 $\pm$ 2.3                      | ***          | 1.9 $\pm$ 2.1                    | ***          |
| Ls                 | -0.7 $\pm$ 2.6                     | NS           | 2.5 $\pm$ 1.8                    | ***          |
| Stm                | -4.1 $\pm$ 3.0                     | ***          | 2.7 $\pm$ 2.1                    | ***          |
| Li                 | -7.7 $\pm$ 3.5                     | ***          | 3.1 $\pm$ 2.4                    | ***          |
| B'                 | -7.8 $\pm$ 2.6                     | ***          | 0.9 $\pm$ 3.5                    | NS           |
| Pg'                | -5.2 $\pm$ 3.3                     | ***          | -1.2 $\pm$ 4.3                   | NS           |
| Me'                | -6.4 $\pm$ 3.9                     | ***          | -1.7 $\pm$ 3.0                   | ***          |

\* ; p<0.05, \*\* ; p<0.01, \*\*\* ; p<0.001

Table 6. ANOVA of Hard tissue

| Variables         | Group 1                            | Group 2  | Group 3 | Group 4          |
|-------------------|------------------------------------|--|---------|------------------|
| <u>Horizontal</u> |                                    |  |         |                  |
| ANS               | 3 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup> | 3 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup>                   |         |                  |
| A                 | 3 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup> | 3 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup>                   |         |                  |
| U1                |                                    |  |         |                  |
| L1                |                                    | 1 <sup>***</sup> ,3 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup> |         |                  |
| B                 | 2 <sup>***</sup>                   |  |         |                  |
| Pg                |                                    |  |         | 4 <sup>***</sup> |
| Me                | 4 <sup>***</sup>                   |  |         | 4 <sup>***</sup> |
| <u>Vertical</u>   |                                    |  |         |                  |
| ANS               | 3 <sup>***</sup>                   |  |         |                  |
| A                 |                                    |  |         |                  |
| U1                | 3 <sup>***</sup>                   |  |         |                  |
| L1                |                                    |  |         |                  |
| B                 |                                    |  |         |                  |
| Pg                | 2 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup> |  |         |                  |
| Me                | 2 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup> |  |         |                  |

Significance \* ; p<0.05, \*\* ; p<0.01, \*\*\* ; p,0.001

Table 7. ANOVA of Soft tissue

| Variables         | Group 1                            | Group 2  | Group 3          | Group 4 |
|-------------------|------------------------------------|--|------------------|---------|
| <u>Horizontal</u> |                                    |  |                  |         |
| Pn                | 3 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup> | 3 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup>                   |                  |         |
| Sn                | 3 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup> | 3 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup>                   |                  |         |
| A'                | 3 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup> | 3 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup>                   |                  |         |
| Ls                | 3 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup> | 3 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup>                   |                  |         |
| Stm               |                                    | 1 <sup>***</sup> ,3 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup> |                  |         |
| Li                |                                    | 1 <sup>***</sup> ,3 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup> |                  |         |
| B'                |                                    |  |                  |         |
| Pg'               | 4 <sup>***</sup>                   | 3 <sup>***</sup>                                     | 4 <sup>***</sup> |         |
| Me'               | 4 <sup>***</sup>                   |  | 4 <sup>***</sup> |         |
| <u>Vertical</u>   |                                    |  |                  |         |
| Pn                | 4 <sup>***</sup>                   | 4 <sup>***</sup>                                     |                  |         |
| Sn                |                                    |  |                  |         |
| A'                | 4 <sup>***</sup>                   |  |                  |         |
| Ls                |                                    |  |                  |         |
| Stm               |                                    |  |                  |         |
| Li                |                                    | 4 <sup>***</sup>                                     |                  |         |
| B'                |                                    |  |                  |         |
| Pg'               | 2 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup> |  | 4 <sup>***</sup> |         |
| Me'               | 2 <sup>***</sup> ,4 <sup>***</sup> |  |                  |         |

Significance \* ; p<0.05, \*\* ; p<0.01, \*\*\* ; p<0.001



Table 8. Correlation between soft & hard tissue changes &  
Soft/Hard tissue ratios of significant correlation in Group 1

|                          | Pn | Sn | A' | Ls | Stm              | Li               | B'                | Pg'               | Me'               |
|--------------------------|----|----|----|----|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <u>Horizontal Change</u> |    |    |    |    |                  |                  |                   |                   |                   |
| ANS                      |    |    |    |    |                  |                  |                   |                   |                   |
| A                        |    |    |    |    |                  |                  |                   |                   |                   |
| U1                       |    |    |    |    |                  |                  |                   |                   |                   |
| L1                       |    |    |    |    | 0.58***<br>(58%) | 0.79***<br>(92%) | 0.82***<br>(120%) | 0.75***<br>(124%) | 0.58***<br>(123%) |
| B                        |    |    |    |    | 0.54***<br>(58%) | 0.72***<br>(80%) | 0.88***<br>(90%)  | 0.79***<br>(111%) | 0.67***<br>(113%) |
| Pg                       |    |    |    |    | 0.57***<br>(47%) | 0.71***<br>(81%) | 0.87***<br>(99%)  | 0.83***<br>(102%) | 0.73***<br>(100%) |
| Me                       |    |    |    |    | 0.55***<br>(45%) | 0.69***<br>(79%) | 0.86***<br>(94%)  | 0.78***<br>(97%)  | 0.80***<br>(98%)  |
| <u>Vertical Change</u>   |    |    |    |    |                  |                  |                   |                   |                   |
| ANS                      |    |    |    |    |                  |                  |                   |                   |                   |
| A                        |    |    |    |    |                  |                  |                   |                   |                   |
| U1                       |    |    |    |    |                  |                  |                   |                   |                   |
| L1                       |    |    |    |    |                  |                  |                   |                   | 0.60***<br>(58%)  |
| B                        |    |    |    |    |                  |                  |                   |                   | 0.48**<br>(29%)   |
| Pg                       |    |    |    |    |                  |                  |                   |                   | 0.53**<br>(75%)   |
| Me                       |    |    |    |    |                  |                  |                   |                   | 0.63***<br>(46%)  |

Significance \*\* ; p<0.01, \*\*\* ; p<0.001, ( ) : % change

Table 9. Correlation between soft & hard tissue changes &  
Soft/Hard tissue ratios of significant correlation in Group 2

|                          | Pn | Sn | A' | Ls | Stm             | Li                | B'                | Pg'              | Me'               |
|--------------------------|----|----|----|----|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| <u>Horizontal Change</u> |    |    |    |    |                 |                   |                   |                  |                   |
| ANS                      |    |    |    |    |                 |                   |                   |                  |                   |
| A                        |    |    |    |    |                 |                   |                   |                  |                   |
| U1                       |    |    |    |    |                 |                   |                   |                  |                   |
| L1                       |    |    |    |    | 0.55**<br>(60%) | 0.85***<br>(90%)  | 0.78***<br>(87%)  | 0.66**<br>(70%)  | 0.62**<br>(101%)  |
| B                        |    |    |    |    | 0.55**<br>(53%) | 0.86***<br>(81%)  | 0.84***<br>(86%)  | 0.64**<br>(62%)  | 0.62**<br>(77%)   |
| Pg                       |    |    |    |    | 0.45*<br>(77%)  | 0.71***<br>(123%) | 0.82***<br>(110%) | 0.87***<br>(98%) | 0.93***<br>(97%)  |
| Me                       |    |    |    |    |                 | 0.60**<br>(138%)  | 0.68***<br>(128%) | 0.85***<br>(99%) | 0.95***<br>(101%) |
| <u>Vertical Change</u>   |    |    |    |    |                 |                   |                   |                  |                   |
| ANS                      |    |    |    |    |                 |                   |                   |                  |                   |
| A                        |    |    |    |    |                 |                   |                   |                  |                   |
| U1                       |    |    |    |    |                 |                   |                   |                  |                   |
| L1                       |    |    |    |    |                 |                   |                   |                  |                   |
| B                        |    |    |    |    |                 |                   |                   |                  | 0.66***<br>(45%)  |
| Pg                       |    |    |    |    |                 |                   |                   |                  | 0.77***<br>(37%)  |
| Me                       |    |    |    |    |                 |                   |                   | 0.54**<br>(62%)  | 0.88***<br>(64%)  |

Significance \*\* ; p<0.01, \*\*\* ; p<0.001, ( ) : % change

Table 10. Correlation between soft & hard tissue changes &  
Soft/Hard tissue ratios of significant correlation in Group 3

| Variables                | Pn              | Sn               | A'               | Ls               | Stm              | Li               | B'                | Pg'               | Me'               |
|--------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <u>Horizontal Change</u> |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                   |                   |                   |
| ANS                      |                 | 0.57***<br>(61%) |                  |                  |                  |                  |                   |                   |                   |
| A                        | 0.50**<br>(36%) | 0.66***<br>(54%) | 0.73***<br>(67%) |                  |                  |                  |                   |                   |                   |
| U1                       |                 |                  | 0.64***<br>(74%) | 0.69***<br>(52%) |                  |                  |                   |                   |                   |
| L1                       |                 |                  |                  |                  | 0.80***<br>(50%) | 0.93***<br>(88%) | 0.94***<br>(115%) | 0.89***<br>(143%) | 0.88***<br>(143%) |
| B                        |                 |                  |                  |                  | 0.81***<br>(42%) | 0.92***<br>(82%) | 0.95***<br>(92%)  | 0.93***<br>(100%) | 0.94***<br>(102%) |
| Pg                       |                 |                  |                  |                  | 0.61***<br>(38%) | 0.81***<br>(88%) | 0.84***<br>(76%)  | 0.94***<br>(98%)  | 0.96***<br>(98%)  |
| Me                       |                 |                  |                  |                  | 0.83***<br>(76%) | 0.91***<br>(76%) | 0.94***<br>(69%)  | 0.94***<br>(91%)  | 0.96***<br>(97%)  |
| <u>Vertical Changes</u>  |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                   |                   |                   |
| ANS                      |                 | 0.60***<br>(36%) |                  |                  |                  |                  |                   |                   |                   |
| A                        |                 | 0.60***<br>(43%) | 0.53**<br>(37%)  |                  |                  |                  |                   |                   |                   |
| U1                       |                 | 0.62***<br>(18%) |                  |                  |                  |                  |                   |                   |                   |
| L1                       |                 |                  |                  | 0.47**<br>(36%)  |                  |                  | 0.54**<br>(39%)   | 0.84***<br>(69%)  |                   |
| B                        |                 |                  |                  |                  |                  | 0.61***<br>(32%) | 0.42*<br>(72%)    | 0.70***<br>(47%)  |                   |
| Pg                       |                 |                  |                  |                  |                  | 0.57***<br>(63%) | 0.58***<br>(48%)  | 0.86**<br>(39%)   |                   |
| Me                       |                 |                  |                  |                  |                  | 0.63***<br>(43%) | 0.54**<br>(33%)   | 0.88***<br>(54%)  |                   |

Table 11. Correlation between soft & hard tissue changes &  
Soft/Hard tissue ratios of significant correlation in Group 4

| S.T<br>H.T               | Pn               | Sn               | A'               | Ls               | Stm              | Li                | B'                | Pg'              | Me'              |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| <u>Horizontal change</u> |                  |                  |                  |                  |                  |                   |                   |                  |                  |
| ANS                      |                  | 0.48**<br>(69%)  | 0.57***<br>(58%) | 0.39**<br>(27%)  |                  |                   |                   |                  |                  |
| A                        | 0.65***<br>(39%) | 0.64***<br>(57%) | 0.73***<br>(64%) | 0.61***<br>(27%) | 0.40**<br>(28%)  |                   |                   |                  |                  |
| U1                       | 0.55***<br>(25%) | 0.62***<br>(63%) | 0.68***<br>(72%) | 0.70***<br>(49%) | 0.45**<br>(46%)  |                   |                   |                  |                  |
| L1                       |                  |                  |                  |                  | 0.60***<br>(52%) | 0.80***<br>(90%)  | 0.79***<br>(96%)  | 0.66***<br>(68%) | 0.69***<br>(84%) |
| B                        |                  |                  |                  |                  | 0.72***<br>(39%) | 0.89***<br>(78%)  | 0.90***<br>(88%)  | 0.78***<br>(42%) | 0.82***<br>(57%) |
| Pg                       |                  |                  |                  |                  | 0.61***<br>(52%) | 0.81***<br>(90%)  | 0.84***<br>(104%) | 0.94***<br>(96%) | 0.96***<br>(96%) |
| Me                       |                  |                  |                  |                  | 0.64***<br>(51%) | 0.80***<br>(55%)  | 0.84***<br>(70%)  | 0.94***<br>(89%) | 0.97***<br>(91%) |
| <u>Vertical Change</u>   |                  |                  |                  |                  |                  |                   |                   |                  |                  |
| ANS                      |                  | 0.55***<br>(42%) |                  |                  | 0.49**           | 0.53***           |                   |                  |                  |
| A                        |                  | 0.61***<br>(31%) | 0.38*<br>(23%)   |                  | 0.42**           | 0.54***           |                   |                  |                  |
| U1                       |                  | 0.65***<br>(33%) | 0.37*<br>(31%)   |                  | 0.60**<br>(123%) | 0.63***<br>(146%) |                   |                  |                  |
| L1                       |                  |                  |                  |                  | 0.69***<br>(38%) | 0.68***<br>(42%)  | 0.59***<br>(47%)  | 0.57***<br>(68%) | 0.66***<br>(62%) |
| B                        |                  |                  |                  |                  | 0.62***<br>(14%) | 0.52***<br>(51%)  | 0.47**<br>(36%)   | 0.64***<br>(64%) | 0.75***<br>(45%) |
| Pg                       |                  |                  |                  |                  | 0.52***<br>(59%) |                   | 0.44**<br>(62%)   | 0.66***<br>(61%) | 0.78***<br>(69%) |
| Me                       |                  |                  |                  |                  | 0.47**           |                   | 0.45**<br>(62%)   | 0.60***<br>(56%) | 0.85***<br>(56%) |

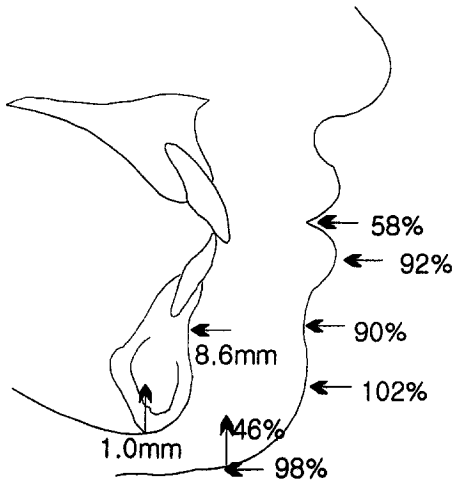


Fig 4. Percent Soft tissue responses of Group 1

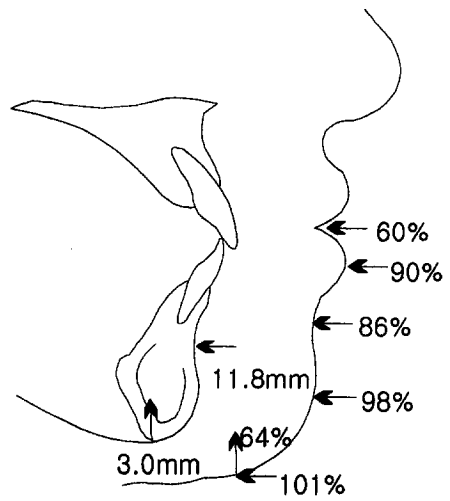


Fig 5. Percent Soft tissue responses of Group 2

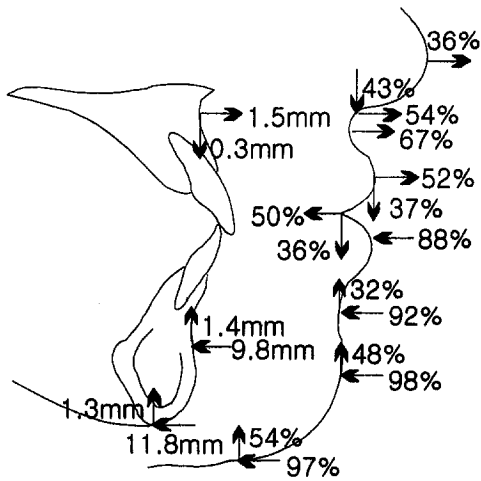


Fig 6. Percent Soft tissue responses of Group 3

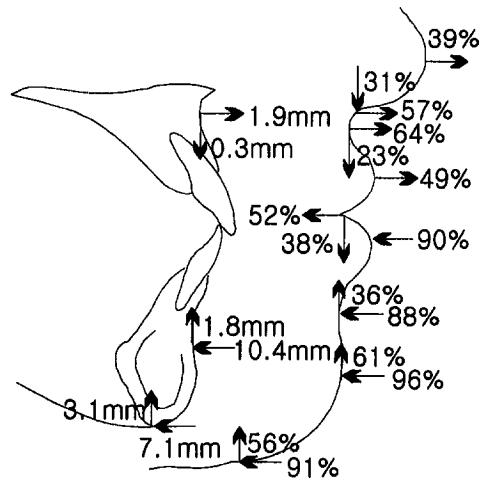


Fig 7. Percent Soft tissue responses of Group 4

Table 12. Multiple Stepwise Regression Equation of Group 1

| Regression equation                                       | Significance |
|---|--------------|
| $L_{Sv} = -0.45 - 0.33L_{1h} + 0.22B_v$                   | <0.01        |
| $Stm_h = 0.29 + 0.48 \times L_{1h}$                       | <0.001       |
| $Stm_v = -1.41 - 0.51L_{1h} + 0.47L_{1v} - 0.28Me_v$      | <0.001       |
| $Lin_h = 1.05 + 0.75L_{1h} + 0.22Me_h + 0.18B_v$          | <0.001       |
| $Lin_v = -1.26 - 0.39Pg_h + 0.20L_{1v}$                   | <0.001       |
| $B'_h = -0.88 + 0.43L_{1h} + 0.17B_h + 0.31Me_h$          | <0.001       |
| $B'_v = -1.10 - 0.36Me_h + 0.28Me_v$                      | <0.001       |
| $Pg'_h = 1.027 + 0.927 \times Pg_h$                       | <0.001       |
| $Pg'_v = -0.96 - 0.25B_h + 0.34Pg_v$                      | <0.05        |
| $Me'_h = 1.00 + 1.96Pg_h - 0.76Me_h - 0.43B_v + 0.65Pg_v$ | <0.001       |
| $Me'_v = -0.91 - 0.13Pg_h + 0.26L_{1h} + 0.47Me_v$        | <0.001       |

h : horizontal change, v : vertical change

Table 13. Multiple Stepwise Regression Equation of Group 2

| Regression equation                                  | Significance |
|--|--------------|
| $Stm_h = 1.2 + 0.47 \times L_{1h}$                   | <0.01        |
| $Stm_v = -1.41 - 0.51L_{1h} + 0.47L_{1v} - 0.28Me_v$ | <0.001       |
| $Lin_h = 1.45 + 0.79B_h - 0.84Pg_v + 1.03Me_v$       | <0.001       |
| $Lin_v = -0.30 - 0.39Me_h + 0.26L_{1v}$              | <0.001       |
| $B'_h = -1.13 + 0.40B_h + 0.84Pg_h - 0.50Me_h$       | <0.001       |
| $B'_v = -34 + 45B_v - 0.28Me_h$                      | <0.001       |
| $Pg'_h = 1.08 + 1.05Pg_h + 0.65L_{1v} - 0.54Me_v$    | <0.001       |
| $Pg'_v = -0.27 - 0.30Me_h + 0.88Pg_v$                | <0.05        |
| $Me'_h = -0.020 + 0.95Me_h + 0.46L_{1v} - 0.33Pg_v$  | <0.001       |
| $Me'_v = 0.56 + 0.33Pg_h - 0.43Me_h + 1.05Me_v$      | <0.001       |

h : horizontal change, v : vertical change

Table 14. Multiple Stepwise Regression Equation of Group 3

| Regression equation   | Significance |
|---|--------------|
| $Pn_h=0.27+0.26A_h+0.26ANS_v$                                 | <0.05        |
| $Sn_h=0.86+0.41A_h-0.39Pg_v+0.28Me_v$                         | <0.001       |
| $Sn_v=0.38-0.37A_h+0.43A_v$                                   | <0.001       |
| $A'_h=0.83+0.50U_{1h}-0.17Pg_v$                               | <0.001       |
| $LS_h=0.42+0.35U_{1h}-0.20Me_h-0.22Pg_v$                      | <0.001       |
| $LS_v=-0.35-0.48ANS_h+0.80A_h+0.26Me_h+0.37A_v$               | <0.001       |
| $Stm_h=-0.649+0.548 \times B_h$                               | <0.001       |
| $Stm_v=-0.05-0.19ANS_h-0.26Pg_h+0.18U_{1v}-0.43Pg_v+0.59Me_v$ | <0.001       |
| $Li_h=0.40+0.63L_{1h}-0.22Me_h$                               | <0.001       |
| $Liv=0.41+0.24Me_h+0.42A_v-0.41Pg_v+0.58 Me_v$                | <0.001       |
| $B'_h=-0.54+0.46L_{1h}-0.41Me_h+Pg_v$                         | <0.001       |
| $B'_v=-0.75-0.31U_{1h}+0.63Pg_h+0.78Me_h+0.78Me_v$            | <0.001       |
| $Pg'_h=0.20-0.42ANS_h+0.92Pg_h$                               | <0.001       |
| $Pg'_v=-0.21+0.18Me_h+0.45Liv$                                | <0.001       |
| $Me'_h=0.36+1.02Pg_h-0.21A_v$                                 | <0.001       |
| $Me'_v=-0.51+0.21L_{1h}+0.19Me_h+0.25Pg_v+0.55 Me_v$          | <0.001       |

h : horizontal change, v : vertical change

Table 15. Multiple Stepwise Regression Equation of Group 4

| Regression equation  | Significance |
|--|--------------|
| $Pn_h=0.77+0.26U_{1h}-0.07Pg_v$                                | <0.001       |
| $Pn_v=-0.4-0.32A_v+0.57U_{1v}+0.32Pg_v-0.32Me_v$               | <0.001       |
| $Sn_h=0.74+0.44A_h-0.33ANS_v-0.09Pg_v$                         | <0.001       |
| $Sn_v=-0.15+0.19ANS_h-0.29A_h+0.24U_{1v}+0.22P-0.20Me_v$       | <0.001       |
| $A'_h=0.48+0.67A_h+0.81Pg_h-0.57ANS_v+0.34U_{1v}-0.17Pg_v$     | <0.001       |
| $A'_v=0.49-0.99ANS_v+0.44A_v+0.70U_{1v}$                       | <0.001       |
| $Ls_h=-0.65+0.27A_h+0.35U_{1h}+0.20Pg_h-0.20Me_v$              | <0.001       |
| $Ls_v=0.76+0.16Me_h-0.47ANS_v+0.26U_{1v}+0.19L_{1v}+0.09Pg_v$  | <0.001       |
| $Stm_h=-1.17+0.22L_{1h}-0.19Me_h-0.40Me_v$                     | <0.001       |
| $Stm_v=1.12-0.25L_{1h}+0.38L_{1v}$                             | <0.001       |
| $Li_h=-1.30-0.28ANS_h+0.40L_{1h}+0.36Pg_h-0.31Me_v$            | <0.001       |
| $Li_v=0.79+0.12Me_h+0.39L_{1v}$                                | <0.001       |
| $B'_h=-1.23+0.35L_{1h}-0.55Me_h+1.04ANS_v-0.42U_{1v}-0.42Me_v$ | <0.001       |
| $B'_v=1.01+0.63L_{1h}+0.56Me_h-0.50ANS_v+0.55Me_v$             | <0.001       |
| $Pg'_h=0.46+1.12Pg_h-0.18Pg_v$                                 | <0.001       |
| $Pg'_v=-1.22+0.29Me_h+0.54Pg_v$                                | <0.001       |
| $Me'_h=0.64+0.30Pg_h-0.68Me_h$                                 | <0.001       |
| $Me'_v=0.68-0.21A_h+0.42Pg_h+0.43Me_h+0.66Me_v$                | <0.001       |

h : horizontal change, v : vertical change



#### IV. 총괄 및 고찰

본 연구에서 네가지 수술에 따른 연조직 변화를 경조직 변화에 대한 연조직 변화의 비율로 산출하였을 때 수술방법에 따라 다소 다른 양상을 보였다. 상순 및 코의 연조직 변화는 하악 수술군(1, 2군)에서는 거의 변화가 없었으며, 양악수술군들(3군, 4군)에서 비슷한 변화율을 보였고, 하순 및 턱의 연조직변화는 수술방법에 상관없이 모두 상관성이 있으며 비슷한 변화율을 나타냈으나, 수직적으로는 군에 따라 유의성 있게 대응되는 항목이 다양하고, 수평적인 면에 비해 상관성이 낮으며 큰 범위의 변화율을 나타냈다.

Pn의 변화양상에 관해서는 상악골이 전상방으로 이동됨에 따라 Pn도 전상방으로 이동된다는 정도로만 알려져 있는데, Bell<sup>31</sup>은 상악골 전방이동시 Pn가 7:2의 비로 전방이동함을, Radney와 Jacobson<sup>32</sup>은 상악골 전상방이동시 6:1의 비율로 상방이동됨을 보고하였으며, Carloti 등<sup>19</sup>은 상악골의 전방이동에 따라 Pn가 상방 및 전방으로 이동되었으나 그 상관관계는 알 수 없다 하였고, 최와 박<sup>21</sup>의 연구에서도 군마다 매우 큰 변이(38~52%)를 나타내고 있었다. 본 연구에서 3, 4군의 Pn은 모두 A point와 각기 수평적으로 0.50과 0.65의 중등도의 상관관계를 나타냈으며 수평적 변화율은 3군 36%, 4군 39%로 Bell<sup>31</sup>과 비슷하게 나타났으나, 수직적으로는 유의성 있는 상관관계를 나타내는 경조직을 구하지 못하였다.

Sn의 변화율은 상악전치에 대해 Radney와 Jacobson<sup>32</sup>은 33%, Carloti 등<sup>19</sup>은 67%로 보고하였으며 A점의 변화에 대해 Rosen<sup>33</sup>은 상방이동시 51%로 수평변화한다고 하였다. 한편 국내에서는 최와 윤<sup>34</sup>이 상악골 전방이동시 Sn의 수평변화율이 54%, 수직 변화율이 15%라고 하였다. 본 연구에서는 A에 대한 Sn'의 수평 수직 변화율은 각기 3군(54%, 43%), 4군(57%, 31%)에서 수평적으로는 유사하게 나타나서 선학들과 비슷한 비율을 나타냈다.<sup>33,34</sup> 하지만 수직적으로는 두 군간에 다소의 차이를 나타냈다.

상악골 전방이동에 따른 A에 대한 A'이동에 대해 Dann 등<sup>17</sup>과 Freihofer<sup>35</sup>, Araujo 등<sup>36</sup>, Mansour 등<sup>18</sup>, Rosen<sup>33</sup>은 0.4:1~0.8:1의 다양한 결과가 나타난다고 하

였다. 이렇게 변화율이 다양한 이유는 첫째 Le Fort I 수술동안 상악골 구조물 특히 ANS가 제거될 수 있어 연조직대 경조직의 이동비율과 상관관계를 감소시킬 수 있으며, 둘째 Sn이 상악골과 비저의 경조직과 연조직의 junction 부위에 위치하여 단단히 부착되어 있어 수평적으로나 수직적으로의 비례적인 이동을 방해하기 때문이다. 이에 Schendel과 Williamson<sup>37</sup>, Carlotti 등<sup>19</sup>은 V-Y 봉합이나 비저부의 cinch suture가 경조직대 연조직의 이동비율을 0.9로 한다고 하였다. 본 연구에서는 3, 4군에서 A에 대해 수평적으로 0.73의 중등도의 상관관계를 나타내면서 수직적으로는 4군에서 0.38의 낮은 상관관계를 나타냈다. A에 대한 수평비율은 64~67%로 다른 연구와 비슷한 결과를 나타냈다.<sup>25</sup>

상악골 이동후에 야기되는 상순의 변화에 대해 Dann 등과<sup>17</sup> Carlotti 등<sup>19</sup>은 상순의 두께는 약 2mm 감소하고 길이는 약 2mm 증가한다고 하였다. 그러나 Mansour 등<sup>18</sup>은 상악골 수술후 오히려 상순의 길이가 어느정도 감소되며 감소량은 수술시 봉합방법과 술후의 상악 전치 위치등에 영향을 받는다고 하였다. 본 연구에서 하악 수술군들(1군, 2군)에서는 수술후 하악전치로 인하여 인장력을 받던 상순이 인장력이 감소하여 상순길이가 증가하고 후방으로 이동하였으나 경조직과 유의성 있는 상관관계를 나타내지 않았다. 양악 수술군들(3군, 4군)에서는 상순은 전후방적으로는 유의성 있는 변화를 나타내지 않고 수직적으로만 하방이동을 나타냈는데, 이는 3, 4군의 상악골 후부 상방이동술시 U1의 미미한 전방이동(1.5~1.9mm)과 하악의 후방이동에 의한 상순의 후방이동 효과가 상쇄되면서 나타난 것으로 추측된다. 변화율은 U1에 대해 Ls가 3군과 4군에서 수평적으로 0.7 정도의 상관관계를 나타내면서 각기 52%와 49%로 변화하였고, 수직적으로는 3군에서만 A와 0.53의 상관관계를 나타내면서 37%의 변화율을 나타냈다.

L1에 대한 Stm의 수평 변화율은 1군과 2군은 60%, 3군과 4군은 50%를 나타내어 양악수술군들(3, 4군)에 비해 하악수술군들(1, 2군)에서 다소 큰 변화율을 나타냈는데, 이또한 양악수술시 상악 전치의 전방 이동에 의해 하악골의 후방이동에 의한 Stm의 후방이동양 효과가 상쇄되기 때문으로 보인다.

하순의 이동에 대해서는 Hershey와 Smith<sup>7</sup>, Lines와 Steinhauser<sup>11</sup>가 60~75%의 비율을 나타낸다고 하였으나, 본 연구에서는 Li가 L1에 대해 수평적으로 0.8~

0.95의 높은 상관관계를 나타내면서 네 군 모두 90% 전후의 높은 수평이동 비율을 나타냈다. Li의 후방이동양은 2군이 1, 3, 4군보다 더 컸는데( $p < 0.001$ ), 이는 L1의 후방이동양이 2군이 가장 컸기 때문인 것으로 보인다. 반면에 수직적으로는 4군에서만 L1에 대해 유의성 있는 상관관계를 얻을 수 있었다.

Hershey와 Smith<sup>7</sup>는 Pg에 대한 Pg'과 B에 대한 B'이 80%의 비율로 변화한다고 하였으며, Robinson 등<sup>8</sup>도 B에 대해 B'이 수평적으로 95% 수직적으로 85% 변화되었다고 하였다. Lines와 Steinhauser<sup>11</sup>는 경조직과 연조직이 거의 1:1의 비율로 변화되었다고 하였으며 Pg에 대한 Pg'은 수평적으로 95% 수직적으로 85% 변화되었다고 하였다. 본 연구에서는 네 군 모두 B'이 B에 대해 수평적으로 0.84 이상의 높은 상관관계를 나타내면서 변화율은 90%에 유사한 값을 나타낸 반면에, 수직적으로는 3군과 4군에서 0.61, 0.47의 중등도 이하의 상대적으로 낮은 상관관계를 나타냈고 변화율도 32%와 36%로 수평적인 변화율에 비해 낮은 변화율을 나타냈다. Pg'과 Me'은 수평적으로 네 군 모두에서 각기 Pg, Me과 0.8~0.97의 높은 상관관계를 나타내면서 이동 비율도 90~100%로 군간 차이는 작으면서 매우 높은 비를 나타냈으나, 수직적으로는 0.63~0.88의 수평적인 변화량에 비해 상대적으로 낮은 상관관계를 나타내면서 이동비율도 64%이하의 낮은 이동비율도 다양한 변화율을 나타냈다.

치아와 골격조직의 이동이 연조직에 미치는 변화는 많은 연구에서 언급되었으나 결과가 다양하여 혼돈을 초래하는 경향이 있다. 이러한 다양성이 나타나는 이유는 연구대상 선택의 차이뿐 아니라 우선적으로, 개인별로 가지고 있는 연조직의 고유한 특징이 다르기 때문이라고 볼 수 있는데 연조직의 해부학적, 조직학적 구성의 차이, 개인의 adapted muscle tonicity의 차이 등을 들 수 있고 이러한 개인차를 측모두부 방사선 사진만으로 분석하기는 어렵다. 이에 본 연구에서는 경조직 이동에 대한 연조직 이동의 예측을 좀 더 정확히 하고자 네 군에서 각기 다단계 회귀방정식을 구하였다(Table 15, 16, 17, 18). 1군과 2군에서 Stm, Li, B', Pg', Me'의 수평, 수직적인 이동에 대한 회귀방정식을 구할 수 있었으며 1군은 Ls의 수직적인 이동에 대해서도 구할 수 있었다. 3군에서는 Pn, A'의 수직적인 면을 제외한 모든 연조직 변화량에 대한 유의성 있는 회귀방정식을 구할 수 있었으며 4군

에서는 모든 연조직에 대한 유의성있는 회귀방정식을 구할 수 있었다. 이를 통하여 각 군에서 보다 정확한 연조직 변화를 측정하여 예측할 수 있으리라 생각되며 더 나아가 Computer program에 응용할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 이와 유사한 주제를 다룬 연구들과 비교할 때 큰 차이점을 발견할 수는 없었다. 하지만 현 시점에서 골격성 III급 부정교합자에게 일반적으로 많이 행해지는 네가지 수술방법에 의한 연조직 변화를 보는 것에 의미가 있다 생각한다. 앞으로는 환자의 술전 술후 안모변화의 simulation에 대한 기대가 커지므로 환자의 정모 사진과 PA를 이용한 안모 width 변화와, 3D CT등을 이용한 3차원적인 변화를 비교하는 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결론

골격성 제 III급 부정교합으로 진단되어 악교정수술을 받은 환자를 수술 부위에 따라 하악수술군(1군), 이부성형술을 동반한 하악수술군(2군), 양악수술군(3군), 이부성형술을 동반한 양악수술군(4군)으로 나누어 술전과 술후 경조직 변화에 따른 안모 연조직 변화를 수직적 수평적으로 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전반적으로 경조직 이동에 대한 연조직의 수평적인 변화는 높은 상관관계와 비슷한 변화율을 나타냈다.
2. 수직적인 변화는 군마다 유의성 있게 대응되는 연조직과 경조직 부위가 다양하였고, 상관관계와 변화율도 수평적인 변화에 비해 낮게 나타났다.
3. 상악 연조직( $P_n$ ,  $S_n$ ,  $A'$ )의 변화는 3군과 4군에서 수평적으로  $A$ 에 대해  $P_n$ 은 36~39%,  $S_n$ 은 54~57%,  $A'$ 는 64~67%의 변화를 나타냈다.
4. 상순( $L_s$ )은 양악수술군(3, 4군)에서 수평적으로  $U_1$ 에 대해 49~52%의 변화를 나타냈으며, 하악수술군(1, 2군)에서는 후하방 이동을 나타냈으나 유의성 있게 대응되는 경조직 점은 없었다.
5.  $L_1$ 에 대한  $St_m$ 의 수평적인 변화율은 하악수술군(1, 2군)이 60%, 양악수술군(3, 4군)은 50%로 나타났다.
6. 하순( $L_i$ )과 하악 연조직( $B'$ ,  $Pg'$ ,  $Me'$ )의 수평적인 변화는 네 군 모두에서 0.85 이상의 높은 상관관계를 나타내면서 90~100%의 비교적 일정한 변화율을 나타냈다.
7. 네 군에서 경조직 변화에 대한 연조직 변화의 다단계 회귀방정식을 구하였다.

위에서 구한 경조직 변화에 대한 연조직 변화의 비율과 다단계 회귀방정식을 이용하여 경조직 변화에 대한 연조직 변화를 예측할 수 있을 것이며, 이를 video imaging computer program에 응용할 수 있을 것으로 기대한다.

## 참고문헌

1. Laufer D, Glick D, Gutman D, Sharon A. 1976. Patient motivation and response to surgical correction prognathism. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology.* 41:309-13
2. Kiyak HA, West RA, Hohl T, Mcneil RW. 1982. The psychological impact of orthognatic surgery : a 9-month follow-up. *Am J Orthod.* 81:404-12
3. Jacobson A. 1984. Psychological aspects of dentofacial esthetics and orthognatic surgery. *Angle Orthod.* 54:18-35
4. Proffit WR, White Jr. R P. 1990. Who needs surgical orthodontic treatment? *International Journal of Adult Orthodontics and Orthognatic Surgery.* 5:81-89
5. Burstone CJ, James PB, Legan H, Murphy GA, Norton L. 1978. Cephalometric for orthognatic surgery. *J Oral Surg.* 36:269-77
6. Ricketts RM. 1968. Eshetics, environment and the law of the lip relation. *Am J Orthod.* 54:272-89
7. Hershey HC, Smith LH. 1974. Soft tissue profile change associated with surgical correction of the prognathic mandible. *Am J Orthd.* 65:483-502
8. Robinson WW, Speidel TM, Issacson RJ, Worms TW. 1971. Soft tissue profile change produced by reduction of mandibular prognathism. *Angle Orthod.* 41:227-35
9. Fromm B, Lundberg M. 1991. The soft tissue facial profile before and after surgical correction of mandibular setback osteotomy. *Am J Orthod.* 100:312-23
10. Bjork N, Elliason S, Wictorin L. 1971. Changes of facial profile after surgical treatment of mandibular protrusion. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 5:41-46

11. Lines PA, Steinhauser EW. 1974. Soft tissue changes in relation to movement of hard structure in orthognatic surgery. *J Oral Surg.* 32:891-6.
12. Kajikawa Y. 1979. Changes in soft tissue profile after surgical correction of skeletal Class III malocclusion. *J Oral Maxillofac Surg.* 37:167-74
13. Gjorup H, Athanasiou AE. 1993. Soft tissue and dentofacial profile changes associated with mandibular setback osteotomy. *Am J Orthod.* 104:544-55
14. Fanibunda KB. 1989. Changes in the facial profile following correction for mandibular prognathism. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 27(4):277-86
15. 기화영, 이충국. 1984. 하악전돌증의 악교정 수술후 안면 연조직 변화에 관한 연구. *대구외과지.* 10:229-239
16. 김여갑. 1987. 악교정 수술시 경조직 변화에 따른 연조직 변화에 관한 연구. *대치협회지,* 25:81-91
17. Dann JJ III, Fonesca RJ, Bell WH. 1976. Soft tissue changes associated with total maxillary advancement : a preliminary study. *J Oral Surg.* 34:19-23
18. Mansour S, Burstone C, Lega H. 1993. An evaluation of soft tissue changes resulting from Lefort I maxillary surgery. *Am J Orthod.* 84:33-47
19. Carlotti AE. Aschaffenburg PH, Schendel SA. 1986. Facial changes associated with surgical advancement of the lip and maxilla. *J Oral Maxillofac Surg.* 44:593-6
20. Stella JP, Streater MR, Epker BN, Sinn DP. 1989. Predictability of upper lip soft tissue changes with maillary advancement. *J Oral Maxillofac Surg.* 47:697-703
21. 최진호, 박형식. 1992. 한국인의 악교정수술후 상악골 이동에 따른 연조직 변화에 관한 연구. *대구외과지.* 18(3):31-43
22. Alan C. Jensen, Peter M. Sinclair, Larry M. Wolford. 1992. Soft tissue change associated with double jaw surgery. *Am J Orthod.* 101(3):266-275
23. Shiu-Shing Lin, W. John S. Kerr. 1988. Soft and hard tissue changes in

- Class III patients treated by maxillary surgery. *European J Orthod.* 20:25-33
24. 이충국, 박영철. 1990. 하악 전돌증으로 인한 악교정수술후의 안면 연조직 변화 예측을 위한 컴퓨터 프로그램. *대구외과지.* 16(3):15-21
  25. 조은정, 양원식. 1996. 골격성 제Ⅲ급 부정교합자의 양악수술 후 연조직 변화의 평가. *대치교정지.* 26:1-16.
  26. Hyoung-Seon Baik, Hee-Kyung Han, Dong-Jun Kim. 2000. Cephalometric characteristics of Korean Class III surgical patients and their relationship to plans for surgical treatment. *Int J Adult Orthod.* 15:119-128
  27. Hing NR. 1989 The accuracy of computer generated prediction tracing. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 34:980-92
  28. Upton PM. 1994. Evaluation of video imaging prediction in combined maxillary and mandibular orthognatic surgery. *Am J Orthod.* 106:451-9
  29. Peter M. Sinclair, Pauli Kipelainen, Ceib Phillips, Raymond P. White Jr, Lyna Rogers, David M Saver. 1995. The accuracy of video imaging in orthognatic surgery. *Am J Orthod.* 107:177-85
  30. Denis KL, Spiedel TM.. 1987. Comparison of 3 methods. *Am J Orthod.* 92:396-402
  31. Bell WH, Dann JJ. 1973. Correction of dentofacial defprmities by surgery in the anterior part of the jaw : a study of stability of stability and soft tissue changes. *Am J Orthod.* 64:162-87
  32. Radney LJ, Jacobson JD. 1981. Soft tissue changes associate with surgical total maxillary intrusion. *Am J Ortohd.* 80:191-212
  33. Rosen HM. 1988. Lip-nasal Aesthetics following Lefort I osteotomy. *Plastic and reconstruction surgery.* 81:171-82
  34. 최병호, 윤중호. 1991. Le Fort I 골절단술에 의한 악교정 수술 후 연조직 변화에 관한 연구 연세 치대논문집 3(1):37-43
  35. Freihofer HPM. 1976. The lip profile after correction of retromaxillaism in



- cleft and non cleft-palate patients. *J Maxillofac Surg.* 4:136-41
36. Araujo A, Schendel SA, Wolford LM, Epker BN. 1978. Total maxillary advancement with and without bone grafting. *J Oral Surg.* 36:849-858
37. Schendel SA, Williamson LW. 1983. Muscle reorientation following superior repositioning of the maxilla. *J Oral Maxillofac Surg.* 41:235-40

## ABSTRACT

# A study on the facial profile change of skeletal Class III according to the orthognathic surgery

Choon-Sik Yang

Department of Dentistry, The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Won-You Lee, D.D.S., M.S.D., Ph. D.)

The purpose of this study was to evaluate the differences in the amount and interrelationship of hard and soft tissue changes in vertical and transverse dimensions according to the orthognathic surgery performed on skeletal class III patients. Skeletal class III patients were divided into 4 groups. Group 1 was composed of patients who had mandibular surgery, group 2 received mandibular surgery and genioplasty, group 3 had double jaw surgery performed, and group 4 was treated with double jaw surgery and genioplasty.

The results were as follows :

1. In the horizontal dimension, the soft tissue changes corresponding to the changes in the hard tissues had high correlation coefficients and similar % changes.
2. In vertical dimension changes, the hard and soft tissues that were significantly correlated in each group were various, and the correlation coefficients and % changes were lower and more various than in the horizontal dimensions.

3. The maxillary hard tissues(Pn, Sn, A') were changed as : Pn to A 36~39%, Sn to A 54~57%, A' to A 64~67%.
4. Ls in group 3 and 4 was changed to U1 49~52%, whereas in group 1 and 2 it changed in the backward and downward direction but had no significant correlations with the hard tissues.
5. The horizontal changes of Stm to L1 were 60% in the single jaw surgery groups(group 1, 2) and 50% in the double jaw surgery groups(group 3, 4).
6. The horizontal changes of the lower lip and chin had high correlation coefficients( $\gamma > 0.85$ ) and were relatively constant ranging 90~100%.
7. In the four groups, multiple stepwise regression equations were made of the soft tissue changes corresponding to the changes in the hard tissues.

The predictions of the soft tissue outcome can be obtained using the above % changes and equations, and these may be applied to video imaging programs.

---

key words : mandibular surgery, double jaw surgery, genioplasty,  
soft tissue changes, prediction of soft tissue changes