브라켓의 접착 전후 입술 주위 연조직의 3차원적 변화

이원제[a] · 이기준[b] · 유형석[c] · 백형선[c]

브라켓의 접착에 의한 입술 주위 연조직의 변화를 평가하기 위하여 심한 골격적 부조화가 존재하지 않는 18세 이상, 29세 미만의 성인 환자 중 포괄적 교정 치료를 위하여 상, 하악 치아의 순측에 브라켓을 접착한 45명을 대상으로 3차원 레이저 스캐너를 이용하여 브라켓의 접착 직전과 직후의 3차원 입체 영상을 획득하였다. 브라켓의 접착 전후 입술 및 입술 주위 연조직의 변화를 3차원 좌표계 상에서 분석하였다. 3차원 변화량(distance: 동일 계측점 간의 변화에 대한 최단 거리)에서 유의성을 보인 모든 계측점에서 전방 변화량이 가장 크게 나타났으며, 측면 계측점들은 측방으로 유의성 있는 변화가 나타났다. 상순의 계측점들은 상방으로, 하순의 계측점들과 B'는 하방으로 유의성 있는 변화가 나타났다. 하순의 Li (labrale inferius)에서 1.39 mm로 가장 큰 변화가 나타났고 ($p < 0.01$), Li Rt (labrale inferius right), Li Lt (labrale inferius left)에서 1.15 mm, 1.09 mm의 변화가 나타났다 ($p < 0.01$). 상순의 양측 ULP (upper lip point), Ls (labrale superius), Ls Rt (labrale superius right), Ls Lt (labrale superius left)에서 0.81 mm, 0.85 mm, 0.82 mm, 0.97 mm, 0.92 mm의 변화를 보여 ($p < 0.01$), 하순에 비하여 상순의 변화가 작게 나타났다. 양측 Ch (cheilion)과 Stm (stomion)에서 1.17 mm, 1.16 mm, 1.02 mm ($p < 0.01$), Sn (subnasale)와 B' (soft tissue B point)에서 0.46 mm, 0.63 mm ($p < 0.01$, $p < 0.05$)의 변화가 나타났다. 브라켓의 종류에 따른 연조직 변화량은 차이가 나타나지 않았다. 이상의 결과는 성인 교정 환자에서 브라켓의 접착에 의한 입술 및 입술 주위 연조직 변화의 예측에 참고 자료가 될 것이다. (**대치교정지** 2011;41(6):411-422)

주요 단어: 3차원 레이저 스캐너, 브라켓, 입술 및 입술 주위 연조직

서론

교정치료의 목적은 치아와 악골을 포함한 경조직 관계의 개선을 통하여 기능과 심미성을 회복하고 치료 결과를 유지하는 것이다. 궁극적으로 안모는 연조직을 통하여 표현되므로 교정의와 환자는 교정 치료 전후의 입술과 입술 주위 연조직의 변화에 큰 관심을 갖게 된다. 오늘날 환자의 심미적인 요구는 교정 치료 후 뿐만 아니라 교정 치료를 받고 있는 과정도 포함하여, 성인 환자들은 순측 브라켓에 의한 입술의 돌출에도 신경을 쓰고 있다. Kim 등[1]에 의하면 입술의 돌출이 클수록 일반인들이 입술의 변화를 인지하는 비율이 증가하며, 측모에서 상, 하순이 1 mm 돌출되었을 때 일반인의 40%가 변화를 인지하였고, 관찰자들에게 상, 하순의 위치 변화가 있었다는 정보를 제공한 후에는 일반인의 62.5%가 변화를 인지하였다고 하였다. 이와 같이 일반인들도 상대적으로 작은 양의 입술 돌출을 인지할 수 있다.

교정치료의 개념이 Angle의 패러다임에서 연조직 패러다임으로 전환되면서 많은 연구들이 경조직 뿐만 아니라 연조직 변화에 대해서도 관심을 가져왔지만, 연조직 변화에 대한 연구의 대부분이 측모 두부방사선사진으로 평가되어 왔다.[2,3] 측모 두부방사선사진은 3차원 입체 구조물인 두개안면부를 2차원 평면에 투영하기 때문에 길이, 각도, 형태의 왜곡현상이 일어나며, 골조직과의 중첩으로 인해 안면 정중구조물의 연조직 변화만 관찰이 가능하고 수평면 상에서의 변화를 볼 수 없다는 한계점을 갖고 있

[a]전공의, 연세대학교 치과대학 교정학교실.
[b]부교수, [c]교수, 연세대학교 치과대학 교정학교실, 두개안면기형 연구소.
교신저자: 백형선.
서울시 서대문구 성산로 250 연세대학교 치과대학 교정학교실.
02-2228-3102; e-mail, baik@yuhs.ac.
원고접수일: 2011년 3월 8일 / 원고최종수정일: 2011년 9월 27일 / 원고채택일: 2011년 9월 30일.
http://dx.doi.org/10.4041/kjod.2011.41.6.411
*본 연구는 2009년 연세대학교 치과대학 학술 연구비에 의해서 이루어짐.

다.

선학들은 두개안면부를 3차원으로 분석하기 위한 다양한 방법을 개발하였다. 두 장의 정모와 측모 두부방사선사진을 이용한 stereocephalometry[4,5]는 시간이 오래 걸리며 중첩의 기준점을 잡기가 어렵고 정량적인 분석이 불가능하다는 단점 때문에 임상 적용이 어려웠다. Moiré strips는 부드러운 곡면 구조에만 적용이 용이하여 얼굴과 같이 복잡한 구조에 적용할 때 오차가 발생하며,[6] 두부자세가 조금만 변해도 fringe pattern에 변화가 생겨서 영상에 차이가 생기는 문제점이 있다.[7] Stereophotogrammetry는 안면의 정확한 3차원 기록이 가능하고 짧은 시간 내에 3차원 영상을 채득할 수 있으나 조명의 방향과 광량에 따라 영상의 정확도에 차이가 있을 수 있다.[8] 3D CT는 방사선 조사량이 많아 성장기 환자에게 반복적인 촬영을 하기 어려우며 안면 연조직의 색상과 질감의 표현이 불가능하다.[6-10] 최근 들어 사용이 증가한 cone beam CT도 방사선 조사량을 줄였지만 촬영 범위(field of view)가 작아 두개안면 영역 전체를 담지 못하는 것이 대부분이다. 3차원 레이저 스캐너는 인체에 무해한 type II 레이저를 이용하여 방사선 조사의 위험이 없고, 2.5초 이내에 0.05 mm 이하의 오차로 안면 연조직의 색상과 질감을 정확히 나타낼 수 있으며 스캐닝 후, 관련 software상에서 3차원 영상을 즉시 재구성할 수 있으므로 연조직 분석과 평가에 적용이 용이하다.[6,11-16]

교정 치료 시 나타나는 측모 변화에 대한 기존의 많은 연구들이 보고되었으나, 이러한 연구의 대부분은 상, 하악 전치의 후방 이동량에 따른 입술의 변화에 대한 연구들이다. Lee 등[2]은 브라켓의 제거에 따른 입술과 입술 주위 연조직의 변화에 대하여 보고하였지만 브라켓의 접착에 의한 입술과 입술 주위 연조직의 변화에 대한 연구는 미비한 실정이다. 교정의는 치료 계획의 수립 및 상담 시에 환자에게 근거 있는 정보를 제공하여야 하므로 브라켓의 접착에 의한 연조직의 변화에 대한 자료들이 요구된다.

이에 본 연구에서는 성인 환자의 포괄적 교정치료를 위하여 상, 하악 치아의 순면에 브라켓을 접착한 환자를 대상으로, 3차원 레이저 스캐너를 이용하여 브라켓의 접착 전후 입술 및 입술 주위 연조직 변화를 분석하였다.

Table 1. The initial cephalometric and clinical measurements of 45 subjects

Variables	Mean	SD
Overjet (mm)	2.8	2.29
Overbite (mm)	2.0	2.06
ANB (°)	3.5	2.44
Wits (mm)	−0.5	3.30
U1 to SN (°)	107.5	8.40
IMPA (°)	95.4	7.56
ALD (Mx, mm)	2.4	3.28
ALD (Mn, mm)	2.1	2.54

SD, Standard deviation; ALD, arch length discrepancy.

연구방법

연구대상

연세대학교 치과대학 부속 병원 교정과에 내원한 18세 이상, 29세 미만의 환자 중 포괄적 교정치료를 위하여 상, 하악 치아의 순면에 브라켓을 접착한 환자 중에서 구순구개열 및 기타 두개안면증후군의 증상이 없으며 안면비대칭 등 심한 골격적 부조화가 존재하지 않는 자(ANB: 0.3 - 4.2°)를 대상으로 하였다. 또한 lip incompetency가 크거나 전치부 반대 교합이 있는 환자는 연구대상에서 제외하였다.

연구대상은 총 45명(남자 19명, 여자 26명)으로 치료 시작 평균 나이는 21.6세(18.7 - 29.5세)이며 주요 측모 두부방사선사진 및 치아모형 계측치는 Table 1과 같다.

연구방법

브라켓 접착

숙련된 교정의가 임상 치관 장축의 중점을 기준으로 전체 치열과 개개의 치아 상태를 고려하여 브라켓의 접착을 시행하였다. 사용된 브라켓의 종류

Table 2. The height and width of the upper central incisor brackets (mm)

Types of bracket	Height	Width	Number of patients
Micro-arch®	1.60	3.44	11
Crystaline®MB	2.07	3.65	13
Damon 3™	2.50	2.75	12
SPEED™	2.30	2.27	9

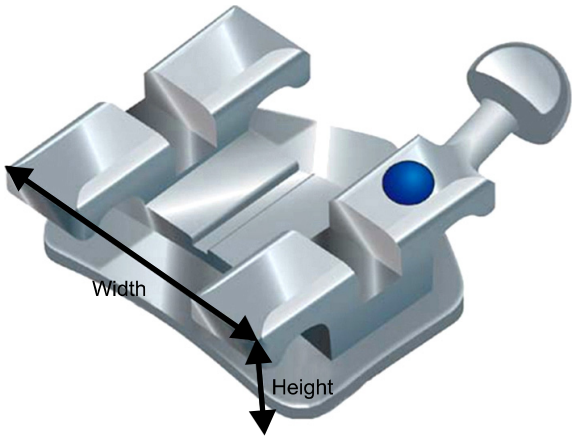


Fig 1. Bracket width and height.

는 metal (MicroArch, Tomy Inc., Tokyo, Japan), ceramic (Crystaline MB, Tomy Inc., Tokyo, Japan), Damon 3 (Ormco, CA, USA), SPEED System (TM) (Strite industries Ltd., Ontario, Canada)였으며 각 브라켓의 종류에 따른 두께(height) 및 폭(width)은 Table 2와 같다 (Fig 1).

3차원 레이저 스캔 촬영 방법

3차원 레이저 스캔은 Vivid 900 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan) laser scanner를 이용하였으며, 연구대상자는 중심위 상태에서 입술을 자연스럽게 이완한 상태로 브라켓의 접착 직전과 브라

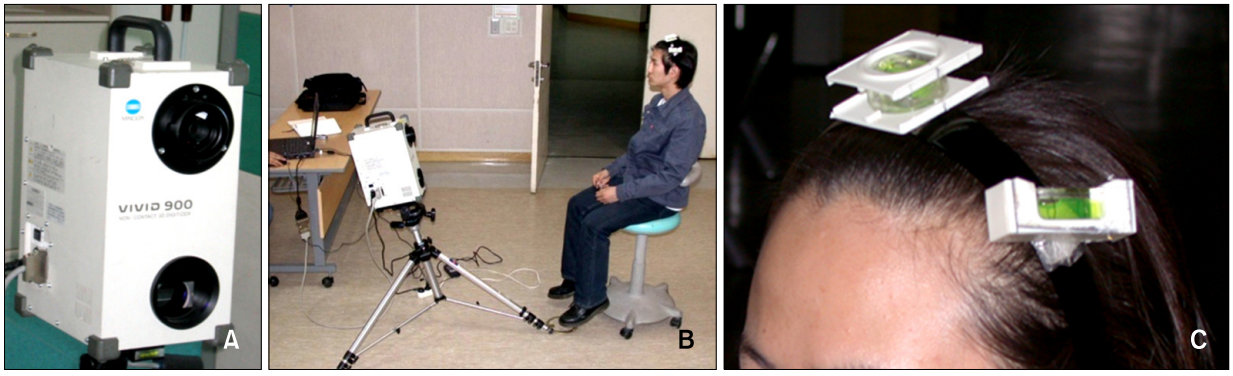


Fig 2. A, VIVID 900 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan) laser scanner; **B, C**, Procedure for orienting the patient's posture by using 2 spirit levels attached to a plastic hair band.

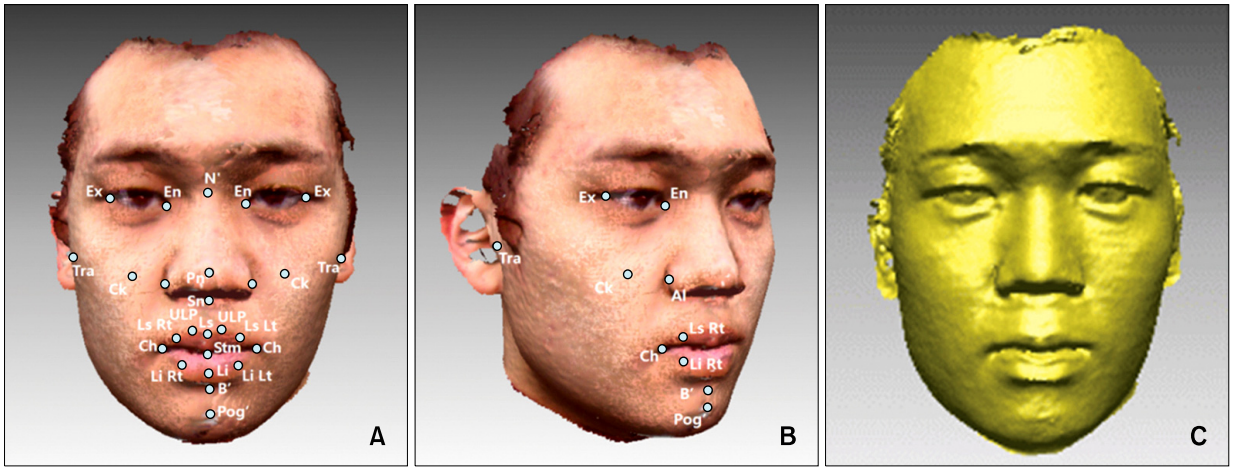


Fig 3. Soft tissue landmarks. **A, B**, 3-D laser scanning images (texture mode); **C**, 3-D laser scanning image (vertex mode). N', Soft tissue nasion; Ex, exocanthion; En, endocanthion; Ala, nasal ala; Pn, pronasale; Sn, subnasale; ULP, upper lip point; Ls, labrale superius; Ls Rt, labrale superius right; Ls Lt, labrale superius left; Ch, cheilion; Stm, stomion; Li, labrale inferius; Li Rt, labrale inferius right; Li Lt, labrale inferius left; B', soft tissue B point; Pog', soft tissue pogonion; Tra, tragus; CK, cheek point.

켓의 접착 직후에 스캔 촬영을 시행하였다 (Fig 2). 연구대상자들에게 촬영 당일 안면에 부종을 일으킬 수 있는 야식과 음주 등을 피하고 짙은 화장을 하지 말 것을 촬영 전에 주지시켰다.[14]

3차원 레이저 스캔 촬영은 연구대상자를 촬영장 내에서 가볍게 걷게한 후, 선 자세로 거울을 정면에서 보고 거울 속 자신의 눈동자를 응시하도록 하여 자연스러운 두부 자세(natural head position)를 정하고, 두부에 착용한 플라스틱 헤어 밴드의 두부정과 측방에 2개의 알코올 수준기를 부착하여 좌우와 전후방 기울기를 각각 기록하고 두부 자세를 재현하였다. 연구대상자를 회전의자에 앉히고 정면과 오른쪽 45도 측방, 왼쪽 45도 측방의 세 방향에서 스캔 촬영을 시행하여 안면부의 3차원 영상을 얻었다.[14]

안면부 연조직의 3차원 영상 재구성

촬영된 각각의 3차원 레이저 스캐닝 영상은 Rapidform 2006 (Inus Technology Inc., Seoul, Korea)을 이용하여 개인용 컴퓨터로 전송되고 정면, 오른쪽 45도 측방, 왼쪽 45도 측방에서 스캔된 3차원 영상은 merging 과정을 통하여 하나의 3차원 입체 영상으로 재구성된다. 스캐닝된 영상은 피부의 질감과 색깔을 표현하는 texture mode와 그렇지 않은 vertex mode로 나타낼 수 있다 (Fig 3).

계측점의 3차원 좌표를 이용한 안면 연조직 분석

계측점의 지정 및 계측점의 좌표축별 변화량 측정

Rapidform 2006 프로그램상의 'Face analyzer'[15]를 이용하여 20개의 안면 연조직 계측점을 지정하고, soft tissue nasion을 원점으로 하는 기준축 상에서 3차원 입체 모델을 형성하였다 (Fig 3).

1) N' (soft tissue nasion): 이마와 코 사이의 가장 안쪽 점
2) Ex (exocanthion) Rt & Lt: 정면에서 보이는 외측 안각(양측성)
3) En (endocanthion) Rt & Lt: 정면에서 보이는 내측 안각(양측성)
4) Ala (nasal ala) Rt & Lt: 비익의 최외각점(양측성)
5) Pn (pronasale): 코의 최전방점
6) Sn (subnasale): 코와 상순이 연결되는 중간점이며 인중의 상부 꼭지점
7) ULP (upper lip point) Rt & Lt: 상순의 좌우 최상방점, 입술산의 꼭지점(양측성)
8) Ls (labrale superius): 상순의 최전방점
9) Ls Rt (labrale superius right): upper lip point (Rt)와 cheilion (Rt)의 중점
10) Ls Lt (labrale superius left): upper lip point (Lt)와 cheilion (Lt)의 중점
11) Ch (cheilion) Rt & Lt: 입꼬리의 끝점(양측성)
12) Stm (stomion): 상하순의 접점
13) Li (labrale inferius): 하순의 최전방점
14) Li Rt (labrale inferius right): labrale inferius와 cheilion (Rt)의 중점
15) Li Lt (labrale inferius left): labrale inferius와 cheilion (Lt)의 중점
16) B' (soft tissue B point): 이순구의 최심점
17) Pog' (soft tissue pogonion): 가장 전방으로 돌출된 턱끝점
18) Tra (tragus) Rt & Lt: 측면에서 보이는 귓구멍의 최전방점(양측성)
19) CK (cheek point) Rt & Lt: nasal ala-tragus 연결선과 exocanthion-cheilion 연결선의 교차점(양측성)

한 명의 술자가 각 환자의 연조직 계측점 20개를 2주 간격으로 2회에 걸쳐 지정하였으며, 각 계측점들은 (x, y, z)의 3차원 좌표로 표현되고 이는 Microsoft Excel 프로그램으로 송출된다.

기준 좌표축의 형성

Nasal ala (Rt)와 양측 tragus를 지나는 평면(Camper's plane)을 설정한 후, 좌우측 tragus를 연결한 축을 중심으로 Camper's plane을 7.5° 상방 회전한 평면(진성수평면)을 평행 이동하여 soft tissue nasion과 만나는 평면을 체축기준평면(axial reference plane)으로 지정하였다.[14] 체축기준평면에 수직이면서 soft tissue nasion과 좌우 tragus의 중점을 지나는 평면을 시상기준평면(sagittal reference plane)으로, 체축기준평면과 시상기준평면에 수직이면서 soft tissue nasion을 지나는 평면을 관상기준평면(coronal reference plane)으로 지정하였다.

체축기준평면은 X축, 관상기준평면은 Y축, 시상기준평면은 Z축이 되고, soft tissue nasion이 원점(0, 0, 0)이 되는 좌표계가 형성된다. 즉, 환자의 좌우는 X축(좌: +, 우: −), 상하는 Y축(상: +, 하: −), 전

후는 Z축(전: +, 후: −)으로 좌표축이 결정된다 (Fig 4).[14]

브라켓의 접착 전후 3차원 입체 영상의 중첩

좌우측 exocathion, 좌우측 endocanthion, soft tissue nasion의 5개 점과 이마의 넓은 면을 기준으로 fine register를 시행하면 브라켓의 접착 전후 각각의 개체로부터 하나의 좌표계를 가지는 중첩된 3차원 입체 영상을 얻을 수 있다 (Fig 5).[15]

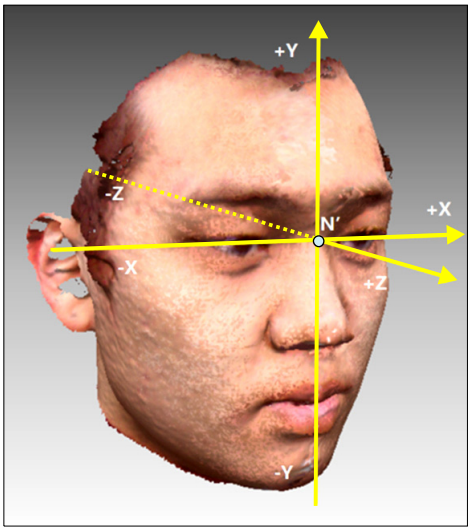


Fig 4. Coordinate system. X-axis, Left (+) and right (−); Y-axis, superior (+) and inferior (−); Z-axis, anterior (+) and posterior (−).

Color map 상에서 입술과 주위 연조직의 변화 측정

Rapidform 2006 프로그램을 이용하여 브라켓의 접착 전후 영상간의 편차(deviation)를 color map으로 나타낼 수 있다. Shell-to-shell deviation color map은 두 면(surface) 간의 편차(deviation)를 색깔로 표현하기 때문에 관찰자는 브라켓의 접착 전후 연조직의 변화 정도와 부위를 한눈에 알 수 있다.[15] Absolute color는 변화량의 절대값을 나타내며, signed color는 면(surface)의 전후 이동 방향에 따라 (+)와 (−)의 값으로 표현한다 (Fig 6).

계측치의 분석 및 통계 처리

계측된 자료들을 SAS 9.1 Ver (SAS Inc., NC, USA)을 이용하여 통계 처리하였다. Paired t-test를 이용하여 조사자 내 오차와 브라켓의 접착 전후 3차원 입체 영상에서 입술 및 주위 연조직 계측점의 X, Y, Z축 좌표의 변화량과 3차원 변화량(distance: 동일 계측점 간의 변화에 대한 최단 거리)을 구하고 브라켓의 접착 전후 차이에 대한 유의성을 검정하였다. 브라켓의 접착 전후 입술 및 주위 연조직 계측점의 변화율(distance/bracket height × 100 (%))을 브라켓의 종류에 따라 그룹을 나누어 Kruskal-Wallis test로 유의성을 검정하였다.

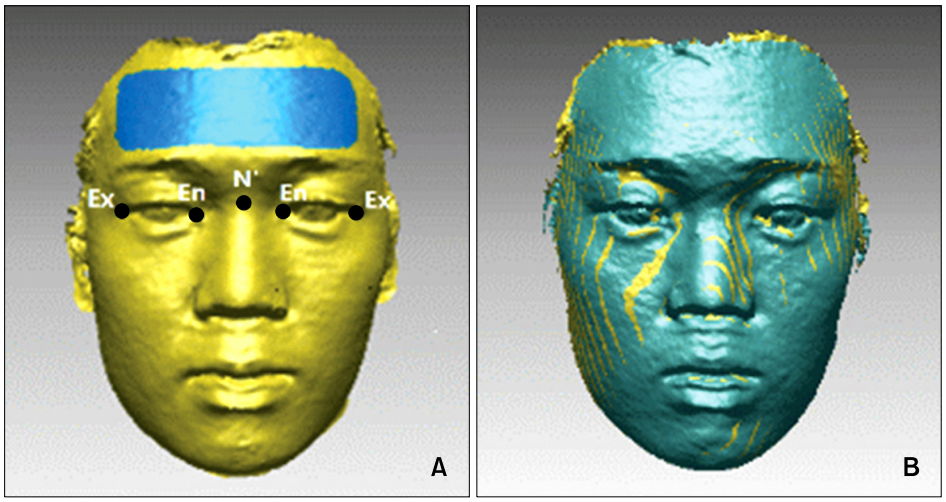


Fig 5. A, Markings on the forehead and the 5 reference points; **B**, registered 3-D images with 1 coordinate system. N', Soft tissue nasion; Ex, exocanthionl; En, endocanthion.

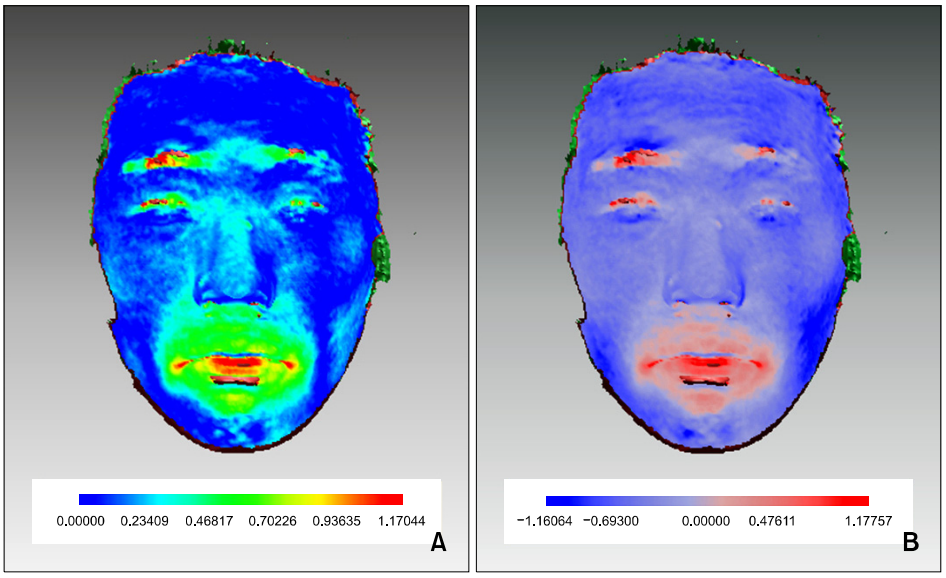


Fig 6. Shell-to-shell deviation. **A**, Absolute color (absolute value of the deviation); **B**, signed color (anterior movement [+], posterior movement [−]).

연구성적

조사자 내 오차 검정

임의로 10 sample을 선정하여 브라켓의 접착 전과 후의 계측점 선정과 계측항목의 계측치를 2주 간격으로 재측정하였을 때, paired t-test를 시행한 결과 유의한 차이가 없었다 ($p < 0.05$).

브라켓의 접착 전후 입술 및 주위 연조직 계측점의 3차원 좌표축에서의 변화량

Soft tissue nasion을 원점(0, 0, 0)으로 할 때, 브라켓의 접착 전후 입술 및 입술 주위 연조직 계측점의 3차원 좌표 변화 즉, X축(좌우 방향), Y축(상하 방향), Z축(전후 방향)에서의 변화량과 각 계측점의 3차원 변화량(distance: 동일 계측점 간의 변화에 대한 최단 거리)을 구하였다 (Table 3). 모든 계측점 중 Sn, ULP (Rt, Lt), Ls, Ls Rt, Ls Lt, Ch (Rt, Lt), Stm, Li, Li Rt, Li Lt, B'에서 유의성 있는 변화가 나타났다. 하순의 Li에서 1.39 mm로 가장 큰 변화가 나타났으며 ($p < 0.01$), Li Rt, Li Lt에서는 1.15 mm, 1.09 mm의 변화를 보였다 ($p < 0.01$). 상순의 ULP (Rt, Lt), Ls, Ls Rt, Ls Lt에서는 0.81 mm, 0.85 mm, 0.82 mm, 0.97 mm, 0.92 mm의 변화를 보여 하순의 변화보다 작게 나타났다 ($p < 0.01$). Ch (Rt, Lt), Stm에서는 1.17 mm, 1.16 mm, 1.02 mm의 변화가 나타났으며 ($p < 0.01$), Sn와 B'에서 0.46 mm, 0.63 mm의 변화가 나타났다 ($p < 0.01$, $p < 0.05$).

3차원 변화량에서 유의성을 보인 모든 계측점에서 전방 변화량(Z축 변화량)이 가장 크게 나타났으며 ($p < 0.05$, $p < 0.01$), 측면 계측점들(Ls Rt, Ch (Rt, Lt), Li Rt, Li Lt)에서는 측방으로(X축 변화량) 유의성이 나타났다 ($p < 0.05$). 또한 상순의 계측점들(ULP (Rt, Lt), Ls, Ls Rt, Ls Lt)은 상방으로(Y축 변화량), 하순의 계측점들(Li, Li Rt)과 B'은 하방으로(Y축 변화량) 유의성 있는 변화가 나타났다 ($p < 0.05$).

브라켓의 종류에 따른 브라켓의 접착 전후 입술 및 주위 연조직 계측점의 3차원 변화량 비교

브라켓의 종류에 따른 비교에서 3차원 변화량에서 유의성을 보인 계측점 중에서 Ls Rt를 제외한 나머지 계측점에서는 두께(height)가 가장 얇은 metal 브라켓의 변화율이 가장 크게 나타났고, Sn, Ls Lt, Li Rt, Li Lt, B'를 제외한 나머지 계측점에서는 두께가 가장 두꺼운 Damon 3의 변화율이 가장 작게 나타났으나 통계적 유의성은 나타나지 않았다 (Table 4).

Table 3. Changes in the coordinate values (X, Y, and Z) and distance of landmarks after bracket bonding (mm)

Variables	X			Y			Z			Distance		
	Mean	SD	Sig	Mean	SD	Sig	Mean	SD	Sig	Mean	SD	Sig
N′	0.05	0.44	NS	−0.06	0.60	NS	0.03	0.39	NS	0.27	0.36	NS
CK (Rt)	−0.18	0.81	NS	0.13	0.83	NS	0.14	0.78	NS	0.34	0.41	NS
CK (Lt)	0.21	1.09	NS	0.16	1.11	NS	0.15	0.90	NS	0.39	0.45	NS
Ala (Rt)	−0.11	1.08	NS	−0.25	1.29	NS	0.12	0.67	NS	0.33	0.46	NS
Ala (Lt)	−0.17	1.11	NS	0.11	0.85	NS	0.21	1.21	NS	0.39	0.51	NS
Pn	−0.19	0.84	NS	0.18	0.99	NS	0.19	0.97	NS	0.41	0.49	NS
Sn	0.12	0.66	NS	0.16	0.74	NS	0.35	0.59	*	0.46	0.22	†
ULP (Rt)	−0.09	0.68	NS	0.29	0.59	*	0.72	1.17	*	0.81	0.34	†
ULP (Lt)	−0.21	1.18	NS	0.32	0.73	*	0.74	1.21	*	0.85	0.36	†
Ls	0.19	0.97	NS	0.35	0.84	*	0.71	1.31	*	0.82	0.32	†
Ls Rt	−0.25	0.66	*	0.35	0.95	*	0.74	1.02	*	0.97	0.44	†
Ls Lt	0.17	0.91	NS	0.28	0.71	*	0.72	1.19	*	0.92	0.41	†
Ch (Rt)	−0.31	0.86	*	0.22	1.00	NS	1.03	0.98	†	1.17	0.53	†
Ch (Lt)	0.28	0.79	*	0.26	1.26	NS	1.12	1.09	†	1.16	0.51	†
Stm	0.18	1.05	NS	0.28	1.25	NS	0.89	1.03	†	1.02	0.44	†
Li	−0.17	1.41	NS	−0.36	0.79	*	1.19	0.91	†	1.39	0.68	†
Li Rt	−0.31	0.81	*	−0.28	0.80	*	1.05	0.89	†	1.15	0.43	†
Li Lt	0.33	0.85	*	−0.25	1.15	NS	0.95	1.11	†	1.09	0.50	†
B′	0.13	0.78	NS	−0.20	0.59	*	0.52	1.12	*	0.63	0.49	*
Pog′	0.12	0.87	NS	−0.19	1.11	NS	0.28	1.09	NS	0.36	0.61	NS

X axis, Left (+) and right (−); Y axis, superior (+) and inferior (−); Z axis, anterior (+) and posterior (−); Distance, $\{(X_1, Y_1, Z_1), (X_2, Y_2, Z_2)\} = \sqrt{(X_2-X_1)^2+(Y_2-Y_1)^2+(Z_2-Z_1)^2}$; SD, standard deviation; Sig, significance; NS, not significant. $^{*}p < 0.05$; $^{\dagger}p < 0.01$.

Table 4. Comparison of distance according to type of bracket (%)

Variables		Distance/bracket height × 100 (%)			
		Mean	Median	Range	Sig
Sn	Metal	27.50	27.09	36.91	NS
	Ceramic	23.19	23.17	13.42	NS
	Damon	19.20	19.46	14.18	NS
	SPEED	18.26	19.50	11.89	NS
ULP (Rt)	Metal	46.25	45.11	27.91	NS
	Ceramic	40.10	38.78	38.36	NS
	Damon	30.80	29.65	37.45	NS
	SPEED	39.13	39.53	30.84	NS
ULP (Lt)	Metal	46.88	47.80	37.20	NS
	Ceramic	40.10	37.23	32.88	NS
	Damon	36.40	29.75	44.36	NS
	SPEED	39.13	41.66	27.75	NS
Ls	Metal	41.25	39.27	22.09	NS
	Ceramic	40.58	36.62	32.05	NS
	Damon	34.40	30.48	40.36	NS
	SPEED	40.00	41.21	32.60	NS

Table 4. Continued

Variables		Distance/bracket height × 100 (%)			
		Mean	Median	Range	Sig
Ls Rt	Metal	49.38	46.32	43.90	NS
	Ceramic	46.86	46.75	36.16	NS
	Damon	39.20	34.97	63.63	NS
	SPEED	49.57	53.24	40.09	NS
Ls Lt	Metal	48.13	45.80	44.19	NS
	Ceramic	41.55	40.96	36.16	NS
	Damon	41.60	35.81	68.72	NS
	SPEED	43.91	45.33	25.56	NS
Ch (Rt)	Metal	66.88	59.40	90.41	NS
	Ceramic	62.32	65.40	50.96	NS
	Damon	46.80	48.23	29.09	NS
	SPEED	50.43	53.29	27.75	NS
Ch (Lt)	Metal	75.63	67.65	93.60	NS
	Ceramic	57.49	53.82	49.86	NS
	Damon	44.40	37.71	48.00	NS
	SPEED	49.57	49.98	22.02	NS
Stm	Metal	55.00	52.34	38.37	NS
	Ceramic	47.83	42.54	44.38	NS
	Damon	43.20	36.50	61.09	NS
	SPEED	49.13	49.84	47.13	NS
Li	Metal	80.63	68.74	98.83	NS
	Ceramic	70.53	66.78	71.50	NS
	Damon	57.20	56.45	48.36	NS
	SPEED	60.00	61.10	22.47	NS
Li Rt	Metal	66.25	60.15	43.90	NS
	Ceramic	49.76	45.39	42.19	NS
	Damon	54.40	53.77	58.55	NS
	SPEED	50.43	49.22	40.52	NS
Li Lt	Metal	60.63	57.80	40.99	NS
	Ceramic	47.83	42.76	78.63	NS
	Damon	52.80	47.60	52.73	NS
	SPEED	46.00	40.38	29.07	NS
B′	Metal	36.25	32.45	27.03	NS
	Ceramic	28.99	25.89	34.24	NS
	Damon	28.80	26.79	24.00	NS
	SPEED	27.39	27.52	11.45	NS

Sig, Significance; NS, not significant. The abbreviation is the same as Fig 3.

고찰

일반적으로 성인의 교정치료 중 안모의 변화가 가장 큰 부위는 입술과 입술 주위의 연조직이다. 오늘날 환자의 심미적 요구는 점차 증가하고 있으며, 일반인들도 작은 양의 입술 돌출을 인지하고 민감하게 반응하고 있다.[1] 환자들은 교정치료 종료 후의 안모 변화 뿐만 아니라 교정치료 과정 중의 안모도 중요시 여기며 순측 브라켓의 접착 후에 나타나는 입술의 변화에 대해서도 많은 관심을 갖고 있다. 하지만 브라켓 접착에 의한 입술과 주위 연조직의 변화에 대한 연구가 거의 없는 실정이므로 교정의는 주관적인 견해를 피력하고 있다고 생각한다. 따라서 브라켓의 접착에 의한 입술 및 입술 주위 연조직의 변화에 대한 객관적인 자료를 얻기 위하여 본 연구가 진행되었다.

본 연구에 사용된 Minolta VIVID 900 레이저 스캐너는 Baik 등[13]에 의해 X축, Y축, Z축의 평균 오차가 0.16 mm, 0.15 mm, 0.15 mm이고 확대율이 0.66%로서 수용 가능한 정확도를 가지고 있음이 보고된 바 있다.

입술 주위 근육(perioral musculature)에는 입둘레근(orbicularis oris), 볼근(buccinator), 윗입술 올림근(levator labii superioris), 입꼬리 올림근(levator anguli oris), 아랫입술 내림근(depressor labii inferioris), 입꼬리 내림근(depressor anguli oris), 턱끝근(metalis) 등 다양한 근육들이 있다. 이러한 근육들의 긴장이나 이완은 치료 전후 입술의 형태 비교에 영향을 주기 때문에 선학들은 이에 대한 다양한 연구를 보고하였다. Oliver[17]는 입술을 이완시킬 경우 재현성이 낮아진다고 하였고, Erbay 등[18]은 일반인들이 일상생활에서 입술을 가볍게 다문 상태로 지내므로 입술을 가볍게 다물고 촬영하는 것을 선호하였다. 하지만 Burstone[19]은 치료 전후 입술의 변화량 비교에서 입술의 긴장도가 상당한 영향을 미칠 수 있다고 하였으며, Hillesund 등[20]은 입술의 긴장도가 치료 전후 변화량을 상쇄시킬 수도 있으므로 입술을 가볍게 접촉시켜 촬영하는 것보다 자연스럽게 이완시켜 촬영하는 것이 더욱 유리하다고 하였다. 또한 중심교합에서는 입술의 긴장도에 차이를 보일 수 있으므로 본 연구에서는 중심위 상태에서 입술을 자연스럽게 이완시켜서 레이저 스캔을 촬영하였다.

브라켓 접착 전후의 입술 및 주위 연조직 변화량을 정량적이며 3차원적으로 측정하기 위해서는 브라켓의 접착 전후 영상의 정확한 중첩이 이루어져야 한다. 수술 환자에 대한 중첩에서 Day와 Robert[21]는 이마의 가능한 넓은 면을 사용하였고, Soncul과 Bamber[22]는 좌우측 exocanthion, 좌우측 endocanthion, soft tissue nasion 등 5개의 점을 이용하였으며, McCance 등[23]은 수술 환자의 중첩 시 좌우측 exocanthion, 좌우측 endocanthion, soft tissue nasion 등 5개의 점과 이마에 임의로 지정한 5개의 점을 추가로 이용하였다. 단지 5개의 점이 일치하도록 하는 방법은 기준점 지정시의 작은 오차도 중첩 후에는 커다란 오차로 나타나게 할 수 있을 뿐만 아니라, exocanthion과 endocanthion이 거의 일직선상에 위치하므로 3차원 좌표 상에서 적절한 기준점으로서의 역할을 하지 못하고, 이마의 넓은 면적을 기준으로 중첩하였을 경우, 동양인의 넓고 편평한 이마가 마치 널판지 같은 평면으로 인지되므로 전후 영상이 좌우측으로 미끄러지는(shift) 문제가 발생하기 때문에 Baik과 Kim[15]은 악교정 수술 환자의 중첩 시 위의 5개의 점과 이마의 넓은 면을 중첩하였다. 본 연구에서도 브라켓의 접착 전후 입술 및 주위 연조직 분석을 위한 중첩 시 좌우측 exocanthion, 좌우측 endocanthion, soft tissue nasion 등 5개의 점과 이마의 넓은 면을 이용하였다. 브라켓의 접착 전후 영상의 중첩 시 위의 기준점 5개의 위치를 임의로 지정하는 초기중첩(initial register)을 시행하면 일차적으로 이 점들을 중심으로 두 영상이 근접한 위치로 정렬된다. 그 후 이마의 넓은 면적과 5개의 원형 점을 정확히 지정하여 최종중첩(fine register)을 시행하게 되면, 브라켓의 접착 전후 각각의 개체로부터 하나의 좌표계를 가지는 중첩된 3차원 입체영상을 얻을 수 있다.

Rapidform 2006 프로그램(Inus Technology Inc, Seoul, Korea) 상의 shell-to-shell deviation은 두 면 간의 차이 값을 색으로 표현하기 때문에 브라켓의 접착 전후 연조직의 변화 정도와 부위를 쉽게 알아볼 수 있다. Signed color map type은 브라켓의 접착 후 전방 이동한 부위와 후방 이동한 부위를 각각 다른 색으로 표현하며 점을 지정하여 그 점에서의 이동량도 측정이 가능하다. 본 연구에서는 전방으로 이동량이 많을수록 붉게, 후방으로 이동량이 많을수록 푸르게 표현되었다. 또한 absolute color map type은 변화량의 절대값을 색으로 표현한다.

브라켓의 접착 후 입술 및 주위 연조직 변화를 살펴보면, 하순의 Li에서 1.39 mm로 가장 큰 변화가 나타났고, Li Rt, Li Lt에서 1.15 mm, 1.09 mm의 변화가 나타났다. 또한 상순의 ULP (Rt, Lt), Ls, Ls Rt, Ls Lt에서 0.81 mm, 0.85 mm, 0.82 mm, 0.97 mm, 0.92 mm의 변화를 보여 하순에 비하여 상순에서 변화가 작게 나타났다. 상순은 발생학적으로 내측비돌기와 외측비돌기가 만나면서 생긴 인중(philtrum)과 입술산(cupid's bow)이라는 구조가 있으며 코와 근접한 위치에 있다. 이와 같은 상순의 해부학적 복잡성이 상순의 변화에 영향을 주는 것으로 생각된다. Ch (Rt, Lt)과 Stm에서는 1.17 mm, 1.16 mm, 1.02 mm의 변화가 나타났으며, Sn과 B'에서도 0.46 mm, 0.63 mm의 변화가 나타났는데 이와 같이 Sn가 B'보다 더 작은 변화를 보인 것은 일반적으로 Sn가 B'보다 입술에서 더 멀리 떨어져 있으며 해부학적으로 가동성(movability)이 떨어지기 때문으로 생각된다. 브라켓의 접착 전후 변화가 없을 것으로 예상되는 계측점들(N', CK, Ala, Pn)에서 변화량이 나타났다. 본 연구에서는 연구방법과 고찰에 언급한 바와

같이 레이저 스캐너의 촬영 및 계측 과정에서 오차를 최소화하기 위하여 노력하였지만 레이저 스캐너의 오차, 환자의 움직임, 표정, 자세에 의한 오차 그리고 접착 전후 영상의 중첩에 의한 오차에 의하여 이러한 변화량이 나타난 것으로 생각된다 (Table 3).

변화된 계측점의 방향성을 살펴보면, 3차원 변화량(distance)에서 유의성을 보인 모든 계측점에서 전방 변화량(Z축 변화량)이 가장 크게 나타났으며, 측면 계측점들(Ls Rt, Ch (Rt, Lt), Li Rt, Li Lt)에서는 측방으로(X축 변화량) 유의성이 나타났다 (Table 3). 측면 계측점의 변화가 생긴 것은 상, 하악 측방치군에 의한 협측 지지(support)가 전방뿐 아니라 측방으로도 힘을 가하기 때문으로 생각된다. 또한 상순의 계측점들은 상방으로, 하순의 계측점들은 하방으로 유의성 있는 변화를 보였으므로 상, 하순에서 브라켓의 접착 후 약간의 외번(eversion) 양상이 관찰됨을 알 수 있다.

본 연구에서 사용한 브라켓의 종류는 총 네 종류 (MicroArch, Crystaline MB, Damon 3, SPEED System (TM))이다. 3차원 변화량에서 유의성을 보인 계측점 중에서 Ls Rt를 제외한 나머지 계측점에서 두께가 가장 얇은 metal 브라켓에 의한 연조직 변화율이 가장 크게 나타났고, Sn, Ls Lt, Li Rt, Li Lt, B'를 제외한 나머지 계측점에서 두께가 가장 두꺼운 Damon 3에 의한 연조직 변화율이 가장 작게 나타났다 (Tables 2 and 4). 각 브라켓 간의 두께 및 폭의 차이가 존재하고 각 브라켓마다 다른 형태를 가졌지만 통계학적으로 유의성 있는 차이는 나타나지 않았다.

본 연구는 3차원 레이저 스캐너를 이용하여 브라켓의 접착 전후 입술 및 주위 연조직의 변화를 알아보기 위한 것이다. 레이저 스캐너를 이용하여 브라켓의 접착 전과 후의 3차원 입체모델을 형성하고 이를 중첩하여 연조직 변화량을 측정하였다. 이러한 분석을 통하여 브라켓의 접착 시 입술 및 주위 연조직의 변화를 예측하는데 참고가 될 것이다. 입술의 변화량이 작아 임상적으로 환자들이 인지하지 못할 수도 있지만, 일부 환자들은 브라켓에 의한 입술 돌출 변화에 민감하기 때문에 환자의 상담 및 치료 계획 수립 시 교정의는 입술 돌출의 영향에 대한 객관적인 자료를 제시할 필요가 있다. 그러나 본 연구 결과는 한정된 연구대상자들에 의한 것이고 개개인의 생물학적인 다양성을 고려하여야 한다. 특히 경조직과 달리 연조직 변화의 예측은 연조직의 두께나 탄력성, 부종, 근육 긴장도 등의 다양성 때문에 모든 환자에게 일괄적으로 적용하기는 어렵다. 또한 레이저 스캐닝 시 환자의 호흡이나 표정, 움직임, 자세도 변수가 될 수 있으므로 촬영 전 환자의 교육을 통하여 오차를 최소화해야 할 것이다. 앞으로 본 연구를 바탕으로 브라켓 접착 시 연조직 변화에 기여하는 다양한 요소(성별, 나이, 입술의 두께, 입술의 curling, 입술의 길이, 골격의 전후방적·수직적 차이, 전치 각도, 총생 등)를 고려한 연구가 필요하리라 생각된다.

결론

심한 골격적 부조화가 존재하지 않는 18세 이상 29세 미만의 성인 환자 중 포괄적 교정치료를 위하여 상, 하악 치아의 순측에 브라켓을 접착한 45명을 대상으로 3차원 레이저 스캐너를 이용하여 브라켓의 접착 직전과 직후의 3차원 입체 영상을 획득하고 브라켓의 접착 전후 입술 및 주위 연조직의 변화를 3차원 좌표계 상에서 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 3차원 변화량(distance: 동일 계측점 간의 변화에 대한 최단 거리)에서 유의성을 보인 모든 계측점에서 전방 변화량(Z축 변화량)이 가장 크게 나타났으며, 측면 계측점들은 측방 변화량(X축 변화량)에서 유의성이 나타났다. 또한 상순의 계측점들은 상방으로(Y축 변화량), 하순의 계측점들과 B'는 하방으로(Y축 변화량) 유의성 있는 변화가 나타났다.
2. 하순의 Li에서 1.39 mm로 가장 큰 변화가 나타났고 ($p < 0.01$), Li Rt, Li Lt에서 1.15 mm, 1.09 mm의 변화가 나타났다 ($p < 0.01$). 상순의 ULP (Rt, Lt), Ls, Ls Rt, Ls Lt에서 0.81 mm, 0.85 mm, 0.82 mm, 0.97 mm, 0.92 mm의 변화를 보여 ($p < 0.01$), 하순에 비하여 상순의 변화가 작게 나타났다.
3. Ch (Rt, Lt)와 Stm에서 1.17 mm, 1.16 mm, 1.02 mm ($p < 0.01$), Sn와 B'에서 0.46 mm, 0.63 mm ($p < 0.01$, $p < 0.05$)의 변화가 나타났다.

참고문헌

1. Kim KS, Kim YJ, Lee KH, Kim YH, Kook YA. Level of perception of changed lip protrusion and asymmetry of the lower facial height. Korean J Orthod 2006;36:434-41.
2. Lee JS, Choy K, Park YC, Kim KH. Changes in lip and per-

ioral soft tissue after bracket removal. Korean J Orthod 2007; 37:125-36.
3. Arnett GW, Jelic JS, Kim J, Cummings DR, Beress A, Worley CM Jr, et al. Soft tissue cephalometric analysis: diagnosis and treatment planning of dentofacial deformity. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1999;116:239-53.
4. Baumrind S. Integrated three-dimensional craniofacial mapping: background, principles, and perspectives. Semin Orthod 2001;7:223-32.
5. Brown T, Abbott AH. Computer-assisted location of reference points in three dimensions for radiographic cephalometry. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1989;95:490-8.
6. Arridge S, Moss JP, Linney AD, James DR. Three dimensional digitization of the face and skull. J Maxillofac Surg 1985;13:136-43.
7. Kanazawa E, Kamiishi H. Evaluation of facial osteotomy with the aid of Moiré contourography. J Maxillofac Surg 1978; 6:233-8.
8. Ayoub A, Garrahy A, Hood C, White J, Bock M, Siebert JP, et al. Validation of a vision-based, three-dimensional facial imaging system. Cleft Palate Craniofac J 2003;40:523-9.
9. Han SY, Baik HS, Kim KD, Yu HS. Facial soft tissue measuring analysis of normal occlusion using three-dimensional CT imaging. Korean J Orthod 2005;35:409-19.
10. Park SH, Yu HS, Kim KD, Lee KJ, Baik HS. A proposal for a new analysis of craniofacial morphology by 3-dimensional computed tomography. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2006;129:600.e23-34.
11. Moss JP, Linney AD, Grindrod SR, Arridge SR, Clifton JS. Three-dimensional visualization of the face and skull using computerized tomography and laser scanning techniques. Eur J Orthod 1987;9:247-53.
12. Kusnoto B, Evans CA. Reliability of a 3D surface laser scanner for orthodontic applications. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2002;122:342-8.
13. Baik HS, Lee HJ, Lee KJ. A proposal for soft tissue landmarks for craniofacial analysis using 3-dimensional laser scan imaging. World J Orthod 2006;7:7-14.
14. Baik HS, Jeon JM, Lee HJ. Facial soft-tissue analysis of Korean adults with normal occlusion using a 3-dimensional laser scanner. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007;131: 759-66.
15. Baik HS, Kim SY. Facial soft-tissue changes in skeletal Class III orthognathic surgery patients analyzed with 3-dimensional laser scanning. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2010;138: 167-78.
16. Kau CH, Zhurov A, Richmond S, Bibb R, Sugar A, Knox J, et al. The 3-dimensional construction of the average 11-year-old child face: a clinical evaluation and application. J Oral Maxillofac Surg 2006;64:1086-92.
17. Oliver BM. The influence of lip thickness and strain on upper lip response to incisor retraction. Am J Orthod 1982;82:141-9.
18. Erbay EF, Caniklioğlu CM, Erbay SK. Soft tissue profile in Anatolian Turkish adults: Part I. Evaluation of horizontal lip position using different soft tissue analyses. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2002;121:57-64.
19. Burstone CJ. Lip posture and its significance in treatment planning. Am J Orthod 1967;53:262-84.
20. Hillesund E, Fjeld D, Zachrisson BU. Reliability of soft-tissue profile in cephalometrics. Am J Orthod 1978;74:537-50.
21. Day CJ, Robert T. Three-dimensional assessment of the facial soft tissue changes that occur postoperatively in orthognathic patients. World J Orthod 2006;7:15-26.
22. Soncul M, Bamber MA. Evaluation of facial soft tissue changes with optical surface scan after surgical correction of Class III deformities. J Oral Maxillofac Surg 2004;62:1331-40.
23. McCance AM, Moss JP, Fright WR, Linney AD, James DR. Three-dimensional analysis techniques--Part 2: Laser scanning: a quantitative three-dimensional soft-tissue analysis using a color-coding system. Cleft Palate Craniofac J 1997;34:46-51.

Lip and perioral soft tissue changes after bracket bonding using 3-D laser scanner

Won-Je Lee, DDS, MSD,[a] **Kee-Joon Lee,** DDS, MSD, PhD,[b] **Hyung-Seog Yu,** DDS, MSD, PhD,[c] **Hyoung-Seon Baik,** DDS, MSD, PhD[c]

Objective: The aim of this study was to evaluate the lip and perioral soft tissue changes after bracket bonding. **Methods:** The soft tissue changes in 45 adult patients (age greater than 18 years and less than 29 years) without severe skeletal discrepancy were evaluated using three-dimensional images acquired with a laser scanner before and after bracket bonding was performed using 4 types of labial orthodontic brackets. **Results:** Among the statistically significant changes in distance observed for the landmarks, the biggest change was observed in forward movement. The landmarks on the lateral sides also showed significant changes. While the landmarks on the upper lip showed significant upward movement, those on the lower lip showed significant downward movement. However, the changes were smaller for the landmarks on the upper lip (average, 0.87 mm) than for the landmarks on the lower lip (average, 1.21 mm). The type of bracket used did not significantly affect the soft tissue changes. **Conclusions:** These findings will help predict soft tissue changes after bracket bonding for orthodontic treatment. **(Korean J Orthod 2011;41(6):411-422)**

Key words: 3-D laser scanner, Bracket, Soft tissue

[a]Resident, Department of Orthodontics, College of Dentistry, Yonsei University.
[b]Associate Professor, [c]Professor, Department of Orthodontics, College of Dentistry, The Institute of Cranio-facial Deformity, Yonsei University.
Corresponding author: Hyoung-Seon Baik.
Department of Orthodontics, College of Dentistry, Yonsei University, 250 Seongsanno, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea.
+82 2 2228 3102; e-mail, baik@yuhs.ac.
Received March 8, 2011; Last Revision September 27, 2011; Accepted September 30, 2011.