

두부방사선 계측과 Photographic subtraction을 이용한 측모 두부방사선 규격사진의 재현성에 관한 연구

부산대학교 치과대학 치과방사선학 교실

전 선 두 · 나 경 수

목 차

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 방법
- III. 연구성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

측모 두부방사선 규격사진은 1930년 치과 교정학 분야에 처음 소개되었으며¹⁾, 두부고정기(cephalostat)는 1931년 Broadbent²⁾가 고안하여 발표한 것을 오늘날까지 사용하고 있다.

이 측모 두부방사선 규격사진은 초기에 주로 건조골에 대한 인체측정에 이용되었으나, 현재는 악안면부의 점진적인 성장발육에 대한 세밀한 조사나 연속 촬영한 사진의 중첩에 의한 비교 기록, 악안면 골격의 형태이상, 안모의 형태분석, 교정환자의 진단과 치료계획의 수립, 치료결과 의 평가 및 악관절의 기능분석등에 다양하게 응용되고 있다. 많은 선학자들이 두부위치와 안면 모양의 상관성 연구³⁾, 유년성 류마티스 관절염 어린이의 하악성장과 발육⁴⁾, 개교환자와 정상교

합자의 설골위치 비교⁵⁾, 부정교합 환자의 설골 위치⁶⁾, 악교정 수술후 설골을 이용한 혀 위치변화⁷⁾와 경조직변화에 따른 연조직변화^{8,9)}, 경조직과 연조직의 안정성 평가^{10,11)}, 혼합 치열기 아동의 측모연조직¹²⁾, 구개 구순열 환자의 경추와 비인두 경조직깊이¹³⁾, 장기간 총의치를 착용한 3급 부정교합 환자의 하악 재위치 방법과 교합 수직 고경 결정^{14,15)}, 투시 영화 조영술을 이용한 연하시의 설골운동 연구¹⁶⁾등에 측모 두부방사선 규격사진을 이용하였다.

일반적으로 측모 두부방사선 규격사진은 필름 면과 방사선원에 대하여 두부를 일정한 위치에 고정시켜 촬영하므로 촬영조건이 규격화되어 변형율이 최소이며, 영상 확대율도 알 수 있다고 알려져 있지만¹⁷⁾ 위와같이 측모 두부방사선 규격사진이 여러 연구의 기준 자료로 이용되고 있으므로 재현성 정도에 대한 보다 정확한 고찰이 필요하다 하겠다.

1976년 Solow¹⁸⁾은 두부위치와 두개 안면모양에 대한 논문에서 자가 균형위(self balanced position)와 거울위(mirror position)의 차이를 조사하였고, 1987년 Sandler¹⁹⁾는 측모 두부방사선 규격사진 계측시 환자 위치에 따른 계측점 오차에 대하여 연구하였다. 1987년 Sandham²⁰⁾은 측모 두부방사선 규격사진의 두부위치의 재현성에 관하여 연구하였고 1974년 Midtgård²¹⁾은 측모

두부방사선 규격사진 기준점의 재현성과 두개간 거리 계측의 오차를, 1986년 Houston등²²⁾은 측도 두부방사선 규격사진 계측오차를, 1991년 Cooke²³⁾는 반복 측정된 측도 두부방사선 규격사진의 오차에 대하여 연구하였다.

그러나 이들 연구들은 주로 두부의 위치에 따른 경부의 상관성에 국한되었고 두부, 경부, 설골, 인두강, 혀, 측모연조직등을 포함한 광범위한 연구는 없는 상태이므로 이것에 대한 정확한 변형율의 조사가 필요한 상태이다. 이에 저자는 측도 두부방사선 규격사진 계측에서 기준으로 이용되는 두개, 경부, 설골, 인두강, 혀, 측모연조직등을 포함하여 tracing과 photographic subtraction을 이용한 측도 두부방사선 규격사진의 재현성을 연구하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 대상

1994년 2월부터 3월까지 부산대학교 병원에 내원한 교정치료 환자로 치과 방사선과에서 측도 두부방사선 규격사진을 촬영한 환자 50명을 대상으로 하였다.

2. 촬영방법

사용된 X-ray기기는 PANORAMAX(Asahi Roentgen IND. CO. Japan, 1986)로 정중 시상면에서 방사선원 거리 150cm, 필름 거리는 15cm였다. 확대율은 1.1로 동일하게 적용되었으며 초점 크기는 1.0 x 1.0mm이다. 75Kvp, 10mA, 1.2-1.4초의 일정한 조건에서 이중 증감지가 포함된 카세트와 8x10" 코닥 방사선 필름을 이용하여 동일한 방사선 기사에 의해 촬영되었다. 환자를 등 없는 의자에 앉힌 상태에서 자연 두부위(natural head position)로 위치시키고 입술은 편안하게 이완상태로 하여, 방사선 중심선이 두부 고정장치인 2개의 귀막대(ear rod)를 통과하도록 촬영하였다. 촬영을 마친후 의자에서 내려온 뒤 다시 같은 위치로 반복 촬영하였다. 촬영된 필름은 PM3500(FUJI MEDICAL FILM PROCESSOR)

현상기기를 이용하여 동일한 조건에서 현상되었다.

3. 연구방법

동일한 조건에서 반복 촬영된 측도 두부방사선 규격사진을 tracing과 photographic subtraction에 의해 측정하였다.

1) Tracing

동일한 검사자가 측도 두부방사선 규격사진 상에 0.003" 매트 아세테이트(matte acetate) tracing 용지를 고정하고 빠른 4H 연필을 이용하여 총 46개의 기준점 38개와 선 8개를 표시하였다(기준점및 선들은 (a) 및 그림 2와 같다). 양측성 구조물이 두개의 상으로 나타난 경우는 중간점을 선택하였다. 두개부 13항목, 경부 5항목, 설골 9항목, 인두강 4항목, 혀 6항목, 측모연조직 6항목등 총 43항목을 측정하여 반복 촬영된 사진의 차이를 기록하였다(측정항목은 (b)와 같다).

(a) Tracing에 이용된 기준점과 선

1. S Sella. The center of the sella turcica
2. N Nasion. The most anterior point of the frontonasal suture
3. Or Orbitale. The lowest point on the lower margin of the bony orbit
4. Ar Articulare. Intersection point articularis mandibularis and temporal bone
5. Po Porion. The midpoint on the upper edge of the porus augusticus externus
6. Ba Basion. The midline point at the anterior margin of the occipital foramen
7. PNS Posterior nasal spine. The tip of the posterior spine of the palatine bone in the hard palate.
8. ANS Anterior nasal point. The tip of the anterior nasal spine in the median plane
9. A Subspinale. The point of greatest concavity on the anterior border of the maxilla
10. B Supramentale. The point of greatest

- concavity on the anterior border of the symphysis
11. ii Incision inferius. The midpoint of the incisal edge of the most prominent lower central incisor
 12. Ulaxis The axis of upper central incisor
 13. Llaxis The axis of lower central incisor
 14. Pog Pogonion. The most anterior point in the contour of the chin
 15. Go Gonion. The point on the mandible of intersection of the ramus and mandibular plane
 16. Me Mentum. The most inferior point on the symphyseal outline
 17. AA The anterior tubercle of the Atlas
 18. PA The posterior tubercle of the Atlas
 19. CV2ap The apex of the odontoid process of the second cervical vertebra
 20. CV2ip The most posteroinferior point on the odontoid process of the second cervical vertebra
 21. CV4ia The most anteroinferior point on the corpus of the fourth cervical vertebra
 22. CV4ip The most posteroinferior point on the corpus of the fourth cervical vertebra
 23. IO The deepest portion of inferior odontoid process
 24. H The anterosuperior point of body of hyoid bone
 25. H_{post} The posterior point of hyoid bone
 26. H_{axis} The long axis of hyoid bone
 27. apw2 The anterior pharyngeal wall along the line intersecting CV2ia and H
 28. apw4 The anterior pharyngeal wall along the line intersecting CV4ia and H
 29. ppw2 The posterior pharyngeal wall along the line intersecting CV2ip and H
 30. ppw4 The posterior pharyngeal wall along the line intersecting CV4ip and H
 31. ad The point of intersection of the posterior pharyngeal wall and a line from PNS to Ba
 32. SP The most inferior point of soft palate
 33. Ns The soft tissue nasion
 34. P Pronale. The tip of nose
 35. Sn Subnasale. The point at which the nasal septum merges with the upper cutaneous lip in the midsagittal plane
 36. Ls labrale superius
 37. Li labrale inferius
 38. Pogs skin pogonion
 39. NSL Anterior cranial base. The nasion sella line
 40. FH Frankfort horizontal plane. A horizontal construction that joins porion and orbitale
 41. N-Pog Facial plane. A vertical construction that joints the N and Pog
 42. ML Mandibular plane. The line through ME and Go
 43. MP Maxillary plane. The line through ANS and PNS
 44. N-Ba The line through nasion and basion
 45. OPT Odontoid process tangent. The posterior tangent to the odontoid process through CV2ip
 46. CVT Cervical vertebra tangent. The posterior tangent to the odontoid process through CV4ip
- (b) Tracing 측정항목
1. M1 N-S-Ar The flexion of the cranial base. Nasion, sella, articulare사이의 각
 2. M2 S-N-Ba The flexion of the cranial base. Sella, nasion, basion사이의 각
 3. M3 S-N-A Maxillary prognathism. Sella, nasion, subspinale사이의 각
 4. M4 S-Ar-Go Mandibular prognathism. Sella, articulare, gonion사이의 각
 5. M5 S-N-B Mandibular prognathism. Sella, nasion, supramentale사이의 각
 6. M6 A-N-B Saigtal jaw relation. subspinale, nasion, supramentale사이의 각
 7. M7 ML-Llaxis Lower incisor inclination. Mandibular plane과 L1 axis사이의 각
 8. M8 S - Ar Posterior cranial base. Sella에서

articulare간의 거리

9. M9 S - N Anterior cranial base. Sella에서 nasion간의 거리
10. M10 Na - A Anterior upper facial height. Nasion에서 subspinale간의 거리
11. M11 S-Go Posterior facial height. SN에 대한 gonion의 수선거리
12. M12 Ar - Go Mandibular posterior height. Articulare에서 gonion간의 거리
13. M13 Go - Mn Mandibular body length. Gonion에서 mentum간의 거리
14. C1 NSL/OPT Craniocervical angulation. NSL과 OPT사이의 각
15. C2 NSL/CVT Cervical vertebral tangent. NSL과 CVT사이의 각
16. C3 OPT/CVT Curvature of cervical column. OPT와 CVT사이의 각
17. C4 AA-PA/CV2ap-IO AA와 PA선과 CV2 ap과 IO선에의해 형성되는 후하방각
18. C5 CV2ap-CV4ip CV2ap와 CV4ip 사이의 거리
19. H1 FH \perp Po \perp H FH에 대해 porion에서 그은 수선에 대한 H의 수선거리
20. H2 N-Pog \perp H Facial plane에 대한 H의 수선거리
21. H3 ML \perp H ML에 대한 H의 수선거리
22. H4 NSL \perp H Nasion-sella line에 대한 H의 수선거리
23. H5 FH \perp H FH에 대한 H의 수선거리
24. H6 NSL \perp H_{post} Nasion-sella line에 대한 posterior point of hyoid bone의 수선거리
25. H7 FH /H_{post} FH에 대한 posterior point of hyoid bone의 수선거리
26. H8 H_{axis}/ ML The long axis of hyoid bone 과 mandibular plane의 각도
27. H9 H_{axis}/ BaNa The long axis of hyoid bone 과 basion-nasion plane의 각도
28. P1 PNS - AA PNS와 AA사이의 거리
29. P2 PNS - ad PNS와 ad사이의 거리
30. P3 apw2 - ppw2 apw2에서 ppw2까지의 거리
31. P4 apw4 - ppw4 apw4에서 ppw4까지의 거

리

32. T1 Tongue template¹⁾ (1) ii-sp line과 제 1대구치 원심면이 만나는 점을 기준(그림 1)
33. T2 Tongue template (2) ii-sp line과 제 1대구치 원심면이 만나는 점을 기준
34. T3 Tongue template (3) ii-sp line과 제 1대구치 원심면이 만나는 점을 기준
35. T4 Tongue template (4) ii-sp line과 제 1대구치 원심면이 만나는 점을 기준
36. T5 Tongue template (5) ii-sp line과 제 1대구치 원심면이 만나는 점을 기준
37. T6 Tongue template (6) ii-sp line과 제 1대구치 원심면이 만나는 점을 기준
38. S1 FH \perp Ns FH에 대한 soft tissue nasion에서의 수선거리
39. S2 FH \perp P FH에 대한 pronale에서의 수선거리
40. S3 FH \perp Sn FH에 대한 subnasale에서의 수선거리
41. S4 FH \perp Ls FH에 대한 labrale superius에서의 수선거리
42. S5 FH \perp Li FH에 대한 labrale inferius에서의 수선거리
43. S6 FH \perp Pog' FH에 대한 soft tissue pogonion에서의 수선거리

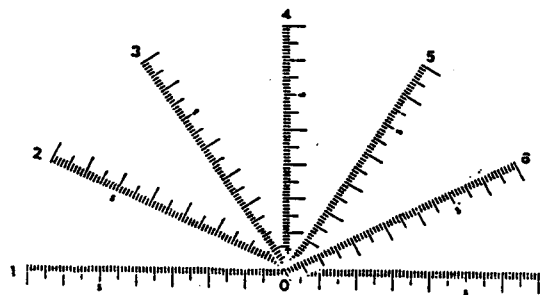


Fig. 1. Template of tongue recording

2) Photographic subtraction

첫번 촬영한 측모 두부방사선 규격사진을 X선 필름복사기 상에서 복제한 후 현상하여 흑백 반

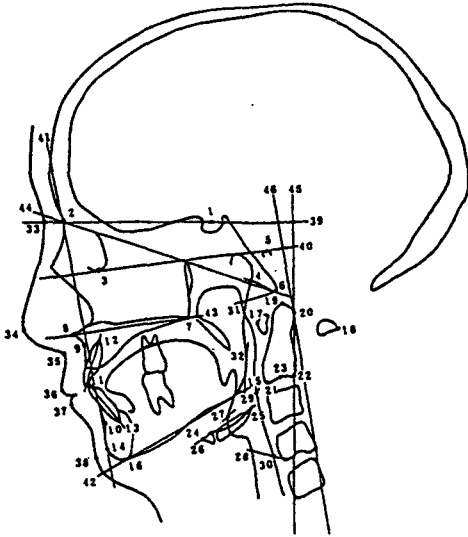


Fig. 2. Reference points and planes of tracing

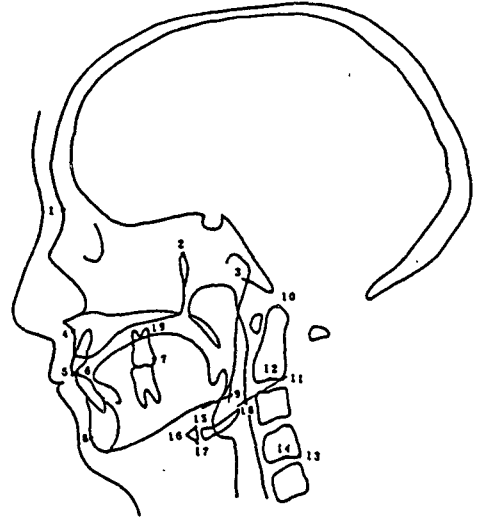


Fig. 3. Reference points of photographic subtraction

전상(masking film)을 얻었다. 흑백 반전상을 터어키안-비근점(Sella turcica-nasion)선을 기준으로 두번째 촬영한 사진에 중첩시킨 뒤 차이 부위를 조사하였다. 측정은 총 19개의 기준점을 선택하여 두개 9항목, 경부 5항목, 설골 3항목, 인두강 1항목, 혀 1항목에 시행하였다. 완전히 중첩되어 회색지대를 형성하는 경우는 '0'으로, 완전히 중첩되지 않아 검은색, 혹은 흰색을 나타내는 부위는 'mm'단위로 측정하였다 (기준점과 측정항목은 (a) 및 그림 3와 같다).

(a) Photographic Subtraction에 이용된 기준점과 측정항목

1. M_p1 N Nasion
2. M_p2 P-T The top of pterygo-maxillary fissure
3. M_p3 Ar Articulare
4. M_p4 A Subspinale
5. M_p5 U1 Upper incisor edge
6. M_p6 L1 Lower incisor edge
7. M_p7 U6 The distal proximal contact point of upper first molar
8. M_p8 Pog Pogonion
9. M_p9 Go Gonion
10. C_p1 CV2ap. The apex of the odontoid process of the second cervical vertebra
11. C_p2 CV2ip. The most postero-inferior point on the corpus of the second cervical vertebra
12. C_p3 IO₂ The deepest portion of inferior odontoid process
13. C_p4 CV4ip The most postero-inferior point on the corpus of the fourth cervical vertebra
14. C_p5 IO₄ The deepest portion of inferior fourth cervical vertebra
15. H_p1 H_{sup} The most superior point of body of hyoid bone(전후관계)
16. H_p2 H_{ant} The most anterior point of body of hyoid bone(전후관계)
17. H_p3 H_{inf} The most inferior point of body of hyoid bone(상하관계)
18. P_p PH CV2ip와 H 연결선과 만나는 posterior pharyngeal wall
19. T_p T Tongue dorsum. The contact point of distal root of upper first molar

3) 통계방법

한 쌍의 측모 두부방사선 규격사진 tracing의 측정치 차이를 각 항목별로 평균, 표준편차를 계산하고 표준편차를 이용하여 표준오차를 얻었다 (표준오차(S.E.)=S.D./n, n=측정대상수). Photographic subtraction에 의한 측정치에 대해서도 각 항목별 평균, 표준편차를 계산하였다. 또한 두개골, 경부, 설골, 인두강, 혀, 측모연조직 측정치 전체에 대한 평균, 표준편차, 표준오차를 계산하였다.

방법오차(method error)의 측정은 Dahlberg 법²⁴⁾ $Se = \sqrt{\Sigma(d)^2}/2n$ 을 이용하여 얻었다. 'd'는 같은 사진을 반복 측정 했을 때의 차이를 말하고, 'n'은 반복 측정한 사진수를 의미한다. 본 연구에서 반복 측정 사진수는 연구대상 중 25명을 임의로 선택하여 시행하였다.

III. 연구성적

각 항목에 대한 tracing과 photographic subtraction에 의한 결과는 다음과 같다.(단위 mm)

1) Tracing에 의한 측정치 (첫번 사진과 두번째 사진의 차이)

a. 두개골

두개저 만곡도(N-S-Ar, S-N-Ba)의 평균 및 표준편차는 0.39 ± 0.60 , 0.22 ± 0.25 였고, 상악 전돌(S-N-A)과 하악 전돌(S-Ar-Go/S-N-B)은 각각 0.27 ± 0.35 , 0.66 ± 0.70 , 0.32 ± 0.51 로 나타났다. 시상면에 대한 악골관계(A-N-B)는 0.24 ± 0.40 , 하악 중절치 경사도(ML-L1axis)는 0.33 ± 0.49 , 후방 두개저 길이(S-Ar)는 0.26 ± 0.42 , 전방 두개저 길이(S-N)는 0.24 ± 0.46 의 값을 보였다. 전방 상악 안면고경(Na-A), 후 안면고경(S-Go), 하악지 높이(Ar-Go)는 0.45 ± 0.32 , 0.58 ± 1.48 , 0.48 ± 0.67 였다. 하악체 길이(Go-Mn)의 측정치는 0.46 ± 0.59 였다(표 1). 두개골에 대한 측정치(M1-M13) 총합은 0.34 ± 0.62 의 값을 보였다(표 2).

b. 경부

두경부 각(NSL/OPT)의 평균 및 표준편차는 1.28 ± 1.75 , 경추 접선(NSL/CVT)는 1.55 ± 2.35 의 값을 나타내었다. 경추부 만곡도(OPT/CVT)는 0.67 ± 0.78 , 제 1 경추, 치아간 각도(AA-PA/V2ap-IO)는 1.18 ± 1.57 , 경추부 길이(CV2 ap-CV4ip)는 0.40 ± 0.51 로 나타났다(표 1). 경부 측정치(C1-C5) 총합은 1.02 ± 1.59 였다(표 2).

c. 설골측정치

i) 설골 수평위치 측정치인 $FH \perp Po \perp H$ 와 $N \perp Po \perp H$ 의 평균 및 표준편차는 1.78 ± 2.05 , 1.54 ± 1.88 의 값을 보였다(표 1).

ii) 설골 수직위치는 각각 $ML \perp H$ 1.60 ± 2.04 , NSL/H 1.31 ± 1.74 , FH/H 1.25 ± 1.87 , $NSL \perp H_{post}$ 0.81 ± 0.15 , FH/H_{post} 0.73 ± 0.96 의 값을 나타내었다(표 1).

iii) 설골 경사도는 $Haxis/ML$ 1.75 ± 2.03 , $Haxis/BaNa$ 1.54 ± 1.84 를 나타내었다(표 1). 설골 위치 측정치(H1-H9) 총합의 평균 및 표준편차는 1.37 ± 1.78 였다(표 2).

d. 인두강

비인두 경조직 깊이(PNS-AA, PNS-ad)의 평균 및 표준편차는 각각 0.32 ± 0.58 , 0.27 ± 0.46 였다. 인두의 깊이를 나타내는 $apw2$ - $ppw2$, $apw4$ - $ppw4$ 는 0.95 ± 1.64 , 0.66 ± 1.40 를 나타내었다(표 1). 인두강 측정치(P1-P4) 총합은 0.55 ± 1.16 이다(표 2).

e. 혀

혀 배면은 ii-SP선상의 상악 제 1 대구치의 원심 접촉점을 기준으로 기준판(template)를 이용하여 측정하였다. 기준판 위치 A, B, C, D, E, F에서 차이의 평균 및 표준편차는 각각 0.39 ± 0.94 , 0.38 ± 1.06 , 0.42 ± 1.22 , 0.63 ± 1.83 , 0.79 ± 2.17 , 0.47 ± 1.48 을 나타내었다(표 1). 혀 측정치(T1-T6) 총합은 0.51 ± 1.51 이다(표 2).

f. 측모연조직

측모연조직의 평균 및 표준편차는 각각 $FH \perp Ns$ 0.08 ± 0.26 , $FH \perp P$ 0.08 ± 0.13 , $FH \perp Sn$ 0.12

Table 1. The differences between the first and second recording by tracing(mm)

	Mean	S.D.	S.E.	S(i)
M1	0.39	0.60	0.08	0.45
M2	0.22	0.25	0.03	0.70
M3	0.27	0.35	0.05	0.40
M4	0.66	0.70	0.10	0.61
M5	0.32	0.51	0.07	0.55
M6	0.24	0.40	0.06	0.25
M7	0.33	0.49	0.07	0.23
M8	0.26	0.42	0.06	1.21
M9	0.24	0.46	0.06	1.20
M10	0.70	0.32	0.05	1.12
M11	0.58	1.48	0.21	0.49
M12	0.48	0.67	0.09	1.41
M13	0.46	0.59	0.08	1.42
C1	1.28	1.75	0.24	1.75
C2	1.55	2.35	0.33	1.61
C3	0.67	0.78	0.11	0.51
C4	1.18	1.57	0.22	1.92
C5	0.40	0.51	0.07	1.48
H1	1.78	2.05	0.29	0.93
H2	1.54	1.88	0.26	0.76
H3	1.60	2.04	0.29	0.81
H4	1.31	1.74	0.24	0.68
H5	1.25	1.87	0.26	0.96
H6	0.81	1.05	0.15	1.58
H7	0.73	0.96	0.13	0.58
H8	1.75	2.03	0.28	1.94
H9	1.54	1.84	0.26	1.83
P1	0.32	0.58	0.08	0.20
P2	0.27	0.46	0.06	0.21
P3	0.95	1.64	0.23	0.41
P4	0.66	1.40	0.20	0.33
T1	0.39	0.94	0.13	0.20
T2	0.38	1.06	0.15	0.23
T3	0.42	1.22	0.17	0.22
T4	0.63	1.83	0.26	1.37
T5	0.79	2.17	0.30	1.47
T6	0.47	1.48	0.21	1.30
S1	0.08	0.26	0.04	0.37
S2	0.08	0.13	0.02	0.46
S3	0.12	0.21	0.03	0.40
S4	0.16	0.32	0.05	0.31
S5	0.25	0.59	0.08	0.33
S6	0.20	0.43	0.06	0.52

S.E. : standard error

S(i) : method error

Table 2. The difference between first and second recording of skull, cervical vertebra, hyoid bone, pharynx, tongue, soft tissue profile by tracing(mm)

	Mean	S.D.	S.E.
Skull	0.34	0.62	0.02
Cervical column	1.02	1.59	0.10
Hyoid bone	1.37	1.78	0.08
Pharynx	0.55	1.16	0.08
Tongue	0.51	1.51	0.09
Soft tissue profile	0.15	0.36	0.02

S.E. : standard error

Table 3. The differences between the first and second radiograph by photographic subtraction.(mm)

	Mean	S.D.	S.E.
M _p 1	0.01	0.07	0.01
M _p 2	0.01	0.07	0.01
M _p 3	0.01	0.07	0.01
M _p 4	0.01	0.05	0.00
M _p 5	0.03	0.17	0.02
M _p 6	0.10	0.38	0.05
M _p 7	0.25	1.41	0.20
M _p 8	0.11	0.46	0.06
M _p 9	0.24	0.50	0.07
C _p 1	0.38	0.84	0.12
C _p 2	0.83	1.24	0.17
C _p 3	0.48	0.58	0.08
C _p 4	1.01	1.06	0.15
C _p 5	0.80	1.02	0.14
H _p 1	1.22	0.55	0.22
H _p 2	1.23	1.55	0.22
H _p 3	1.22	1.88	0.26
P _p	0.53	0.86	0.12
T _p	0.27	0.41	0.20

S.E. : standard error

Table 4. The differences between first and second radiograph of skull, cervical vertebra, hyoid bone, pharynx, tongue, soft tissue profile by photographic subtraction.(mm)

	Mean	S.D.	S.E.
Skull	0.09	0.35	0.05
Cervical column	0.70	0.95	0.13
Hyoid bone	1.22	1.33	0.23
Pharynx	0.53	0.86	0.12
Tongue	0.27	0.41	0.20

S.E. : standard error

± 0.21 , $FH \perp Ls$ 0.16 ± 0.32 , $FH \perp Li$ 0.25 ± 0.59 , $FH \perp Pog'$ 0.20 ± 0.43 을 나타내었다(표 1). 측모 연조직 측정치(S1-S6) 총합은 0.15 ± 0.36 였다(표 2).

2) photographic subtraction에 의한 측정치

비근점(Nasion)의 평균 및 표준편차는 0.01 ± 0.07 을 나타내었고, 익상악열의 최상점에서는 0.01 ± 0.07 이었다. 아티큐라레(Articulare), A점(subspinale)은 각각 0.01 ± 0.07 , 0.01 ± 0.05 의 값을 보였다. 상악절치 절단면은 0.03 ± 0.17 , 하악절치 절단면은 0.10 ± 0.38 , 상악 제 1 대구치 원심접촉점은 0.25 ± 1.41 였다. 하악점(Pogonion)과 악각점(gonion)은 각각 0.11 ± 0.46 , 0.24 ± 0.50 를 나타내었다. 경추의 CV2ap, CV2ip, IO₂, CV4ip, IO₄는 각각 0.38 ± 0.84 , 0.83 ± 1.24 , 0.48 ± 0.58 , 1.01 ± 1.06 , 0.80 ± 1.02 였다. 설골의 H_{up}, H_{ant}, H_{inf}는 각각 1.22 ± 0.55 , 1.23 ± 1.55 , 1.22 ± 1.88 이었다. 후방 인두벽(PH)에서는 0.53 ± 0.86 였고 혀 배면은 0.27 ± 0.41 였다(표 3).

구조물 총합의 평균 및 표준편차는 각각 두개부 0.09 ± 0.35 , 경부 0.70 ± 0.95 , 설골 1.22 ± 1.33 , 인두강 0.53 ± 0.86 , 혀 0.27 ± 0.41 를 나타내었다(표 4).

IV. 총괄 및 고안

측모 두부방사선 규격사진의 재현성은 환자위치 오차, 방사선노출 오차, 기준점인식 오차, 기준점기록 오차, 필름 부피변화, 필름 질, 계측기 교, tracing 중첩 오차등 여러가지로부터 영향을 받게 된다^{25,26)}.

1947년 Björk²⁷⁾는 방사선노출 오차의 경우 대부분 다른 오차보다 중요성이 적다고 보고하였다. 1953년 Steiner²⁸⁾는 두부 고정기에 모든 구조물이 정중 시상면상에 위치하는 것이 아니고, 두부자체도 회전하여 변화를 보인다고 설명하였으며, 1977년 Show²⁹⁾와 1980년 Aouda, Johnson³⁰⁾은 두부회전 때문에 나타나는 변화는 아주 적다고 결론지었고, 1980년 Gron³¹⁾은 5도의 회전 변화가 선 계측치 0.8%의 차이를 나타낸다고 하였

다. 1974년 Midtgård²¹⁾은 두부 고정기에서의 환자위치로 인한 오차를 연구하여 환자위치를 반복시켜 촬영 했을때의 오차는 아주 적다고 발표 하였으며, 1986년 Houston²²⁾은 측모 두부방사선 규격사진의 오차는 아주 적고 일정하지도 않으므로, 동일한 방사선 사진을 tracing할 때 나타나는 오차보다는 항상 적다고 결론내렸다.

1983년 van Aken³²⁾은 조직의 깊이 차이에 의한 확대를 오차를 최소화 하기위해 물체와 필름간의 거리가 아주 길어야 한다고 주장하였으나 1967년 Carlsson³³⁾은 물체와 필름간의 거리를 155cm, 300cm에서 촬영한 사진을 계측하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다고 하였다.

본 연구에서는 두개와 경부, 설골, 인두강, 혀, 측모연조직등을 포함하여 tracing과 photographic subtraction의 2가지 방법을 이용하여 조사하였다. 두개부 측정치에서 하악 전돌(S-Ar-Go: 0.66 ± 0.70), 후 안면고경(S-Go: 0.58 ± 1.75), 하악지 높이(Ar-Go: 0.48 ± 0.67), 하악체 높이(Go-Mn: 0.46 ± 0.59)의 값에서 특징적으로 높은 차이를 나타내고 있는데 이는 1991년 Cooke²³⁾의 측모 두부방사선 규격사진 계측 오차에 관한 논문에서 악각점의 재현성이 좋지않다고 보고한 것으로 설명될 수 있겠다. 전방 두개저 길이(S-N), 전방 상악 안면고경(Na-A), 하악체 길이(Go-Mn) 차이는 각각 0.24, 0.70, 0.46이었는데 1974년 Midtgård²¹⁾의 두개길이 계측 오차 연구에서 전방 상악 악면고경(Na-A) 측정치가 6%의 오차를 발생하여 결론적으로 전방 두개저 길이 3%나 하악체 길이 1.7%보다 정확성이 부족하다고 주장하였다. 본 연구에서도 전방 두개저 길이(Na-A)가 다른 측정 항목보다는 높은 수치를 나타내고 있다.

1993년 Huggare³⁴⁾는 측모 두부방사선 규격사진 촬영시의 자연 두부위 방법에 관한 연구에서 33명의 환자를 대상으로 두경부 각(NSL/OPT)을 측정하여 1.35의 값을 얻었고, 1971년 Solow, Tallgren³⁵⁾는 1.43의 값을 얻었다. 본 연구에서도 1.28의 유사한 측정치를 얻었다. 또한 경부의 길이(CV2ap-CV4ip)에 관하여 1976년 Solow¹⁸⁾는 두부위치와 두개 안면모양에 관한 연구에서 경부의 길이는 두부위치나 경추 만곡도와 상관없

이 일정하다고 보고하였고, 본 연구에서 평균 차이가 0.40으로 비교적 낮은 수치를 보여 안정성을 나타내었다.

설골의 경우 1959년 Grant³⁶⁾는 1, 2, 3급 부정교합 환자의 설골위치 비교연구에서 '차이가 없다'고 결론내리고, 설골의 위치가 치아에 의해 지배 받기보다는 근육에 의해 지배를 받는다고 보고하였다. 반면 1992년 Adamidis⁶⁾는 1급과 3급 부정교합 환자에서의 설골위치와 경사도를 조사하여, 3급 환자에서 설골이 보다 전방으로 위치한다고 주장하였다. 1963년 Andersen, 1964년 Subtelny, Sakuda³⁷⁾ 등은 개교환자와 정상 교합자 사이의 설골위치 평가에서 '차이가 없다'고 결론내렸고, 1993년 Haralabakis⁵⁾는 같은 연구에서 설골의 수평위치는 차이가 없으나 수직위치는 개교환자에서 구개평면과의 거리가 증가한다고 보고하였다.

설골에 대한 이러한 많은 연구들이 행하여지고 있으나 반복 촬영된 사진에서의 설골 위치 재현성에 관한 보고된 연구는 현재 없는 상태이다.

본 연구에서 설골의 재현성에 대하여 9개의 항목을 조사한 결과 평균 1.37, 표준편차 1.78의 값을 나타내었다. 다른 구조물인 두개골 0.34, 경부 1.02, 인두강 0.55, 혀 0.51, 측모연조직 0.15에 비하여 가장 큰 차이를 나타내었고, photographic subtraction에서도 경부 0.7, 인두강 0.53, 혀 0.27, 두개 0.09에 비하여 평균 1.22의 가장 큰 차이를 보였다. 그러므로 악교정 수술 이후의 설골위치 변화나 설골을 이용한 혀 위치연구, 특별히 설골을 이용한 치료결과 평가등에서는 이점을 고려할 필요가 있다고 하겠다.

인두강(PNS-ad)에 관하여는 1984년 Solow, Nielsen³⁸⁾, 1976년 Solow, Tallgren¹⁸⁾ 등이 기도, 두부위치, 안면 두개모양에 관한 논문에서 두경부 각이 크고 경부가 전방 경사를 나타내는 경우 적은 값을 나타내고, 반대의 경우는 큰 값을 나타낸다고 보고하고 있다. 본 연구에서는 인두강 직경(PNS-ad) 측정치가 평균 0.55를 나타내었다.

방법오차의 측정은 Dahlberg법을 이용하였다. 1988년 Sandham²⁰⁾의 보고에서 두경부 각, 경추접선, 경부 만곡도 측정치가 2.56, 2.44, 0.97, 1982

년 Nielsen, Solow³⁹⁾ 등은 3.39, 3.37, 0.90를 나타내었는데 비해 본 연구에서는 1.75, 1.61, 0.51로 비교적 낮은 수치를 보였다. 이는 방법오차를 줄이기 위해 두번째 사진의 tracing과정에서 첫번째 사진을 참고로 하였기 때문이라 본다. 또한 설골 측정치인 $ML \pm H$, $NSL \pm H$ 에 관해서 본 연구에서는 0.81, 0.68의 값을 얻었는데, 1991년 Athanasiou⁴⁰⁾는 악교정 수술후 설골위치와 인두강의 변화에 대한 연구에서 1.60, 0.05를 보고하고, 2.0이하의 생리적 변위 영역으로 간주할 수 있다고 하였다.

1947년 Björk²⁷⁾, 1966년 Solow⁴¹⁾, 1974년 Midtgård등²¹⁾, 1986년 Houston등²²⁾은 환자위치에 따른 측모 두부방사선 규격사진의 재현성에 관한 연구에서 재현성이 존재하며, 오차의 주요 원인 인자가 아님을 주장하였다. 하지만 이들은 두개와 경부만을 중심으로 재현성을 측정하였고, 방법도 주로 tracing을 통한 계측법이였다.

이는 설골이나 혀, 인두강, 측모연조직등의 재현성에 관한것은 포함되지 않았으며, 또한 tracing에서는 피할수 없는 기준점인식 오차, 연필선 오차(pencil line error)등 오차의 가능성이 있다고 할 수 있겠다. 반면 본 연구는 두개, 경부, 설골, 혀, 인두강, 측모연조직을 포함하여 광범위한 구조물의 재현성을 연구하고, photographic subtraction을 부가적으로 한번 더 이용함으로써 두부위치에 따른 변화를 보다 정확하고 직접적으로 측정하였다.

photographic subtraction은 두 필름 사이의 차이만을 강조하고 판독에 장애가 되는 영상을 제거하는 방법으로 기존의 tracing보다 3배 정도의 정확성이 있다고 보고되었다⁴²⁾. 이 방법은 최초로 Zides des plantes⁴³⁾가 X선 진단에 응용한 후 주로 혈관 조영상에 이용되었으며 치과 영역에서는 타액선 조영술, 치주치료 이후의 치조골 변화 연구, 교정치료 후의 효과 판정과 악골성장의 비교, 악관절 사진의 판정등의 응용에도 시도되었다⁴⁴⁾. 본 연구에서는 tracing과 유사한 부위에 19개의 기준점을 설정하여 조사 하였는바 측모 두부방사선 규격사진의 tracing에 의한 결과와 유사하였고, 설골위치 측정치도 가장 큰 차이를 나타내었다. 1991년 Stabrun⁴⁾는 유년성 류마

티스 관절염 어린이에서의 하악성장과 발육에 관한 논문에서 계수화 기구(digitizing equipment)를 이용하여 측정하였는데, 설골에 대해서도 더 많은 환자를 대상으로 계수화 기구를 이용한 방법으로 재현성 정도가 검증이 될 수 있기를 기대한다.

V. 결 론

50명의 환자를 대상으로 동일한 촬영조건에 의해 반복 촬영된 측모 두부방사선 규격사진을 tracing과 photographic subtraction을 이용하여 두개부, 경부, 설골, 인두강, 혀, 측모연조직부위에 tracing 43항목, photographic subtraction 19항목의 기준점을 설정하여 두 사진의 차이를 조사한 결과는 다음과 같다.

1. tracing에 의해서는 평균 및 표준편차가 두개부 $0.34 \pm 0.62\text{mm}$, 경부 $1.02 \pm 1.59\text{mm}$, 설골 $1.37 \pm 1.78\text{mm}$, 인두강 $0.55 \pm 1.16\text{mm}$, 혀 $0.51 \pm 1.51\text{mm}$, 측모연조직 $0.15 \pm 0.36\text{mm}$ 의 값을 나타내었다.
2. Photographic subtraction에 의해서는 두개부 $0.09 \pm 0.35\text{mm}$, 경부 $0.70 \pm 0.95\text{mm}$, 설골 $1.22 \pm 1.33\text{mm}$, 인두강 $0.53 \pm 0.86\text{mm}$, 혀 $0.27 \pm 0.41\text{mm}$ 의 값을 나타내었다.

REFERENCES

1. Rakosi, T.: An atlas and manual of cephalometric radiography, Wolfe Medical Publications Ltd, Worcester, pp. 7,96-97, 1982.
2. Broabent, B.H.: A new X-ray technique and its application to orthodontia. Angle Orthod 1:45-66, 1931. cited from 1).
3. Marcotte, M.R.: Head posture and dentofacial proportions. Angle Orthod 51:208-213, 1981.
4. Stabrun, A.E.: Impaired mandibular growth and micrognathic development in children with juvenile rheumatoid arthritis. A longitudinal study of lateral cephalographs. Eur J Orthod 13: 423-434, 1991.
5. Haralabakis, N.B., Toutountzakis, N.M., Yiagtzis, S. C.: The hyoid bone position in adult individuals with open bite and normal occlusion. Eur J Orthod 15:265-271, 1993.
6. Adamidis, I. P., Spyfopoulos, M.N.: Hyoid bone position and orientation in Class I and Class III malocclusions. Am J Orthod Dentofac Orthop 101:308-312, 1992.
7. Wickwire, N. A., Lexington, K., White, R.P., Richmond, V., Proffit, W.R., Lexington, K.: The effect of mandibular osteotomy on tongue position. J Oral Surg 30:184-190, 1972.
8. 김 여갑: 악교정수술시 경조직 변화에 따른 연조직 변화에 관한 연구. 대한 치과 의사 협회지 25: 81-91, 1987.
9. Ayoub, A.F.: Soft tissue response to anterior maxillary osteotomy. Int J Adult Orthod Orthognath Surg 6:183-190, 1991.
10. Davis, W.H., Davis, C.L.: Long-term bony and soft tissue stability following advancement genioplasty. J Oral Maxillofac Surg 46:731-735, 1988.
11. Athanasiou, A.E., Mavreas, D., Toutountzakis, N., Ritzau, M.: Skeletal stability after surgical correction of mandibular prognathism by vertical ramus osteotomy. Eur J Orthod 14: 117-124, 1992.
12. 서 연훈: 혼합 치열기 아동의 연조직 측모에 관한 두부방사선 계측학적 연구. 대한 치과 의사 협회지 24:143-150, 1986.
13. Hoenig, J.F., Schoener, W.F.: Radiological survey of the cervical spine in cleft lip and palate. Dentomaxillofac Radiol 21:36-39, 1992.
14. Sofou, A.M., Mordohai, I.D., Emmanouel, I., Markovitsi, H., Pissiotis, A.L.: Using cephalometry to evaluate maxillomandibular relationships in complete denture construction. Int J Prosthodont 6:540-545, 1993.
15. Edwards, C.L., Lejeune, C., Richards, M.W., Billy, E.J., Neilans, L.C.: Using computerized cephalometric to analyze the vertical dimension of occlusion. Int J Prosthodont 6:371-376, 1993.
16. Sloan, R.F., Bench, R.W., Mulick, R.M., Ricketts, R.M., Brummett, S.W., Westover, J.L.: The application of cephalometrics to cinefluorography: Comparative analysis of hyoid movement patterns during deglutition in Class I and Class III orthodontic patients. Angle Orthod 37:26-34, 1967.
17. Pharoah, M.J.: Imaging techniques and their

- clinical significance. *Int J Prosthodont* 6: 176-179, 1993.
18. Solow, B., Tallgren, A. : Head posture and craniofacial morphology. *Am J Phys Anthrop* 44:417- 436, 1976.
 19. Sandler, P.J.:Effect of patient repositioning on cephalometric measurements. *Br J Orthod* 15: 17-21, 1987.
 20. Sandham, A. : Repeatability of head posture recordings from lateral cephalometric radiographs. *Br J Orthod* 15:157-162, 1988.
 21. Midtgård, J., Björk, G., Linder-Aronson, S.: Reproducibility of cephalometric landmarks and errors of measurements of cephalometric cranial distances. *Angle Orthod* 44:56-61, 1974.
 22. Houston, W.J., Maher, R.E., McElroy, D., Sheriff, M.:Sources of error in measurements from cephalometric radiographs. *Eur J Orthod* 8:149-151, 1986.
 23. Cooke,M.S.,Stephen HY:Cephalometric errors: A comparison between repeat measurements and retaken radiographs. *Aust Dent J* 36:38-43, 1991.
 24. Dahlberg,G.:Statistical methods for medical and biological students, Interscience Publications, New York, 1940.
 25. Ahlqvist,J.,Eliasson,S.,Welander,U.: The effect of projection errors on angular measurements in cephalometry. *Eur J Orthod* 10:353-361, 1988.
 26. 김 혜경, 김 기수:두부 X-선규격사진의 계측오차. *치과 교정학 전공의 학술 발표집*. 4:114-120, 1988.
 27. Björk, A.: The face in profile. *Sven Tandlak Tidsskr* 40:30-50, 1947.
 28. Steiner,C.C.: Cephalometrics for you and me. *Am J of Orthod* 39:720-755, 1953.
 29. Show,W.C.:Problems of accuracy and reliability in cephalometric studies with implants in infants with cleft lip and palate. *Br J Orthod* 4:93-100, 1977.
 30. Aouda,F.D.,Johnson,J.X. : Possible effects of a misaligned later skull cephalometric radiograph on the values of routine planes and angles used to aid clinical orthodontic diagnosis. *Int Res Communi Sys,Med Science* 8:175-176, 1980.
 31. Gron,P. : A cephalometric evaluation of image size in dental radiograph. *J Dent Res* 39: 853-859, 1980.
 32. van Aken,J.:Geometrical errors in lateral skull x-ray projections *Nederlands Tidschrift voor Tandheelkunde*.70:18-30, 1963.
 33. Carlsson,G.E.:Errors in X-ray cephalometry. *O-dontologisk Tidskrift* 74:99-129, 1949.
 34. Huggare,J.Å.V.:A natural head position technique for radiographic cephalometry. *Dento-maxillofac Radiol* 22:74-76, 1993.
 35. Solow,B.,Tallgren A.: Natural head position in standing subjects. *Acta Odont Scand* 29: 591-607. 1971
 36. Grant,L.E.:A radiographic study of hyoid bone position in Angle's Class I, II, and III malocclusions. Master's Thesis, University of Kansas, 1959.
 37. Subtelny,J.D.,Sakuda,M.:Open bite. Diagnosis and treatment. *Am J Orthod*. 50:337-358, 1964.
 38. Solow,B.,Siersbaek-Nielsen,S.:Airway adequacy, head posture, and craniofacial morphology. *Am J Orthod* 86:214-223, 1984.
 39. Siersbaek-Nielsen,S.,Solow,B.:Intra and inter-examiner variability in head posture recorded by dental auxiliaries. *Am J Orthod* 82:50-57, 1982.
 40. Athanasiou, A.E., Toutountzakis, N., Mavreas, D., Wenzel,A.:Alterations of hyoid bone position and pharyngeal depth and their relationship after surgical correction of mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 100:259-265, 1991.
 41. Solow,B.:The patterns of craniofacial associations: A morphological and methodological correlation and factor analysis study on young adult males. *Acta Odont Scand*, 24, Supplement 46:9-174, 1966.
 42. Kanto, M.L., Phillips, C.L., Proffit, W.R.: Subtraction radiography to assess reproducibility of patient positioning in cephalometrics. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 104: 350-354, 1993.
 43. Zides des plantes,B.G. : *Subtraktion*, Thieme Verlag. Stuttgart, 1961.
 44. 라 춘화:Subtraction법을 이용한 악관절 X-선 사진 판독에 관한 연구. 대한 구강 악안면 방사선 학회지 17:175-184, 1987.

-ABSTRACT-

EVALUATION OF THE REPRODUCIBILITY IN CEPHALOGRAPHY USING ROENTGENOCEPHALOMETRICS AND PHOTOGRAPHIC SUBTRACTION

Seon-Doo Jeon, Kyung-Soo Nha

Department of Dental Radiology, College of Dentistry, Pusan National University

The reproducibility of cephalography in repeated exposures were studied by tracing and photographic subtraction. The materials consisted of 50 pairs of 'same day' radiograph taken under identical conditions. The evaluation included skull, cervical column, hyoid bone, pharynx, tongue, soft tissue profile resulting 43 items in tracing, and 19 items in photographic subtraction.

The results obtained from the differences between each pair were as follows:

1. The means and standard deviations by tracing of skull, cervical column, hyoid bone, pharynx, tongue, soft tissue profile were $0.34 \pm 0.62\text{mm}$, $1.02 \pm 1.59\text{mm}$, $1.37 \pm 1.78\text{mm}$, $0.55 \pm 1.16\text{mm}$, $0.51 \pm 1.51\text{mm}$, $0.15 \pm 0.36\text{mm}$ each.
2. The means and standard deviations by photographic subtraction of skull, cervical column, hyoid bone, pharynx, tongue were $0.09 \pm 0.35\text{mm}$, $0.70 \pm 0.95\text{mm}$, $1.22 \pm 1.33\text{mm}$, $0.53 \pm 0.86\text{mm}$, $0.27 \pm 0.41\text{mm}$ each.