

구순구개열의 비구순변형에서 3차원 입체 laser 스캐너를 이용한 계측분석 프로그램의 개발

김석화¹ · 박종립² · 김재찬¹ · 백승학³ · 손우길⁴

서울대학교 어린이병원 소아성형외과¹, 보라매병원 성형외과², 치과대학 치과교정과³, 유켄비 성형외과⁴

Development of Computerized Anthropometric Analysis Model in Cleft Lip Nasal Deformity Using 3D Laser Scanned Facial Cast Model

Suk Wha Kim, M.D.¹, Jong Lim Park, M.D.²,
Jae Chan Kim, DDS¹, Seung Hak Baek, DDS³,
Woo Gil Son, M.D.⁴

¹Division of Pediatric Surgery, Seoul National University
Children's Hospital, ²Department of Plastic and Reconstructive
Surgery, Seoul National University Boramae Hospital,
³Department of Orthodontics, School of Dentistry, Seoul
National University Dental Hospital, ⁴UcanB Plastic Surgery,
Seoul, Korea

Purpose: The purpose of this study is to develop three-dimensional computerized anthropometry(3DCA) and to compare its reliability and accuracy 3DCA with manual anthropometry(MA) for measurement of lips and nasal deformities in unilateral cleft lips and palate(UCLP) patients.

Methods: Samples were consisted of six UCLP patients whose facial plaster models were available immediately before and 3 months after the cleft lip surgery. MA of the facial plaster models was carried out using an electronic caliper. In 3DCA, three-dimensional auto-measuring program was used to digitize landmarks and to measure three-dimensional virtual facial models (3DVFM), which was generated with a laser scanner and 3D virtual modeling program. Intraclass correlation coefficients(ICC) were calculated to evaluate reliability and reproducibility of the variables in both methods, and Wilcoxon's signed rank test was done to investigate the difference in values of the same variables of facial models of each patient between two methods.

Results: All ICC values were higher than 0.8, so both

methods could be considered reliable. Although most variables showed statistical differences between two methods($p < 0.05$), differences between mean values were very small and could be considered not significant in clinical situation.

Conclusion: In clinical situation, 3DCA can be an objective, reliable and accurate tool for evaluation of lips and nasal deformities in the cleft patients.

Key Words: Three dimensional computerized anthropometry, Manual anthropometry, Cleft lip

IV. 결 론

구순구개열 환자에서 균형잡힌 얼굴형태를 재건하는 것은 신체적인 측면뿐만 아니라 정신적인 측면에서도 중요하다.¹ 그러므로 비구순변형의 술전, 술후 평가는 정량적인 인체계측을 통하여 이환되지 않은 반대측이나 정상인과의 비교가 필요하며,^{2,3} 의료진 간의 의사소통, 진료기록의 보관과 수술 계획의 수립을 위하여 정량적인 비교가 필수적으로 요구된다.

얼굴의 구조를 평가하기 위한 두개안면 계측분석법에는 전통적 직접수기측정법(traditional direct manual measurements), 사진측정법(photographic measurements)과 전산화측정법(computerized measurements)의 3가지 방법이 있다.

Farkas와 Cheung⁴과 Farkas 등⁵은 얼굴부위의 표준값과 비례비를 얻는 전통적인 직접수기 두개안면 계측분석법(traditional direct manual anthropometry, TDMA)을 소개하였다. 이 방법은 상대적으로 간단하고 의사와 환자가 변형의 정도와 수술의 결과에 대하여 술전, 술후 평가를 할 수 있게 해준다. 그러나 기준점의 설정이 주관적이고 실제 측정 시마다 캘리퍼(caliper)나 자(ruler)가 피부에 가하는 압력이 달라질 수 있으며 환자의 순응도와 얼굴 표정에 의해 측정값이 변할 수 있다는 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 측정을 수 회 반복하여 평균값을 얻는 방법을 사용하기도 하지만, 반복적인 측정과정에 시간과 노력이 많이 들며 객관적이고 신뢰성 있는 측정값을 얻지 못할 수 있다.

Received April 17, 2008

Revised April 23, 2008

Address Correspondence: Jong Lim Park, M.D., Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Seoul National University Boramae Hospital, 425 Shindaebang 2-dong, Dongjak-gu, Seoul 156-707, Korea. Tel: 02) 840-2825 / Fax: 02) 831-0714 / E-mail: jlpark@chol.com

* 본 논문은 서울대학교병원 일반연구비(04-2003-009-0)에 의해 이루어진 것임.

사진측정법은^{6,8} 간단하고, 비교적 저렴하면서도 비침습적인 장점을 가지고 있지만, 조명상태, 카메라와 피사체 간의 거리, 접사각 등에 의한 왜곡이 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위하여 표준화된 사진기법(standardized photographic technique)이 도입되었으나,^{6,9} 그럼에도 불구하고 본질적으로 2차원적인 측정이기 때문에 정확한 방법이라고 하기는 힘들다.

3차원적인 해부학적 구조를 측정하기 위하여 Friede 등¹⁰이 제안한 안면부 모형이 널리 사용되고 있다. 그러나 이 방법은 모형을 채득하는 과정에서 연부조직에 가해진 압력으로 인하여 변형이 쉽게 발생하는 단점이 있다. 이를 해결하기 위하여 3차원 전산화단층촬영술을 이용하는 방법이나, 3차원 레이저/가시광선 스캐닝을 이용하는 방법 또는 3차원 디지털사진을 이용한 측정법이 개발되었다.^{3,11-14} 3차원 전산화단층촬영술은 근골격계 평가에는 좋은 방법이지만 연부조직의 밀도가 뼈보다 낮기 때문에 연부조직의 영상은 상대적으로 낮은 해상도를 보여 연부조직의 평가에는 좋은 방법이라고 하기 어렵다. 3차원 레이저스캐닝이나 가시광선스캐닝은 3차원 전산화단층촬영술과 비교하여 간단한 방법으로 더 정확한 3차원적인 자료를 얻을 수 있다는 장점이 있으나 스캐닝 과정 동안 영상의 왜곡을 줄이기 위하여 환자가 얼굴을 이완시킨 상태로 움직이지 않아야 하는 단점이 있다. 구순열 수술이 환자의 순응도가 낮은 매우 어린 시기에 이루어진다는 것을 감안하면 이러한 문제가 더욱 크게 부각되게 된다. 따라서 영아기 구순구개열 환자의 3차원 얼굴 영상을 얻기 위해서는 전신마취 하에서 안면부 모형을 채취하여 모형을 3차원 스캐닝하는 간접적인 방법이 유용하다고 할 수 있다. 최

근 레이저 스캐너(Orapix®, KCI)와 3차원 가상모형프로그램(3Dxer, KCI)을 이용하여 얻어진 3차원 가상 안면 모형(three-dimensional virtual facial models, 3DVFM)을 이용한 3차원 전산화 두개안면 계측분석법(three-dimensional computerized anthropometry, 3DCA)이 개발되었으나¹⁵ 아직 신뢰도와 정확도에 논의의 여지가 있다. 본 연구에서는 연구진이 개발한 3차원 전산화 두개안면 계측분석 프로그램(Cleft analysis®)을 이용하여 편측성 구순구개열(unilateral cleft lip and palate, UCLP) 환자의 비구순변형을 측정함에 있어서 3DCA의 신뢰도와 정확도를 MA와 비교해보고자 한다.

II. 재료 및 방법

환자는 서울대학교 어린이병원 소아성형외과에서 수술받은 환자 중 수술 직전(T0, 평균연령 3.9개월)과 수술 3개월 후(T1, 평균연령 6.3개월) 안면모형 제작이 가능하였던 6명(남자 3명, 여자 3명)의 편측성 구순구개열 환자를 대상으로 하였다. 전신마취 하에 얼굴근육을 이완시킨 상태에서 액상상태의 실리콘 주조물(Exaflex, light body injection type, GC, Tokyo, Japan)을 얼굴에 부어 연부조직의 일그러짐을 최소화하면서 안면모형을 얻었다.

편측성 구순구개열 환자의 비구순변형을 측정하기 위하여 10개의 기준점(Table I)을 설정하고 10개의 변수(Table II)를 MA와 3DCA로 측정하였다.

MA는 휴대용 전자식 캘리퍼(EAGEL digimatic, 150 × 0.01 mm, Frontier®, China)를 사용하여 측정하였다. 3DCA는 3차원 전산화 두개안면 계측분석 프로그램

Table I. Facial Landmarks and Reference Lines used in This Study

Facial landmarks and reference line	Description
Al	Alare
Prn	Pronasale
Ac	Alar curvature point, the facial insertion of alar base
n	Nasale
Sn	Subnasale, the midpoint of the columellar base
Ls	Labiale superius, the lowest point of cupid bow
Cph	Crista philtri point in the non-cleft side
Cph'	Crista philtri point estimated
Sbal	Subalare
C	The highest point of the columella in the non-cleft side

Table II. Variables used in This Study

Variables	Description
Al-Al'	Nasal width, distance between right and left alare points
Sn-Prn	Nasal tip protrusion, distance between subnasale and pronasale
Ac-Sn	Distance between alar curvature point and subnasale in the non-cleft side
Ac'-Sn	Distance between alar curvature point and subnasale in the cleft side
Ls-Cph	Distance between the lowest point of cupid bow and the highest point of cupid bow in the non-cleft side
Ls-Cph'	Distance between the lowest point of cupid bow and the estimated crista philtri point in the cleft side
Sn-n	Nasal height, distance between subnasale and nasale
Sn-C	Columellar height in the non-cleft side
Sbal-Ls	Distance between subalare and labiale superius
Sbal-Ls'	Distance between subalare and labiale superius in the cleft side

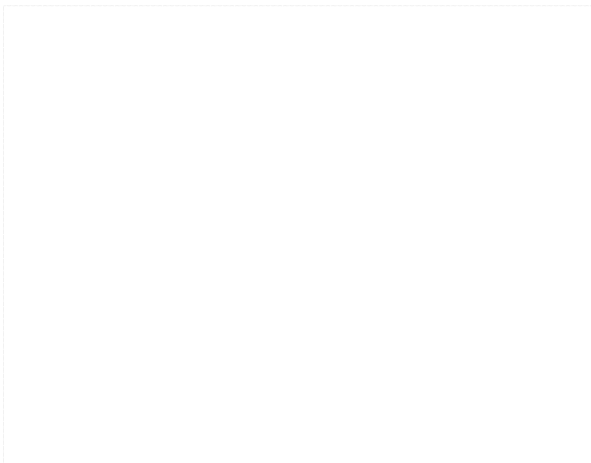


Fig. 1. Three-dimensional virtual facial model of the unilateral cleft lip and palate patient using laser scanning machine(Orapix®, KCI, Seoul, Korea) and three-dimensional virtual modeling program(3Dxer®, KCI).

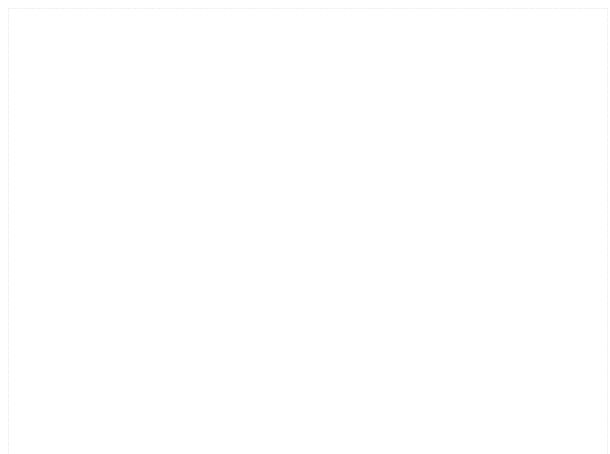


Fig. 2. A computerized anthropometric analysis of the lips and nasal deformities in cleft patients using three-dimensional auto-measuring program(Cleft analysis®, KCI, Seoul, Korea).

(Cleft analysis®, KCI, Seoul, Korea)을 사용하여 기준점들을 디지털화하고 레이저 스캐너(Orapix®, KCI)와 3차원 가상모형프로그램(3Dxer, KCI)을 통한 3DVFM에서 변수들을 측정하였다(Fig. 1, 2). 제조사에서 밝히는 측정된 점들로부터 각각의 좌표들의 오차는 100 mm당 ± 20 μm였다. 측정하는 사람 간의 오차를 없애기 위하여 한 사람이 1주일 간격으로 MA와 3DCA 각각에 대하여 10회 반복하여 측정하였다. 변수들은 0.01 mm 단위로 측정하였다.

두 가지 방법으로 T0과 T1 안면모형에서 측정된 변수들의 내부 일관성(신뢰도)과 재현성을 평가하기 위하여 등급 내 상관계수(intraclass correlation coefficient,

ICC)를 계산하였고 T0과 T1 얼굴모형에서 두 가지 방법으로 측정된 측정값 간의 차이를 알아보기 위하여 Wilcoxon signed rank test를 시행하였다. ICC 값이 0.8보다 크면 각각의 모형에서 반복하여 측정된 값이 일관적이고 신뢰할 만 하다고 판단하였고, Wilcoxon signed rank test에서 p값이 0.05보다 작으면 두 방법에서 대응하는 변수가 유의한 차이가 있는 것으로 판단하였다.

III. 결 과

ICC 값과 통계 결과는 Table III과 같다. 모든 ICC 값은 0.8보다 높았으며 이는 MA와 3DCA로 구한 T0과

Table III. Intraclass Correlation Coefficient and Wilcoxon signed Rank Test of Manual Anthropometry and 3-Dimensional computerized Anthropometry Measurements

	Manual anthropometry			Three-dimensional computerized anthropometry			Difference	p-value
	ICC	LS mean*	SE	ICC	LS mean	SE		
al-al'	1.00	31.56	0.03	1.00	31.27	0.03	0.29	<0.01
sn-prn	0.99	12.64	0.05	1.00	12.30	0.05	0.34	<0.01
ac-sn	1.00	13.13	0.04	1.00	13.36	0.04	0.23	<0.01
ac'-sn	1.00	17.45	0.03	1.00	16.91	0.03	0.54	<0.01
Is-cph	0.99	4.11	0.03	1.00	3.98	0.03	0.13	<0.01
Is-cph'	1.00	4.13	0.02	1.00	4.05	0.02	0.08	<0.01
sn-n	1.00	23.99	0.09	1.00	23.72	0.07	0.28	0.02
sn-c	1.00	5.11	0.03	0.99	5.21	0.03	0.10	0.03
Sbal-Is	0.89	13.52	0.05	1.00	13.63	0.05	0.11	0.11
Sbal-Is'	0.96	22.47	0.06	1.00	23.05	0.06	0.58	<0.01

* LS mean stands for least square; SE, standard error; ICC, Intraclass correlation coefficient.

Manual and three dimensional computerized measurements were done ten times with one week interval by one examiner. Wilcoxon signed rank test was performed to compare two methods.

All ICC values were greater than 0.8 so both methods could be considered reliable and reproducible.

T1 얼굴모형에서 각각의 변수가 내부 일관성(신뢰도)과 재현성이 있음을 의미한다. 또한 3DCA의 ICC 값은 1.00이거나 1.00에 가까워 3DCA가 MA보다 더 신뢰도가 높고, 재현성이 좋은 방법임을 알 수 있었다.

그러나 MA와 3DCA 간의 Wilcoxon signed rank test는 sbal-Is 변수를 제외하고는 통계학적인 차이를 보였다. 이는 좁은 표준오차 범위 때문인 것으로 생각되며 평균값 간의 차이는 모두 0.58 mm보다 작았다.

임상적으로 0.58 mm 정도의 차이는 무시할 수 있으며 시각적인 얼굴 모양의 평가나 수술계획 수립에 영향을 주지 않는다고 볼 수 있으므로, 위의 결과는 3DCA와 MA모두 안면모형을 측정하였을 때 같은 변수들에 대하여 비슷한 측정치를 보이며, 임상적으로 사용하기에는 충분히 정확하다는 것을 보여준다.

IV. 고 찰

조화롭고 균형 잡힌 얼굴모습의 재건은 구순열 수술에 있어서 가장 중요한 목표의 하나일 것이다. 따라서 환자 안면부의 변형 정도의 수술 전 분석과 수술 후 분석, 변형이 없는 정상부위나 정상적인 쪽과의 정량적 분석은 매우 중요하다.

두개안면 계측 분석(cranio-facial anthropometric analysis)은 외형적 특성, 대칭성, 정상과 비교하여 변

형된 정도를 나타내주는 중요한 방법이며, 수술자와 환자에게 두개안면 수술 후에 수술의 결과를 알려주는 표준적인 방법이다. 이러한 이유로 두개안면 계측법과 많은 변형법들이 두개안면 기형이 있는 환자들의 평가 방법으로 흔히 사용되고 있고, 많은 귀중한 자료와 논문들이 이를 기반으로 작성되고 있다. 그러나 앞서 기술한 계측의 일관성과 관련된 문제 이외에도 측정된 이후 환자의 얼굴이 성장하거나 수술을 받으면 측정치를 재현할 수 없다는 큰 문제점을 가지고 있고, 따라서 기존에 측정하지 않은 다른 변수에 대한 데이터는 후향적으로 얻을 수 없는 단점도 있다.

안면부 모형은 Friede 등이 3차원적인 해부학 구조를 측정하기 위하여 채택한 이래 널리 사용되고 있다.¹⁰ 이 안면부 모형은 안면부 구조물 간의 3차원적인 관계를 잘 측정할 수 있을 뿐 아니라 후향적(retrospective) 연구가 용이하고 데이터의 보관이 반영구적이라는 장점들 때문에 널리 사용되어 왔다. 그러나 안면 모형을 채득하는 과정에서 변형이 발생하기 쉬우며, 이를 최소화하기 위한 적절한 기술이 필요하고, 모형의 갯수가 늘어나면서 보관과 분류가 쉽지 않은 단점이 있다.

본 연구에서 사용된 안면 모형은 전신마취 하에서 얻어져서, 기도 삽관을 위한 삽관 튜브가 아랫입술을 가리기 때문에 하안면부는 다소 부정확 할 수도 있다. 그러나 전신마취 하에서는 안면부 근육의 긴장이 없어 안

면근육의 긴장도에 의한 변형이 최소화 될 수 있고, 안면부의 본을 뜨는 재료를 액상인 상태에서 사용하여 연부조직에 압력을 최소화하여 압력에 의한 변형도 최소화 할 수 있어 윗 입술부위와 코부위를 평가하는 데에는 좋은 모델이라고 생각된다. 결과적으로 이렇게 얻어진 안면부 모형을 이용한 3DFM과 3DCA는 나이가 어려 환자 순응도가 낮은 구순열 환자의 입술과 코를 정확하게 평가 할 수 있게 해준다.

Aldridge 등은 기존의 방법들과 비교할 때 3차원 디지털사진을 이용한 측정법이 매우 재현성이 높고, 정확한 결과를 얻을 수 있다고 보고하고 있으나,¹³ 3차원 모델을 얻는 방법의 차이는 있지만 저자들의 방법 역시 측정치의 신뢰도는 매우 높았다(Table III).

Foong 등은 평면적인 이미지에서 측정점들을 결정하는 것과 비교하여 3차원적인 이미지 상에서 측정점들을 결정하기가 더 쉽고 높은 신뢰도를 보인다고 하였다.¹² 본 연구를 진행하는 데에 있어서도 3차원적인 모형을 회전시키고 확대하여 봄으로써 측정점을 결정하는데 많은 도움을 받을 수 있었다. 가상적이거나 정의가 다소 불명확한 점, 예를 들자면 Cph'(Crista philtri point estimated), Ac(Alar curvature point, the facial insertion of alar base) and Sbal(Subalare) 등의 측정점들은 선형적 연구에서는 결정하는 데에 있어서 다소 어려움이 있었으나, 측정자가 훈련이 됨에 따라 이러한 문제는 해결이 되었다.

3DCA를 이용한 측정법과 수기를 이용한 측정치 간에 약간의 차이는 있지만, 3DVFM을 이용한 방법이 일련의 많은 안면 모형을 저장하는 데에 있어서는 우위에 있다고 할 수 있다. 많은 병원과 연구자들에게 있어 안면부 모형을 보관하는 공간과 모형들의 체계적인 분류는 골치 아픈 문제일 수밖에 없으나, 3DVFM을 이용할 경우 이러한 문제가 해결 될 수 있고, 연구의 용이성이나 속도를 매우 증대 시켜 줄 수 있다.

3DVFM을 이용한 계측법에서 또 하나의 큰 장점은 기존의 방법들로는 측정이 힘든 세 점이 이루는 각도나 기준면에서 특정 점까지의 거리 등을 용이하게 측정할 수 있다는 것이다. 이러한 각도나 기준면에서의 거리는 구순열의 변형을 평가하는 데에 있어 매우 유용하고 중요하지만 수기적인 방법으로는 측정이 매우 어려워서 두 측정법 간의 정확도를 평가하는 본 연구의 목적에는 부합되지 않아 본 연구에서는 제외하였다. 비록 본 연구에서 다루어지지 않았지만 이러한 측정값들을 측정 할 수 있다는 것은 3DCA법의 큰 장점이라 할 수 있을 것이다.

본 연구에서 MA 측정법과 3DCA 측정법간에 측정값

에 통계적인 차이가 존재하였다. 그러나 역설적으로 이러한 통계적인 차이는 너무 정확한 측정에서 기인한다고 생각된다. 본 연구의 측정값을 분석해보면, ICC값은 매우 높고 표준 오차범위가 매우 좁았다. 이러한 좁은 표준 오차범위는 데이터의 분포 곡선을 매우 좁은 범위로 한정하게 되고, 따라서 두 측정군의 분포 곡선이 겹치기 어렵게 되어 통계적인 차이가 발생하게 된다. 비록 수치상으로는 통계적인 차이가 존재하지만, 임상적인 관점에서 보면 아주 작은 차이는 얼굴의 모양의 평가나 수술의 계획 수립, 수술 후 결과를 평가하는 데에 있어 의미 있는 차이라고 보기 어렵다. 본 연구에서 두 측정법으로 측정한 평균측정값들의 차이는 0.5 mm 정도거나 그 이하였다. 이정도 수치의 차이는 통계상으로는 의미가 있으나 실제 임상에서 적용하는 데에 있어서 유의한 차이는 아니라고 생각된다.

V. 결 론

3차원 가상 안면 모형을 이용한 3차원 전산화 두개안면 계측분석법은 기존의 방법들과 비교하여 여러가지 장점을 가지고 있으며, 임상적으로 구순열 환자의 입술과 코의 변형을 평가하고 수술 계획을 수립하는데 있어 객관적이고 비교적 정확한 방법이라고 생각된다.

REFERENCES

1. Tobiasen JM, Hiebert JM: Clefting and psychosocial adjustment. Influence of facial aesthetics. *Clin Plast Surg* 20: 623, 1993
2. Shaw WC, Dahl E, Asher-McDade C, Brattstrom V, Mars M, McWilliam J, Molsted K, Plint DA, Prah-Andersen B, Roberts C, et al.: A six-center international study of treatment outcome in patients with clefts of the lip and palate: Part 5. General discussion and conclusions. *Cleft Palate Craniofac J* 29: 413, 1992
3. Duffy S, Noar JH, Evans RD, Sanders R: Three-dimensional analysis of the child cleft face. *Cleft Palate Craniofac J* 37: 137, 2000
4. Farkas LG, Cheung G: Facial asymmetry in healthy North American Caucasians. An anthropometrical study. *Angle Orthod* 51: 70, 1981
5. Farkas LG, Kolar JC, Munro IR: Geography of the nose: a morphometric study. *Aesthetic Plast Surg* 10: 191, 1986
6. Fricker JP: Standardized facial photography. *Aust Orthod J* 7: 168, 1982
7. Kohout MP, Aljaro LM, Farkas LG, Mulliken JB: Photogrammetric comparison of two methods for synchronous repair of bilateral cleft lip and nasal deformity. *Plast Reconstr Surg* 102: 1339, 1998
8. Ali SA, Mossey P, Gillgrass T: A study model based

- photographic method for assessment of surgical treatment outcome in unilateral cleft lip and palate patients. *Eur J Orthod* 28: 366, 2006
9. Vegter F, Hage JJ: Standardized facial photography of cleft patients: just fit the grid? *Cleft Palate Craniofac J* 37: 435, 2000
 10. Friede H, Lilja J, Johanson B: Lip-nose morphology and symmetry in unilateral cleft lip and palate patients following a two-stage lip closure. *Scand J Plast Reconstr Surg* 14: 55, 1980
 11. Fisher DM, Lo LJ, Chen YR, Noordhoff MS: Three-dimensional computed tomographic analysis of the primary nasal deformity in 3-month-old infants with complete unilateral cleft lip and palate. *Plast Reconstr Surg* 103: 1826, 1999
 12. Foong KW, Sandham A, Ong SH, Wong CW, Wang Y, Kassim A: Surface laser scanning of the cleft palate deformity--validation of the method. *Ann Acad Med Singapore* 28: 642, 1999
 13. Aldridge K, Boyadjiev SA, Capone GT, DeLeon VB, Richtsmeier JT: Precision and error of three-dimensional phenotypic measures acquired from 3dMD photogrammetric images. *Am J Med Genet A* 138: 247, 2005
 14. Weinberg SM, Naidoo S, Govier DP, Martin RA, Kane AA, Marazita ML: Anthropometric precision and accuracy of digital three-dimensional photogrammetry: comparing the Genex and 3dMD imaging systems with one another and with direct anthropometry. *J Craniofac Surg* 17: 477, 2006
 15. Baek SH, Son WS: Difference in alveolar molding effect and growth in the cleft segments: 3-dimensional analysis of unilateral cleft lip and palate patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 102: 160, 2006