스캐닝 시스템과 하악용 가변형 트레이의 재현성

Scanning System and Reproduction of Adjustable Lower Dental Impression Tray

차 영엽*, 엄 상 호

(Young-Youp Cha¹ and Sang-Ho Eom¹)

¹Wonkwang University

Abstract: This study was performed to development a dental three-dimensional laser scanning system and measure the accuracy of new adjustable lower dental impression trays. Multiple impressions of a resin master model were made with custom, stock and new adjustable trays and vinyl polysiloxane impression material. The lower master model and resulting cast were compared using an dental scanning system. Each 3D image was superimposed onto the lower master model image and analyzed with custom software. Multiple measurements of the lower master model and casts were analyzed to determine the accuracy of tray types.

Keywords: dental system, scanning system, dental impression tray, CAD/CAM system

I. 서론

가장 정확한 치과모형을 얻기 위한 치과재료의 선택을 위한 많은 연구들이 행해져왔고, 높은 정확성과 안정성 때문에 탄성 인상재들이 일반적으로 많이 사용되어져 왔다 [1]. 트레이는 기성 트레이와 개인 트레이가 사용되고 있으며 오래 전부터 고무인상재를 위한 트레이로는 레진으로 제작된 개인 트레이가 사용되어 왔는데 이는 인상재의 두께를 균일하게 하여 인상재의 경화 시 나타나는 크기의 변화를 최소화하기 위함이다. 개인 트레이를 사용해 2~4mm의 두께로 사용될 때 탄성 인상재는 적절한 체적안정성을 갖는다[2,3]. 하지만 이러한 개인 트레이의 사용은 시간적, 경제적으로 많은 부담을 주고 있어 최근에는 진단용 모형 제작만이 아니라 작업모형의 제작을 위해 정밀 인상재를 사용하는 경우에도 기성 트레이를 활용하는 빈도가 증가하는 추세에 있다.

성공적인 인상이 채득되기 위해서 인상재는 임상적으로 요구되는 경화의 특징과 정확성, 견고성 및 영구성을 지녀 변형이 적어야 하며 경제적으로도 합당하고 조작이 간편해야 한다. 인상에 영향을 주는 여러 요인 중 인상재의 발전은 괄목한 것으로 인상재료의 조작성과 정확성은 크게 향상되었다. 탄성 인상재는 높은 탄성복원력을 가지며 낮은 변형율과 적절한 찢김 저항을 가진다. 아울러 트레이도 개인 트레이를 위한 각종 레진의 개발이 이루어지고 있고 다양한 형태의 기성 트레이가 소개되고 있다.

본 연구는 3차원 치과용 스캐닝 시스템을 개발하고, 레진으로 제작된 하악용 마스터모형을 금속 기성 트레이, 개인 트레이와 새로 개발된 가변형 트레이를 이용하여 인상을 채득하고 모형을 제작한 후 3차원 치과용 스캐닝 시스템을 이용하여 인상 전 마스터 모델과 인상 후 석고모형의 미세 형태 변화를 비교 연구함으로써 하악용 가변형 트레이의 모형 재현성을 알아보고자 한다.

II. 치과용 트레이

현재 치과임상에서 사용되고 있는 유치악용 기성 트레이는 사람에 따라 각기 다른 악궁의 크기에 따라 일반적으로 상악 3개, 하악 3개로 모두 6개가 사용되고 있다. 그러나 경우에 따라서는 악궁이 커서 기존의 기성 트레이로는 인상을 채득할 수 없어 트레이를 변형시켜 인상을 채득해야 하는 등의 어려움을 겪고 있다.

또한 한국인의 악궁형태는 서양인과 비교할 때 서로 차이점이 있으며, 크기에 있어서도 한국인이 서양인에 비해 견치간 거리, 구치간 거리가 큰 것으로 알려져 있다[4]. 그러나 국내에서 널리 사용되고 있는 기성 트레이는 서양인에 맞게 만든 외국제품이거나 국산이라 하더라도 외국제품을 모방한 제품이다. 따라서 한국인 악궁에 맞는 트레이의 설계가 꼭 필요한 실정이다.

1997년 신 등[5]은 한국인 성인에 대한 기성 트레이의 적합도에 관하여 연구하였으며, 소형과 중형 트레이의 사용 빈도가 현저하게 낮아 트레이의 크기가 대체로 작으며 트레이의 폭경에 있어서도 상악 구치부 협측에서 특히 좁은 것을 알 수 있었으며 또한 구개부의 인상재의 두께는 너무 커 변형이 필요하다는 것과 하악의 설소대 부위의 트레이 길이가 다소 길다는 사실을 알 수 있었다. 또한 1995년 송 등[4]은 악궁의 크기와 형태에 관하여 연구하여, 한국형 유

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2010. 11. 25., 수정: 2010. 11. 26., 채택확정: 2010. 12. 23.

차영엽: 원광대학교 기계자동차공학부(ggypcha@wonkwang.ac.kr)

엄상호: 원광대학교 치과대학 대학원(admin@aceimplant.co.kr)

※ 본 논문은 2010학년도 원광대학교 교비지원에 의하여 연구하였음.

※ 상기 논문은 제어·로봇·시스템학회 전북제주시부와 전라지부의 합동 학술대회에서 초안이 발표되었음.

그림 1. 하악용 마스터 모델과 측정 위치.

Fig. 1. Lower master model and measurement positions.

그림 2. 개발된 치과용 하악 트레이.

Fig. 2. Adjustable Lower dental impression tray.

치악용 트레이의 설계치를 제시하였으며, 1997년 신 등[5]은 이 설계치를 바탕으로 제작한 트레이의 적합도에 관하여 연구하였다.

이들의 연구에서 악궁은 그 폭에서는 차이가 있지만 악궁의 전후방 길이에는 차이가 없다는 것을 알 수 있었으며, 이는 기성 트레이가 그 폭에 의해 크기가 구분되는 것이 바람직하다는 결론을 내릴 수 있었다. 동 등[6]은 폭을 조절할 수 있는 트레이가 있으면 상악 1개, 하악 1개 모두 2개의 트레이로 모든 악궁에 적용시킬 수 있다는 점에 착안하여, 가변형 치과 인상용 트레이를 고안하였다. 다른 특징으로서 양 구치부에 2개, 전치부에 1개의 stop이 부착되어 있어 인상재의 균일한 두께를 유지할 수 있으며 동시에 트레이가 악궁의 크기에 따라 자동적으로 폭이 조절될 수 있도록 도와준다

본 연구에서 마스터 모형은 그림 1과 같이 유치악 자연치를 재현한 러버몰드(Rubber mould, Trimunt, Kyoto, Japan)와 다이렉진(Polyurock, Metalor, Swiss)을 이용해 하악 마스터 모형을 제작하였다. 그리고 실험에 사용한 트레이는 기성 메탈 트레이, 개인 트레이, 본 실험을 위해 제작된 그림 2의 하악용 가변형 트레이를 사용하였다. 먼저 기성 금속 트레이는 현재 널리 쓰이는 제품(Impression Tray, Frontierdental, Korea)으로 선택하였다. 그리고 개인 트레이는 펑크웍스 두 장으로 약 2mm의 균일한 공간을 부여할 수 있도록 하고 전치부와 구치부에 3개의 스탱을 형성하여 트레이 레진(SR Ivoclar, Ivoclar vivadent AG, Liechtenstein)으로 제작하였다. 마지막으로 가변형 트레이 각 부위별 크기는 1995년 송 등[4]의 연구결과에 따른 악궁

그림 3. 개발된 Scanning 시스템의 사진.

Fig. 3. Photograph of the developed scanning system.

그림 4. 개발된 Scanning 시스템의 구성도.

Fig. 4. Schematic of the developed scanning system.

의 크기 분석결과를 이용하여 설계된 트레이 수치를 기본으로 하고, 1997년 신 등[5]에 의한 적합도 분석결과를 감안하여 조정하였다.

트레이 형상 모델링은 CATIA V3R9(Dassault system, France)를 사용하였다. 트레이 재료는 ABS (Acrylonitrile butadiene styrene) 합성수지를 사용하였으며, Unigraphics (Unigraphics Solutions, USA)와 Fanuc (Fanuc Co, Japan)를 이용한 NC 밀링 작업을 통하여 시제품을 제작하였다.

힌지는 트레이의 안전성과 악궁의 형태 변화 등을 감안하여 트레이 본체와 핸들의 부착부에서 10mm 떨어진 부위에 위치시켰다. 상, 하악 모두 전치부에 1개와 양 제1대구치 교합면에 1개씩 모두 3개 스탱을 부여하였다. 스탱의 높이는 2mm이며, 트레이를 구강내 적합시 그 폭이 자동으로 조절되도록 사면을 부여하였다.

III. 치과용 Scanning 시스템

치과용 Scanning 시스템이 적용되기 위한 첫 번째 관문은 치아모형의 정밀한 3차원 입력이다. 아직 구강 내 직접 입력은 난반사 등 기술적으로 어려운 측면이 있다. 그래서 일반적으로 치아모형의 입력을 많이 사용하며, 사용되는 센서로는 접촉식과 비접촉식이 있다.

그림 3은 본 연구를 위해서 개발된 3D Scanning 시스템을 보여주고 있다. 전체는 4축으로 구성되어 있어서, 수평 테이블 위에 X, Y, Z축이 장착되고 그 위에 석고모형을 고정하기 위한 척 테이블이 장착된다. 또한 척 테이블에 수직으로 Z축이 장착되고, 여기에 레이저 거리 센서를 장착한다. Scanning 할 모형의 왼쪽 아래와 오른쪽 위의 두 점과 Scanning 간격을 주면 자동으로 Scanning 하면서 치아모형

그림 5. 하악의 3D 스캐닝 결과(a), 재현 결과(b), 그리고 측정방법(c) 예.

Fig. 5. Example of 3D scanning result(a), reproduction(b), and measurement method(c) in lower dent.

의 3차원 데이터가 저장장치에 누적된다. 그림 4는 Visual C++로 개발된 Scanning 머신의 제어판넬을 포함한 시스템 구성도를 보여주고 있다.

본 실험에 사용된 3D Scanning 시스템은 x축과 y축 그리고 z축으로 $1\mu\text{m}$ 의 해상도를 가지며 z축으로 $3\mu\text{m}$ 의 해상도를 가진 레이저 센서를 사용한다. 본 실험에서는 $20\mu\text{m}$ 의 해상도로 스캔하였으며 수평으로 약 120,000 포인트에서 수직 위치를 측정하였다. 각각의 3차원 모델을 마스터 모델과 중첩시켜 발생된 3차원적인 변화량은 컴퓨터 프로그램에 의해 계산되었고 각각의 발생된 차이는 색으로 표시되었으며 이것은 면적으로 변환되어 계산되었다.

IV. 실험

그림 5는 하악 3D 스캐닝 결과와 재현 후의 결과 그리고 측정위치와 측정방법을 보여주고 있다. 수평 길이의 변화를 측정하기 위해 좌우측 견치의 첨단과 좌우측 제1대구치의 근심협측교두정을 포함하는 4개의 포인트간의 길이변화를 6부위에서 측정하였다. 마스터 모델의 디지털 영상과 60개 석고모형의 디지털 영상이 프로그램에서 중첩되었고 3차원 적인 변형량이 측정된 후 2-way analysis of variance (ANOVA; $p < 0.05$)를 이용해 각각의 그룹 간의 차이여부가 검증되었다.

레진으로 제작된 마스터 모델과 각각의 트레이로 제작된 시편의 스캔영상을 3차원영상 분석프로그램(CATIA)을 이용하여 거리측정을 하였다. 상악 양측 견치 교두정과 제2대구치 원심협측 교두정과 하악 양측 견치 교두정과 제2대구치 원심 설측 교두정을 프로그램 상에서 가장 높은 Z 값을 갖는 점으로 선택하였고, 각각의 거리를 측정하였다.

그림 6, 그리고 표 1과 같이 3차원적인 거리변화의 측정 결과 하악의 경우 E-F 간의 거리차는 개인 트레이에서

그림 6. 하악에서 각 트레이에 따른 편차.

Fig. 6. Deviation according to each tray in lower dent.

$127.5\mu\text{m}$ 로 가장 적었고, E-G 간의 거리차는 개인 트레이에서 $74\mu\text{m}$ 로 가장 적었고, E-H 간의 거리차는 가변형 트레이가 $-225.8\mu\text{m}$ 로 가장 적었고, F-G 간의 거리차는 개인 트레이가 $-135.7\mu\text{m}$ 로 가장 적었고, F-H 간의 거리차는 가변형 트레이가 $222.3\mu\text{m}$ 로 가장 적었고, G-H 간의 거리차는 금속 트레이가 $64.7\mu\text{m}$ 로 가장 적었다.

프로그램 상에서 측정된 길이를 비교한 결과 대부분의 측정부위에서 마스터 모델에서의 길이보다 실험 모델에서 길이가 증가하는 양상을 보였으나, 하악 우측 견치와 제2대구치 사이의 거리는 감소하는 양상을 보였다. 또한 하악에서는 금속 트레이의 변형량이 많았으며 많은 부위에서 가변형 트레이가 좋은 결과를 나타냈다. 그리고 실험 시 가변형 트레이가 모형과 분리시 가장 용이하였다. 이러한 용이한 분리가 인상체에 무리한 힘을 줄여 정확한 인상을 가능하게 했으리라 고찰된다.

프로그램 상에서 측정된 길이를 비교한 결과 대부분의 측정부위에서 마스터 모델에서의 길이보다 실험 모델에서 길이가 증가하는 양상을 보였으나, 상악에서는 개인 트레이의 변형량이 크고, 많은 부위에서 가변형 트레이가 금속 기성 트레이나 개인 트레이 보다 좋은 결과를 나타냈다. 그리고 실험 시 가변형 트레이가 모형과 분리 시 가장 용이하였다. 이러한 용이한 분리가 인상체에 무리한 힘을 줄여 정확한 인상을 가능하게 했으리라 생각된다.

V. 결론

본 연구는 레진으로 제작된 하악용 마스터모델을 개인 트레이와 금속 기성 트레이 그리고 개발된 하악용 가변형 트레이를 이용하여 인상을 채득하고 모형을 제작한 후 3차원 레이저 스캐닝 시스템을 개발하여 인상 전 마스터모델과 인상 후 석고모형의 미세 형태 변화를 비교 연구함으로써 각 트레이의 모형 재현성을 알아보았다. 정확한 측정을 위해 사용된 3차원 레이저 스캐닝 시스템은 보다 객관적이고 정확한 길이 데이터를 얻을 수 있었다.

전반적으로 트레이간의 정확도에는 큰 차이가 없었고 가변형 트레이가 유동적인 경첩을 가짐에도 불구하고 횡적으로 안정적인 양상을 보였다. 따라서 새로 개발된 하악용 가변형 트레이가 사용의 편리함과 경제성은 물론이고 기존의 트레이에 필적할 만한 정확성을 가짐으로써 그 임상적인 사용이 기대 된다 할 수 있다.

표 1. 트레이 형태에 따른 각 점들 사이의 거리.

Table 1. Distance between each point according to tray types.

Location measured	Tray Type	Distance (mm)	SD	N	DMM(μ m)	Duncan's Grouping
E-F	Master Model	26.41	0.01			A
	Metal Tray	26.661	0.193	10	250.8	B
	Custom Tray	26.537	0.223	10	127.5	AB
	Adjustable Tray	26.574	0.186	10	164.2	AB
E-G	Master Model	50.441	0.054			A
	Metal Tray	50.533	0.134	10	91.5	A
	Custom Tray	50.515	0.125	10	74	A
	Adjustable Tray	50.497	0.113	10	56.2	A
E-H	Master Model	37.485	0.053			A
	Metal Tray	37.86	0.274	10	375.5	B
	Custom Tray	37.746	0.205	10	260.9	AB
	Adjustable Tray	37.685	0.255	10	200.4	AB
F-G	Master Model	38.205	0.032			A
	Metal Tray	37.952	0.122	10	-252.8	B
	Custom Tray	38.069	0.213	10	-135.7	AB
	Adjustable Tray	37.979	0.195	10	-225.8	B
F-H	Master Model	50.277	0.042			A
	Metal Tray	50.627	0.195	10	350.5	B
	Custom Tray	50.585	0.086	10	307.6	B
	Adjustable Tray	50.499	0.179	10	222.3	B
G-H	Master Model	42.003	0.002			A
	Metal Tray	42.068	0.101	10	64.7	A
	Custom Tray	42.144	0.162	10	140.5	A
	Adjustable Tray	42.104	0.112	10	101	A

참고문헌

- [1] J. M. Clancy, F. R. Scandrett, and R. L. Ettinger, "Long-term dimensional stability of three current elastomers," *J Oral Rehabil*, vol. 10, pp. 325-328, 1983.
- [2] A. M. Lacy, H. Fukui, T. Bellman, and M. D. Jendresen, "Time-dependent accuracy of elastomer impression materials. Part II: Polyether, polysulfides, and polyvinylsiloxane," *J Prosthet Dent*, vol. 45, pp. 329-333, 1981.
- [3] W. B. Eames, J. C. Sieweke, S. W. Wallace, and L. B. Roger, "Elastomeric impression materials: effect of bulk on accuracy," *J Prosthet Dent*, vol. 41, pp. 304-307, 1979.
- [4] D. S. Song, S. G. Kang, H. W. Cho, and J. K. Dong, "Development of dentulous stock trays for koreans," *J Wonkwang Dental Research Institute*, vol. 5, no. 3, pp. 85-124, 1995.
- [5] S. J. Shin, J. Y. Park, S. C. Oh, and J. K. Dong, "A Study on the Fitness of Dentulous Stock Tray Designed for Korean," *J Wonkwang Dental Research Institute*, vol. 7, no. 1, pp. 193-209, 1997.

- [6] J. K. Dong, S. C. Oh, and M. J. Kim, "Development of adjustable dental impression trays," *10th Meeting of the International College of Prosthodontists*, Canada Halifax. no. 51, 2003.

차 영 업

1984년 부산대 기계공학과 졸업. 1987년 한국과학기술원 생산공학과 석사. 1995년 한국과학기술원 정밀공학과 박사. 1995년~현재 원광대학교 기계자동차공학부 교수. 관심분야는 로봇과 영상처리.

염 상 호

1995년 원광대 치의학과 졸업. 2003년 원광대 치의학과 석사. 2005년 원광대 치의학과 박사. 관심분야는 치과보철.