

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2023.9.6.67

JCCT 2023-11-9

치과용 CAD/CAM 환봉밀링 방식과 CNC 밀링기를 통해 제작된 치과용 어버트먼트의 적합 정밀도 분석

A Study on the Accuracy of Dental Abutments Manufactured by the Dental CAD/CAM Round Bar Milling Method and CNC Milling Machine

김정숙*

JUNG SOOK KIM*

요약 최근 치과보철물 제작 방식은 ICT를 기반으로 하는 디지털방식으로 변화를하고 있다. 특히 치과용 CAD/CAM이나 3D 프린팅의 등장으로 임상에서는 아날로그 방식에서 점진적으로 컴퓨터를 활용하는 디지털 방식을 선택하고 있다. 임플란트의 어버트먼트를 제작하는 방식은 기존의 환봉제작 방식과 CNC 밀링기를 활용하여 제작하는 방식이 있다. 본 연구에서는 두 가지 방법으로 보철물의 변연과 교합면을 제작할 때 보다 정밀하고 오차가 적은 제작 방법이 무엇인지를 얻고자 실험을 실시하였다. 실험 결과 CNC 밀링기를 활용하여 임플란트 어버트먼트 보철물을 제작하는 방식이 변연과 교합면의 적합도 모두에서 오차가 적고 정교한 가공이 가능하여 맞춤형 보철물 제작하는데 유용한 것으로 나타났다.

주요어 : 치과용 CAD/CAM, 환봉 밀링방식, CNC 밀링방식, 치과용 어버트먼트, 변연

Abstract Recently, the method of making a dental prosthesis is changed in the ICT based digital way. In particular, with the emergence of the CAD/CAM or 3D printing for dental purpose, a computer based digital type is selected gradually more than an analog type. To make an implant abutment, it is possible to apply the conventional technique of making round bars, or the technique using a CNC milling machine. This study tested these two types of the techniques to find which one had more precision and a smaller error when the margin and occlusal surface was made. According to the test, the technique using a CNC milling machine to make an implant abutment had a small error and supported precise processing in terms of the margin fit and the occlusal surface. Therefore, it was found to be useful in making a custom-made prosthesis.

Key words :Dental CAD/CAM, Round Bar Milling Method, CNC Milling Machine, Dental Abutments, Margin

I. 서론

1. 연구의 필요성

최근 치과기공계는 수작업중심의 보철물제작 방식에서 ICT기반 보철물 제작방식으로 전환이 이뤄지고

있다. 그 대표적인 획기적인 보철물 제작기술방식의 일환으로 치과용 CAD/CAM과 치과용, 3D 프린팅의 등장으로 임상에서는 많은 부분이 컴퓨터를 활용하는 방식을 선택하고 있다. 임플란트의 제작 방식에서도 기존의

*정희원, 대전보건대학교 치기공과 교수 (제1저자)
접수일: 2023년 10월 3일, 수정완료일: 2023년 10월 20일
게재확정일: 2023년 11월 5일

Received: October 3, 2023 / Revised: October 20, 2023

Accepted: November 5, 2023

*Corresponding Author: esther@hit.ac.kr

Dept. of Dental Technology, Daejeon Health Institute of Technology, Korea

환봉제작방식과 CNC 밀링기를 활용하여 보철물을 제작하는 방식이 있는데 임상에서는 비용적 측면과 기술적인 측면에서 아직은 두 가지 방식이 공존하고 있다. 하지만 CNC 밀링기를 활용하여 보철물을 제작하는 방식이 맞춤형 보철물제작 방법으로 임상에서는 호평을 받고 있는데 본 연구를 통해서 적합에 따른 정밀도를 분석하고어느 방식을 활용하는 것이 보철물제작에 적합도가 높고 오류가 없는지를 파악하고자 한다.

정확한 보철물 제작을 위한 맞춤형 어버트먼트 제작을 통해 환자가 만족하는 정밀 보철물을 제작을 하는 것이 치과기공사의 직무인데 특히, 임플란트 제작과정에서 많이 사용되고 있는 어버트먼트 가공 방식은 상부보철물의 적합도에 중요한 영향을 미친다. 임플란트에서 사용되는 어버트먼트와 상부보철물 간의 관계는 상부보철물 간의 연결과 적합도에 중요한 영향을 미치므로 어버트먼트와 상부보철물 간의 간섭이 없고 치아의 복원이 원활하게 이루어질 수 있도록 제작이 되어야 한다.

따라서 어버트먼트의 적합 정밀도는 치과 치료의 효과와 내구성에 영향을 미치는 요소로 어버트먼트와 상부보철물 간의 연결력은 임플란트의 안정성과 치아의 기능에 중요한 영향을 미치기 때문이다.

어버트먼트와 상부보철물 간의 연결력이 충분하지 않으면, 임플란트가 이동하거나 균열이 발생하여 임플란트의 안정성이 감소할 수 있다. 따라서 어버트먼트 제작 방식에 대해서도 치과기공사의 보철물에 대한 전반적인 제작 역량과 가공방식의 안정성이 정밀도에 영향을 미친다. 일반적으로 이용되는 환봉 밀링 방식은 전통적인 제작 방식으로, 환봉을 이용하여 어버트먼트의 모양을 제작하는 방식으로 비교적 저비용으로 제작할 수 있는 장점이 있지만, 정확도는 상대적으로 낮을 수 있다. 하지만, 최근 환봉가공기도 4축가공기와 5축가공 방법이 있어, 환봉가공에서 다양한 범위를 가공할 수 있고 정밀도가 점진적으로 보장되고 있다.

반면에 CNC 밀링기를 이용하여 제작되는 어버트먼트는 고정밀도의 장비를 사용하여 제작되고, 컴퓨터 프로그램을 이용하여 다축 제어가 가능하여 3차원적인 가공이 가능하므로 어버트먼트의 디자인을 직접 입력하고, 고속 밀링 머신으로 가공한다. 이 방식은 환봉 밀링 방식보다 높은 정확도와 높은 품질의 정밀도를 제공한다.

2. 연구목적

치과용 보철물의 적합 정밀도를 높이기 위해서는 제작 가공 방식이 중요한 시점에서 치과용 임플란트 어버트먼트의 제작 방식에 따라 정밀도에 대한 실험을 실시하면서 다음의 목적을 달성하고자 한다.

첫째, 치과용 보철물의 적합도에 영향을 미치는 변연과 구치부의 교합면의 적합도에 대해 환봉밀링방식과 CNC 밀링방식 중 어느 방식으로 제작하는 것이 오차도 적고 정확하게 어버트먼트 제작을 하는데 유용한지를 알아보하고자 한다.

둘째, 임플란트 보철물을 제작하는 치과기공사에게 어버트먼트를 사용하는 목적에 따라 적합한 제작 방식을 선택할 수 있도록 본 연구를 토대로 정보를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 설계

치과기공계의 혁신적인 기술변화와 직무 변화는 ICT 기반의 작업방법의 전환과 다양한 재료의 사용 및 가공방식의 전환이 가져왔다.

임플란트 맞춤형 어버트먼트에서 사용하는 가공방식은 환봉가공기와 CNC 밀링기 방식을 통해서 일반적으로 제작이 된다. 환봉 가공기는 높은 속도로 회전하는 환봉을 이용하여 어버트먼트를 제조하며, CNC 밀링기는 컴퓨터 제어 시스템을 이용하여 어버트먼트를 정교하게 가공하기 때문에 제조 방식에 따라 어버트먼트의 정밀도와 오차는 다를 수 있다.

본 연구에서는 어버트먼트의 제조 과정에서 발생하는 오차를 최소화하고, 제조된 어버트먼트의 정밀도를 평가하기 위해서 두 가지 가공방식을 통한 실험과 측정을 수행하여, 환봉가공기와 CNC 밀링기를 사용하여 제조한 어버트먼트를 정밀도 차이를 비교 분석 하였다. 가공된 두 종류의 어버트먼트의 적합 정밀도 측정은 정확한 위치와 각도를 측정하였고 차이 검증을 실시하였다.

2. 시편제작 및 연구절차

시편 제작을 위해서 동일한 재료를 이용해서 환봉방식으로 밀링한 어버트먼트 5개의 시편과 CNC 밀링 방식으로 제작한 5개의 어버트먼트 시편을 제작 하였다. 블록 형태로 재료가 공급되는 환봉 방식의 어버트먼트의

제작 방식을 통해서 원하는 치과보철물을 얻으려면 밀링과 그라인딩 방식이 필수적이어서 상대적으로 많은 재료가 사용되고 버려지는 단점이 있다.

또한 밀링시 사용되는 툴(bur)의 소모로 인한 주기적인 교체나 교환이 필요하며, 툴의 경로를 고려하여 보철물을 제작하는 과정이 다소 복잡할 수 있다. 하지만 환봉 가공방식도 아직까지 치과기공 임상에서는 많이 사용되는 제작 방법 중 하나이므로 본 연구에서는 술자인 치과기공사에게 정확한 정보 제공을 통해 노차를 최소화 할 수 있는 방식을 알아보려 한다.

환봉밀링기와 CNC 밀링기를 사용하여 제작된 치과용 어버트먼트의 적합 정밀도에 대한 연구는 치과 임플란트 보철물 제작의 성공에 중요한 역할을 하기 때문에 아래의 사항을 고려하면서 어버트먼트 시편을 제작하는데 주의하여야 한다.

3. 자료 분석

첫째, 환봉가공방식 및 CNC 밀링기를 사용하여 제작하는 어버트먼트는 같은 재질의 재료를 사용하여 재료 간 특성의 변형 등 오차가 발생하지 않게 한다.

둘째, 어버트먼트의 적합 정밀도가 낮을 경우, 치아와 임플란트 사이에 빈 공간이 생길 수 있어서 어버트먼트의 적합 정밀도에 관해서는 치과용 CAD/CAM을 활용하여 오차나 차이가 얼마나 발생하는지를 측정한다.

셋째, 어버트먼트는 다양한 크기와 형태를 가지고 있으며, 이를 정확하게 제작하기 위해서는 CAD/CAM 및 CNC 기술의 정확도와 안정성이 필요하므로 동일한 술자인 치과기공사가 동일한 방식으로 밀링을 한다.

앞서 제작된 10개의 실험모형을 이용하여 치과용 스캐너(3Shape)을 이용하여 스캐닝을 실시하였고, 디지털 모형으로 변환을 하였다. 변환된 10개의 디지털 모형에 치과보철물을 디자인 하였는데, 본 연구에서는 임플란트 상부구조물을 만들기 위한 어버트먼트로 디자인을 하였다.

디자인과 관련된 사항들은 제조회사의 권장 사항에 따라서 실시하였다.

준비된 시편들을 대상으로 변연 간격을 측정하고 특히 정확도에 중요한 요소인 변연(margin)과 교합면 부위의 평균을 측정하였고, 같은 측정 방법을 5차례 반복 측정을 하여 오차를 최소화 하도록 평균값을 측정하였다.

그림1에서와 같이 제작된 가공방식이 다른 시편을 육안으로 변연의 정밀도를 파악하기는 어려웠다. 다만 우측의 CNC 밀링방식으로 제작한 어버트먼트의 경우는 환봉 가공방식으로 제작된 어버트먼트 보다는 변연의 선명도가 육안으로 볼때에도 날렵하게 제작이 되었고, 치과용 CAD/CAM으로 디지털화하여 볼때는 변연의 정밀도가 확연히 차이가 났다.



그림 1. 환봉밀링가공(어바우트먼트(좌), CNC밀링가공 어버트먼트(우))

Figure 1.Round bar milling abutment(left), CNC milling abutment(right)

III. 연구결과

밀링 방식이 다른 각각 5개씩의 어버트먼트를 실험하고자 대상에 따라서 2개의 비교군이 제작이 되었다. 측정 방법은 결과물을 스캔하고 medit 프로그램을 사용하여 측정하였다. 측정면의 중심을 기준하여 측정하는 방식으로 측정면은 교합면과 마진면으로 선정을 하였다. 치과용 어버트먼트에서 가장 정밀성이 요구되는 부분이 마진(Margin)과 교합면의 크기 및 변형에 대한 부분이기 때문이다. 검증을 실시한 결과는 아래 표 1과 같게 나타났다.

본 연구에서는 비모수검정인 Mann-Whitney 검정을 통해 차이를 검정하였다. Mann-Whitney 검정은 데이터를 순위 별로 나열시켜 놓고 각 집단의 순위 합계로부터 집단별로 U 값을 계산하여 검증하는 방식으로 정규성이 검정되지 않는 데이터를 검정할 수 있다.

검증 결과 두 집단의 분산은 큰 차이가 없었지만, 두 집단의 변연간격의 차이는 유의한지 알아보기 위하여 독립표본 t검정을 수행한 결과 환봉밀링 방식보다는 CNC

밀링방식이 유의미한 결과로 나타났다.

표 1. 치과용 어버트먼트의 변연 비교

Table 1. Comparison of the margin mask of dental abutments

Margin (mm)			
CNC Milling		Round Bar Milling	
1	0.009	1	-0.01
2	0.005	2	-0.01
3	0.008	3	-0.02
4	0.01	4	-0.02
5	0.009	5	-0.02
Average	0.0082	Average	-0.016
Mann-Whitney U	0.000	<i>p</i>	0.008

변연의 경우 Mann-Whitney 검정 결과 통계적인 유의한 차이($p>0.008$)가 나타났다.

치과용 어버트먼트에서 가장 정밀성이 요구되는 교합면의 크기 및 변형에 대한 검증은 아래 표 2와 같게 나타났다.

표 2. 치과용 어버트먼트의 교합면 비교

Table 2. Comparison of occlusal surface of dental abutments

occlusal surface (mm)			
CNC Milling		Round Bar Milling	
1	0.008	1	-0.008
2	-0.006	2	-0.048
3	0.005	3	-0.02
4	-0.005	4	-0.012
5	0.007	5	-0.03
Average	0.0018	Average	-0.0236
Mann-Whitney U	0.000	<i>p</i>	0.008

교합면의 경우 Mann-Whitney 검정 결과 통계적인 유의한 차이($p>0.008$)가 나타났다.

IV. 논의

현재 치과기공계에서 가장 많은 변화의 이슈는 치과보철물 제작 방식과 실제 임상에서 활용할 때의 적합도 차이로 치과용 CAD/CAM 같은 디지털이 널리 활용되면서 이슈화 되고 있다[1]. 현재 치과기공 임상에서 어버트먼트 제작방식으로 널리 사용되고 있는 치과용 임플란트의 어버트먼트의 제작 방식인 환봉가공 방식과 CNC 밀링기를 이용한 방식을 비교 분석한 결과 환봉가공 방식의 변연부와 교합면 모두 CNC 밀링기를 이용한 방식 보다 제작된 시편들의 변연간격이 더 큰 값으로 조사되었는데, 이 결과는 중요한 부분이라 생각된다. 변연 간격은 임플란트 상부 구조물인 보철물의 수명과 직접적인 연관성을 갖는다. 즉, 변연간격이 크면 2차 플라그의 침착 가능성이 높다고 보고 되었다[2].

2차 플라그의 침착이 높은 것은 결과적으로 보철물의 수명에 부정적인 영향을 미치는 요인으로써 보고 되었다[3].

선행 연구에 따르면 임상적으로 치과 보철물의 변연간격으로 제시한 임상적 허용 수치로 다양한 연구 결과를 보고하였는데, 한 연구에서는 120 μm 까지도 허용이 가능하다고 보고 하였다[4].

이외에 200~300 μm 까지도 임상적 허용 수치로 보고된 경우도 있다[5].

하지만 변연 간극은 많은 변수들에 의해서 영향을 받는데, 무엇보다도 치과용 CAD/CAM을 이용하는 경우, 모형 스캐닝 과정과 디자인 프로그램의 활용 과정에서의 오차 등이 완성된 최종 보철물의 변연 간격에 왜곡을 일으킬 수 있다고 보고 하였다[6-7].

본 연구를 통해 나타난 결과를 살펴보면 CNC 밀링기를 통해 제작된 어버트먼트의 적합 정밀도는 환봉가공 방식보다는 CNC 밀링 방식으로 어버트먼트를 가공하는 제작방식이 치과용 임플란트 치료의 성공과 중요한 관련이 있는 변연과 교합면의 적합도가 우수한 것으로 나타났다[8].

이러한 결과는 어버트먼트가 정밀하게 제작될수록 상부 연결보철물과의 연결성에 중요한 영향을 미치므로 CNC 밀링기를 사용하여 고강도 재료를 가공하고, 가공

과정에서의 진동과 속도 등의 변수를 조절하여 최적의 가공 조건을 찾아내는 것 역시 중요하다.

또한, 가공 후에는 정밀도 측정기기를 사용하여 제작된 어버트먼트의 정밀도를 검증해야 한다. 그리고 기계의 정밀도를 높이기 위해서는, 적절한 윤활과 청소 및 기계의 정기적이고 체계적인 유지보수 등이 필요하다[9].

V. 결 론

본 연구에서는 치과기공 임상에서 임플란트 보철물의 어버트먼트 제작 방식으로 널리 사용되고 있는 제작 방식인 환봉가공 방식과 CNC 밀링기를 이용한 방식을 비교 분석한 결과, 환봉가공 방식보다는 변연부와 교합면 모두 CNC 밀링기를 이용한 제작 방식이 제작된 시편들의 변연 간격이 적고 적합도가 우수한 것으로 조사되었는데, 이러한 결과는 보철물 제작에 있어서 매우 중요한 부분이라 생각된다.

최근 다수의 치과기공소에서는 보다 정밀한 보철물 제작을 위해 과감하게 CNC 밀링기를 이용한 방식으로 어버트먼트를 제작하고 있다. 해당 기술에 의해 제작된 보철물의 변연 간격이 더 우수하고 오차가 적다는 것을 알고 CNC 밀링기를 구입해서 운영하는 추세가 확산되고 있다. 하지만 CNC 밀링기를 구입하는 비용도 고가이고, 설치 장소도 넓은 자리를 차지하고 초기 자본 투자 비용이 환봉가공 방식도 보다 비용적 측면에서 높다.

그렇지만 치과 의사, 치과기공사, 치과위생사들은 환자가 만족하는 보철물을 얻기 위해서 전통적인 방식에 의해 제작되는 환봉방식을 점차로 더 선호하고 있다.

앞으로 선행 연구자들이 제시한 변연 간격의 임상적 허용수치 내에 존재하는 정밀 값에 가까운 치과보철물을 제작하기 위해서 많은 연구를 통해 보다 정확하고 유용한 방식의 치과보철물 제작방식을 연구하고 실제로 임상에서 개선되어야 할 것으로 보인다.

References

[1] Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J.* 2008;204:505-511.
[2] Fonseca JC, Henriques GE, Sobrinho LC, de Goes MF. Stress-relieving and porcelain firing cycle influence on marginal fit of commercially pure

titanium and titanium aluminum vanadium copings. *Dent Mater.* 2003;19:686-691.

- [3] Jeon MH, Jeon YC, Jeong CM, Lim JS, Jeong HC. A study of precise fit of the CAM zirconia all-ceramic framework. *J Korean Acad Prosthodont.* 2005;43:611-621.
[4] Kim JH, Kim KB, Kim SH. Comparison of marginal gap of monolithic CAD/CAM - generated crowns according to the ceramic materials for CEREC® system. *J Kor Aca Den Tec.* 2016;38:119-125.
[5] Foster LV. Failed conventional bridge work from general dental practice: clinical aspects and treatment needs of 142 cases. *Br Dent J.* 1990;168:199.
[6] Kim JH, Kim WS, Kim KB. Evaluation of Marginal Gap of Three Unit Metal Cores Fabricated by 3-Dimensional Printing Technique. *J Dent Hyg Sci.* 2015;15:196-201.
[7] Kim KB, Kim JH, Kim WC, Kim JH. Three-dimensional evaluation of gaps associated with fixed dental prostheses fabricated with new technologies. *J Prosthet Dent.* 2014;112:1432-1436.
[8] Kim WS, Han MS, Jung JK, Kim KB. Analysis of quality for fixed prostheses fabricated by dental CAD-CAM system. *J Kor Aca Den Tec.* 2014;36:159-164.
[9] Kim WS, Kim KB. An analysis of marginal adaptation of metal cores fabricated by selective laser sintering. *J Kor Aca Den Tec.* 2016;38:305-311.
[10] Kokubo Y, Nagayama Y, Tsumita M, Ohkubo C, Fukushima S, von Steyern P. Clinical marginal and internal gaps of in-ceram crowns fabricated using the GN-I system. *J Oral Rehabil.* 2005;32:753-758.
[11] McLean JM, von Fraunhofer JA. The estimation of cementfilm thickness by an in vivo technique. *Br Dent J.* 1971;131:107-111.
[12] Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J.* 2009;28:44-56.
[13] Moldovan O, Rudolph H, Quaas S, Bornemann G, Luthardt RG. Internal and external fit of CAM-made zirconia bridge frameworks - a pilot study. *Dtsch Zahnärztl Z.* 2006;61:38-42.

※ 본 논문은 대전보건대학교 2022년도 논문게재비 지원을 받았음.