

디지털 인상법과 전통적 인상법의 정확도 비교: 체계적 고찰

김경록 · 서권수 · 김선재*

연세대학교 강남세브란스치과병원 치과보철과

Comparison of the accuracy of digital impressions and traditional impressions: Systematic review

Kyoung-Rok Kim, Kweonsoo Seo, Sunjai Kim*

Department of Prosthodontics, Gangnam Severance Dental Hospital, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea

Purpose: This study systematically examines literatures on the suitability of prostheses and accuracy of obtained impressions to see if digital impressions using intraoral scanners can replace traditional impressions. **Materials and methods:** A MEDLINE/PubMed search and manual search was performed for studies written in English about accuracy of digital impression published in dental journals from August 1, 1997, to July 31, 2017. Depending on criteria, the data for the selected articles were independently organized into standardized spreadsheets by 2 reviewers. **Results:** Among the total 35 studies met the inclusion criteria, there were 26 studies comparing the suitability of prostheses, and 9 studies comparing the accuracy of impressions through scan data without prostheses. Most studies used prostheses to compare the accuracy of impression techniques. **Conclusion:** This review suggests that making single crown or mesio-distally short prostheses with digital impressions is clinically reliable in natural teeth. However, there is still a limit to making mesio-distally long prostheses with digital impressions from the lack of related studies. Digital impression cannot fully replace traditional impressions in implant prostheses yet. (*J Korean Acad Prosthodont* 2018;56:258-68)

Keywords: Intraoral scanner; Digital impression; Accuracy; Trueness; Precision

서론

장기적으로 안정적인 보철치료를 위해서는 다양한 요소들이 충족되어야 한다. 특히 정확한 인상채득으로 적합도가 우수한 보철물을 제작해야 한다.^{1,2} 보철물의 적합은 변연 간격(marginal discrepancy)과 내면 적합(internal fit) 두 부분으로 평가된다. 임상적으로 허용되는 변연 간격에 대해서는 다양한 의견이 존재하지만, 변연 간격이 클 경우 보철물 주변의 치주 문제,³ 이차 우식,⁴ 생활 치수 자극⁵ 그리고 시멘트 용해⁶가 발생 할 수 있다. 또한 보철물의 내면 적합이 부적절 하면 불균일한 시멘트 층이 형성되어 보철물의 안정성과 수명이 감소될 수 있다.⁷ 따라서 변연 간격 및

내면 적합은 보철치료의 성공을 위해 중요한 요소이다.

치과계에 Computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) 기술이 소개된 후, 광학 카메라를 이용한 디지털 인상채득과 보철물의 제작이 가능해졌다.⁸ 이러한 CAD/CAM 시스템을 통한 보철치료는 인상재를 이용하는 전통적 보철치료 과정에 비해 인상 과정이 비침습적이고, 진료 시간 및 작업 시간을 줄일 수 있으며, 기공과정의 단순화로 기공 과정 중 발생 할 수 있는 오차를 줄일 수 있고 비용 효율적인 면 등에서 이점이 있다.⁹⁻¹¹

치과용 스캐너를 이용한 디지털 인상채득 방법의 정확성을 평가하고자 인상재를 이용하는 전통적인 인상채득 방법과 비교

*Corresponding Author: Sunjai Kim

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University, Gangnam Severance Dental Hospital, 211 Eonju-ro, Gangnam-gu, Seoul 06273, Republic of Korea
+82 (0)2 2019 3568: e-mail, sunjai@yuhs.ac

Article history: Received February 5, 2018 / Last Revision May 11, 2018 / Accepted May 30, 2018

©2018 The Korean Academy of Prosthodontics

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

한 기존의 연구들이 있다. 이 연구들의 연구 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있는데 첫 번째 가장 많이 이용된 연구방법은 각각의 인상법으로 제작한 보철물의 적합성을 비교한 것이다.¹²⁻³⁷ 보철물의 적합성은 내면 복제법(replica technique)으로 얻은 인기체의 절단면이나 합착된 보철물의 절단면을 관찰하거나, 지대치와 보철물의 3차원 스캔 데이터를 중첩해보거나, 보철물 변연을 현미경으로 관찰하거나, 미세 컴퓨터 단층촬영(micro computed tomography)을 촬영하여 평가하였다. 또 다른 평가방법은 보철물을 이용하지 않고, 3차원 스캔 데이터를 직접 비교하는 방법으로 각 인상법으로 실제 구강 내 구조물이 얼마나 정확히 재현되는 지 비교 연구하는 것이다.³⁸⁻⁴⁶

이렇게 다양한 연구들을 고찰한 연구⁴⁷도 있다. 기존의 고찰에서는 디지털 인상법과 전통적인 인상법을 통해 제작한 보철물의 적합을 replica technique으로 비교, 연구해보았는데, 디지털 인상법으로 제작한 보철물이 전통적인 인상법으로 제작한 보철물 보다 적합이 더 좋다는 결과를 보여줬다. 그러나 내면 복제법만을 통해 비교하여, 정확도 비교 방법에 따른 오차 가능성을 배제할 수 없고 다른 정확도 측정 방법에 따른 결과를 고려하지 않았다. 또한 인상의 정확도 평가에 보철물의 적합을 비교하여 인상의 정확도 자체를 비교한 것은 아니라는 한계가 있다. 따라서, 본 체계적 고찰은 구내스캐너를 이용한 디지털 인상법이 전통적인 인상법을 대체할 만한 정확도를 보이는 지 기존 연구들을 통해 알아보려 한다. 이를 위해 디지털 인상법과 전통적 인상법으로 제작한 보철물의 적합도 비교를 통하여 인상법의 정확도를 비교한 연구들과 각 인상법을 통해 얻어진 스캔 데이터의 정확도를 비교한 연구들을 고찰했다.

재료 및 방법

1997년 8월 1일부터 2017년 7월 31일까지 MEDLINE/PubMed에 출판된 영어로 쓰여진 연구를 대상으로 전자 검색을 시행하였다. 다음의 검색어 조합이 전자 검색에 사용되었다: (“accuracy” OR “precision” OR “trueness” OR “fit”) AND (“digital impression” OR “digital scanning” OR “scannig” OR “optical impression”)

두 명의 검토자(K.R.K. 와 K.S.S.)가 연구 제목과 초록을 독립적으로 검토하였다. 제목과 초록 검색을 통한 선택은 독립적으로 이루어졌고, 이견이 있는 부분에 대해서는 논의 후 전문 검토에 포함시켰다. 전문 분석을 요하는 목록이 완성된 후 각 검토자는 선택된 연구들을 분석하였다. 전문 분석 시 얻어지는 추가적인 정보들은 전문 분석에 포함하여 연구를 보강하였다.

다음의 조건을 만족하는 경우 본 연구의 분석에 포함하였다.

포함 조건: (1) 생체 내 실험 연구 혹은 생체 외 실험 연구, (2) 구강 내 광학 스캐너를 이용한 디지털 인상법과 인상재를 이용한 전통적 인상법을 비교한 연구, (3) 치아, 인공치아 혹은 임플란트를 대상으로 한 연구, (4) 인상법에 따른 보철물의 적합도에 관한 연구 혹은 지대치나 지대주 재현성의 trueness와 precision

에 관한 연구, (5) 양적 연구 결과 제공, (6) 영어로 쓰여진 연구.

제외 조건: (1) 의견 게재와 고찰 연구, (2) 의무기록 고찰과 설문에 의한 연구, (3) 전문 검색이 불가능한 연구.

조건에 따라 선택된 연구에서 디지털 인상법과 전통적인 인상법 간의 객관적인 비교를 위해 필요한 데이터를 스프레드 시트에 독립적으로 정리하였다. 저자, 연구발표연도, 표본 크기, 정확도 평가 방법, 보철물의 형태, 보철물의 적합도 혹은 인상의 trueness와 precision의 평균과 표준편차 값을 선택된 연구들에서 추출해 정리하였다. 특히, 보철물 제작 여부 및 인상법의 정확도를 측정하는 방법에 따라 절단면 비교법, 3차원 스캔 데이터 중첩법, 현미경 분석법, 미세 컴퓨터 단층촬영 분석법 및 공학용 3차원 분석기(Coordinate measuring machine, CMM)를 이용한 분석법으로 나누어 정리하였다. 보철물의 적합을 비교한 연구에서 변연 간격은 변연부에 계측점을 두고 비교하여 그 결과값을 그대로 데이터로 정리하였으나, 내면 적합의 경우 연구마다 비교된 계측점이 다양하여 연구간 양적 비교를 위해 내면 적합 비교 시 교합면 부위 및 측면을 포함한 측정된 모든 지점들의 평균값을 정리하였다.

결과

초기 전자 검색을 통해 중복된 연구들을 제외하고 131개의 연구 문헌을 얻었으며, 제목 및 초록 검토를 통해 46개의 연구를 채택하였다. 전문 분석으로 조건에 맞는 32개의 연구를 선택했고, 참고 문헌 및 수기 탐색으로 3개의 연구를 더 얻어, 총 35개의 연구가 본 연구에 포함되었다 (Fig. 1).

총 35개의 연구 중 보철물의 적합성을 비교한 연구는 26개가 있었고, 보철물 없이 스캔 데이터를 통해 인상의 정확성을 비교한 연구는 9개가 있었다. 또한 치아에 관한 연구는 30개였으며, 임플란트에 관한 연구는 5개였다 (Table 1). 디지털 인상법과 전통적 인상법으로 보철물을 제작하여 인상법의 정확도를 비교한 연구가 많은 수를 차지 했고,¹²⁻³⁷ 보철물을 제작하지 않은 경우는 상대적으로 적었다.³⁸⁻⁴⁶

보철물의 적합성 비교는 절단면 비교법, 3차원 스캔 데이터 중첩법, 현미경 관찰법, 미세 컴퓨터 단층촬영 분석법을 통해 이루어졌다.

절단면 비교법 (Table 2)은 보철물의 적합도를 평가하는 방법의 하나로 완성된 보철물을 고정 또는 합착한 후 절단하거나 흐름성이 좋은 인상재를 보철물 내면에 주입 후 주 시적한 다음 인상을 절단하여 그 절단면을 비교하는 방법이다.

시편을 절단하여 현미경 또는 주사전자현미경(Scanning electron microscope, SEM)을 이용하여 변연 간격을 비교한 연구는 17개가 있었는데 이중 7개의 연구^{15-17,22,23,28,31}에서 디지털 인상법이 유의하게 더 작은 변연 간격을 보여주었고, 나머지 10개의 연구^{12-14,19-21,24,33,34,37}에서는 전통적인 인상법과 디지털 인상법에 따른 변연 간격의 유의한 차이는 없었다. 전통적인 인상이 더 정확하다는 보고는 없었다.

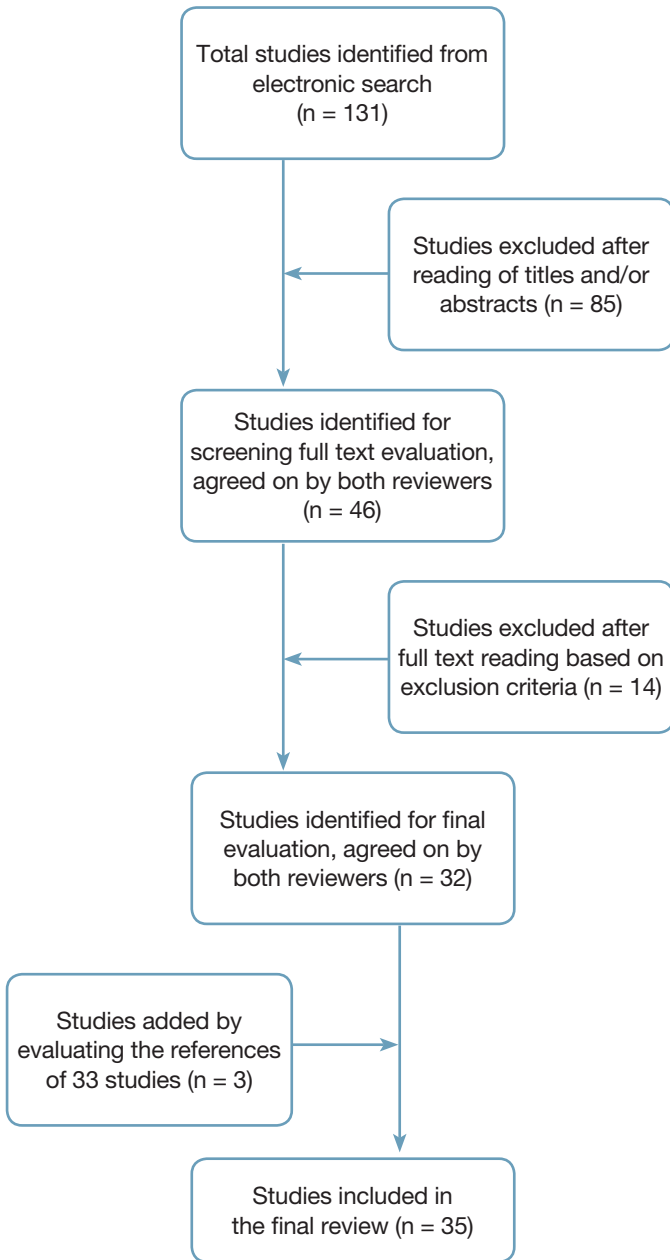


Fig. 1. Search strategy.

17개의 연구 중 14개의 연구는 내면 적합도 비교하였는데, 6개의 연구^{15,16,22,23,28,34}에서 디지털 인상법이 유의하게 더 좋은 결과 값을 보여주었으며, Yun 등¹²의 연구에서는 전통적인 인상법이 더 정확하였다. 나머지 7개의 연구^{13,14,17,19-21,31}에서는 두 방법간 유의한 차이는 없었다.

3차원 스캔 데이터 중첩법 (Table 3)은 치과용 스캐너로 얻은 지대치와 보철물의 데이터를 분석 프로그램으로 분석하여 변연 및 내면의 적합도를 평가하는 방법이다. 이 방법으로 보철물의

Table 1. Selected article in this review

Authors	Year	Tooth /Implant	Prosthesis	Assessment method
Yun M J <i>et al.</i> ¹²	2017	Tooth	Yes	Section (MR)
Rodiger M <i>et al.</i> ¹³	2017	Tooth	Yes	Section (MR)
Chew AA <i>et al.</i> ³⁸	2017	Implant	No	CMM
Cetik S <i>et al.</i> ¹⁴	2017	Tooth	Yes	Section (S)
Basaki K <i>et al.</i> ³⁹	2017	Implant	No	CMM
Zarauz C <i>et al.</i> ¹⁵	2016	Tooth	Yes	Section (MR)
Ueda K <i>et al.</i> ²²	2016	Tooth	Yes	Section (MR) + Imaging software
Su TS <i>et al.</i> ¹⁶	2016	Tooth	Yes	Section (MR)
Pedroche LO <i>et al.</i> ¹⁷	2016	Tooth	Yes	Section (MR)
Kim JH <i>et al.</i> ¹⁸	2016	Tooth	No	Micro CT
Dauti R <i>et al.</i> ¹⁹	2016	Tooth	Yes	Section (MR + S)
Berrendero S <i>et al.</i> ²⁰	2016	Tooth	Yes	Section (MR)
Ajioka H <i>et al.</i> ⁴⁰	2016	Implant	No	CMM
Ahrberg D <i>et al.</i> ²¹	2016	Tooth	Yes	Section (MR)
Pradies, G. <i>et al.</i> ²³	2015	Tooth	Yes	Section (MR)
Lee SJ <i>et al.</i> ⁴¹	2015	Implant	No	Superimposition
Ender A <i>et al.</i> ⁴²	2015	Tooth	No	Superimposition
Cho SH <i>et al.</i> ⁴³	2015	Tooth	No	Superimposition
Boeddinghaus M <i>et al.</i> ²⁴	2015	Tooth	Yes	Section (MR)
Anadioti E <i>et al.</i> ²⁵	2015	Tooth	Yes	Superimposition
Alfaro D <i>et al.</i> ²⁶	2015	Tooth	Yes	Micro CT
Abdel-Azim T <i>et al.</i> ²⁷	2015	Tooth	Yes	Microscope (gap)
Svanborg P <i>et al.</i> ²⁹	2014	Tooth	Yes	Superimposition
Kim SY <i>et al.</i> ⁴⁴	2014	Tooth	No	Microscope (gap)
Anadioti E <i>et al.</i> ²⁵	2014	Tooth	Yes	Superimposition
An S <i>et al.</i> ³³	2014	Tooth	Yes	Section (MR)
Almeida e Silva JS <i>et al.</i> ³⁴	2014	Tooth	Yes	Section (MR)
Abdel-Azim T <i>et al.</i> ³⁵	2014	Implant	Yes	Microscope (gap)
Ng J <i>et al.</i> ³⁰	2014	Tooth	Yes	Microscope (gap)
Tidehag P <i>et al.</i> ²⁸	2014	Tooth	Yes	Section (MR)
Keul C <i>et al.</i> ³¹	2014	Tooth	Yes	Section (MR)
Seelbach P <i>et al.</i> ³⁶	2013	Tooth	Yes	CMM + Microscope (gap)
Ender A <i>et al.</i> ⁴⁵	2013	Tooth	No	Superimposition
Ender A <i>et al.</i> ⁴⁶	2011	Tooth	No	Superimposition
Syrek A <i>et al.</i> ³⁷	2010	Tooth	Yes	Section (MR)

CMM: coordinate measuring machine, MR: microscope + replica technique, S: SEM

Table 2. Studies on the comparison of cross section

Authors	Study type	Group	N	Pros. type	CNV imp.	Scanner	Method	MD (μm)	IF (μm)
Yun MJ <i>et al.</i> ¹²	<i>in vivo</i>	Pt. (C)	10	Cr.	PVS		MS	87.39	156.36
	<i>in vivo</i>	Pt. (D)	10	Cr.		iT (Q)	MS	86.67	228.48
	<i>in vitro</i>	Master (C)	10	Cr.	PVS		MS	84.96	117.03
	<i>in vitro</i>	Master (D)	10	Cr.		iT (Q)	MS	76.82	193.53
Rodiger M <i>et al.</i> ¹³	<i>in vivo</i>	Pt. (C)	20	Cr.	PVS		MS	82.17	123.78
	<i>in vivo</i>	Pt. (D)	20	Cr.		Trios (Q)	MS	87.4	116.39
Cetik S <i>et al.</i> ¹⁴	<i>in vitro</i>	Shoulder (C)	10	Cr.	PVS		SEM	84.85	103.32
	<i>in vitro</i>	Shoulder (D)	10	Cr.		Trios (Q)	SEM	61.2	138.83
	<i>in vitro</i>	Chamfer (C)	10	Cr.	PVS		SEM	72.45	79.9
	<i>in vitro</i>	Chamfer (D)	10	Cr.		Trios (Q)	SEM	63.35	62.03
	<i>in vitro</i>	Knife (C)	10	Cr.	PVS		SEM	89.85	95.13
	<i>in vitro</i>	Knife (D)	10	Cr.		Trios (Q)	SEM	73.55	104.68
Zarauz C <i>et al.</i> ¹⁵	<i>in vivo</i>	Pt. (C)	26	Cr.	PVS		MS	135.51	195.11
	<i>in vivo</i>	Pt. (D)	26	Cr.		iT (Q)	MS	80.29	124.95
Ueda K <i>et al.</i> ²²	<i>in vitro</i>	Zr. (C)	12	4unit FDP	PE		MS	86.51	97.19
	<i>in vitro</i>	Zr. (D)	12	4unit FDP		LAVA (Q)	MS	62.85	68.09
	<i>in vitro</i>	CoCr (C)	12	4unit FDP	PE		MS	81.1	98.19
	<i>in vitro</i>	CoCr (D)	12	4unit FDP		LAVA (Q)	MS	32.05	60.07
Su TS <i>et al.</i> ¹⁶	<i>in vitro</i>	Master (C)	10	3unit FDP	PVS		MS	76	134
	<i>in vitro</i>	Master (D)	10	3unit FDP		Trios (F)	MS	63	110
Pedroche LO <i>et al.</i> ¹⁷	<i>in vitro</i>	Master (C)	10	Cr.	PVS		MS	87	238.3
	<i>in vitro</i>	Master (LabD)	10	Cr.	PVS		MS	71.1	208.47
	<i>in vitro</i>	Master (intraD)	10	Cr.		Trios (F)	MS	59.2	111.53
Dauti R <i>et al.</i> ¹⁹	<i>in vitro</i>	Master (C)	20	Cr.	PVS		MS	94.845	
	<i>in vitro</i>	Master (D)	20	Cr.		LAVA (Q)	MS	96.283	
	<i>in vitro</i>	Master (C)	20	Cr.	PVS		SEM	83.376	
	<i>in vitro</i>	Master (D)	20	Cr.		LAVA (Q)	SEM	99.265	
Berendero S <i>et al.</i> ²⁰	<i>in vivo</i>	Pt. (C)	30	Cr.	PVS		MS	119.9	224.1
	<i>in vivo</i>	Pt. (D)	30	Cr.		Trios (Q)	MS	106.6	246.6
Ahrberg D <i>et al.</i> ²¹	<i>in vivo</i>	Pt (C, Cr.)	25	Cr. (17) + 3unit FDP (8)	PE		MS	70.4	139.75
	<i>in vivo</i>	Pt (D, Cr.)	25	Cr. Cr.(17) + 3unit FDP (8)		LAVA (Cr.:Q, FDP:F)	MS	61.08	129.54
Pradies G <i>et al.</i> ²³	<i>in vivo</i>	Pt. (C)	34	Cr.	PVS		MS	91.46	190.55
	<i>in vivo</i>	Pt. (D)	34	Cr.		LAVA (Q)	MS	76.33	174.38
Boeddinghaus M <i>et al.</i> ²⁴	<i>in vivo</i>	Pt. (C)	49	Cr.	PVS		MS	109.88	
	<i>in vivo</i>	Pt. (OmnicaM)	49	Cr.		OmnicaM (Q)	MS	151.25	
	<i>in vivo</i>	Pt. (TD)	49	Cr.		TD (Q)	MS	91	
	<i>in vivo</i>	Pt. (Trios)	49	Cr.		Trios (Q)	MS	114.5	
An S <i>et al.</i> ³³	<i>in vitro</i>	Master (C)	10	Cr.	PVS		MS	92.67	
	<i>in vitro</i>	Master (D, die)	10	Cr.		iT (Q)	MS	103.05	
	<i>in vitro</i>	Master (D, without die)	10	Cr.		iT (Q)	MS	103.55	
Almeida e Silva	<i>in vitro</i>	Master (C)	12	4unit FDP	PE		MS	65.33	65.94
JS <i>et al.</i> ³⁴	<i>in vitro</i>	Master (D)	12	4unit FDP		LAVA COS (Q)	MS	63.96	58.46

Table 2. Studies on the comparison of cross section (Continued)

Authors	Study type	Group	N	Pros. type	CNV imp.	Scanner	Method	MD (μm)	IF (μm)
Tidehag P	<i>in vitro</i>	Master (C)	9	Cr.	PVS		MS	170	183
<i>et al.</i> ²⁸	<i>in vitro</i>	Master (D, LAVA oral)	9	Cr.		LAVA (Q)	MS	107	162
	<i>in vitro</i>	Master (D, LAVA die)	9	Cr.		LAVA (Q)	MS	113	177
	<i>in vitro</i>	Master (D, iTero oral)	9	Cr.		iT (Q)	MS	128	181
	<i>in vitro</i>	Master (D, iTero die)	9	Cr.		iT (Q)	MS	115	174
Keul C <i>et al.</i> ³¹	<i>in vitro</i>	CoCr (C)	12	4unit FDP	PE		MS	90.64	143.29
	<i>in vitro</i>	Zir. (C)	12	4unit FDP	PE		MS	141.08	165.95
	<i>in vitro</i>	CoCr (D)	12	4unit FDP		iT (Q)	MS	56.9	115.51
	<i>in vitro</i>	Zir. (D)	12	4unit FDP		iT (Q)	MS	127.23	153.88
Syrek A <i>et al.</i> ³⁷	<i>in vivo</i>	Pt. (C)	18	Cr.	PVS		MS	71	
	<i>in vivo</i>	Pt. (D)	18	Cr.		LAVA (Q)	MS	45	

C: Conventional group, D: Digital group, F: Full arch scan, IF: Internal Fit, iT: iTero, LAVA: LAVA COS, M: Master model, MD: Marginal Discrepancy, MS: Microscope, PE: Polyether, PVS: Polyvinylsiloxane, Q: Quadrant arch scan, TD: True Definition, Zir: Zirconia

Table 3. Studies on the comparison of superimposition

Authors	Study type	Group	N	Pros. type	CNV imp.	Scanner	Method	MD (μm)	IF (μm)
Anadioti E	<i>in vitro</i>	M (C, e.max press)	15	Cr.	PVS		SI		110
<i>et al.</i> ²⁵	<i>in vitro</i>	M (C, e.max CAD)	15	Cr.	PVS		SI		116
	<i>in vitro</i>	M (D, e.max press)	15	Cr.		LAVA (Q)	SI		211
	<i>in vitro</i>	M (D, e.max CAD)	15	Cr.		LAVA (Q)	SI		145
Svanborg P	<i>in vitro</i>	M (C, CoCr)	10	3unit FDP	PVS		SI	147	117
<i>et al.</i> ²⁹	<i>in vitro</i>	M (D, CoCr)	10	3unit FDP		iT (Q)	SI	142	93
Anadioti E	<i>in vitro</i>	M (C, e.max press)	15	Cr.	PVS		SI	2D:40/ 3D:48	
<i>et al.</i> ³²	<i>in vitro</i>	M (C, e.max CAD)	15	Cr.	PVS		SI	76 / 88	
	<i>in vitro</i>	M (D, e.max press)	15	Cr.		LAVA (Q)	SI	75 / 89	
	<i>in vitro</i>	M (D, e.max CAD)	15	Cr.		LAVA (Q)	SI	74 / 84	

2D: 2 dimension, 3D: 3 dimension, C: Conventional group, D: Digital group, IF: Internal Fit, iT: iTero, LAVA: LAVA COS, M: Master model, MD: Marginal Discrepancy, PVS: Polyvinylsiloxane, Q: Quadrant arch scan, SI: Superimposition

적합을 비교한 연구는 3개가 있었다. Anadioti 등²⁵은 내면 적합을 비교했는데, 전통적인 인상법이 더 나은 결과를 보였다고 보고했다. 다른 한 연구²⁹에서는 변연 간격과 내면 적합을 평가했는데 둘 다 전통적인 인상법과 디지털 인상법 간에 별다른 차이가 없다고 하였다. Anadioti 등³²의 다른 연구는 변연 간격을 2차원적 및 3차원적으로 비교 분석했는데 두 가지 모두 전통적인 방법이 디지털 인상법 보다 더 우수한 결과를 보여줬다.

전통적인 인상과 디지털 인상의 정확도를 비교하기 위해 시편을 절단 하지 않고, 변연 간격을 현미경으로 확대해서 관찰한 연구 (Table 4)는 3개가 있었다. 이중 2개의 연구^{30,36}는 디지털 인상이 더 정확하다 하였고, Abdel-Azim 등²⁷은 두 방법간 유의한 차이가 없다고 하였다.

미세 컴퓨터 단층촬영 (Table 5)을 이용하여 전통적인 인상과

디지털 인상을 비교한 연구는 2개가 있었다. Kim 등¹⁸은 변연 간격과 내면 적합에서 디지털 인상으로 제작한 보철물이 더 좋은 결과를 보고했고, Alfaro 등²⁶은 내면 적합을 내면의 시멘트 공간의 체적을 비교하였는데, 역시 디지털 인상의 경우가 더 좋은 결과를 보고했다.

3차원 스캔 데이터 정확성 비교 (Table 6)로 보철물 제작 없이 각 인상법이 지대치를 얼마나 정확하게 재현하였는지를 비교한 연구는 5개가 있었다. 4개의 연구에서 trueness와 precision을 비교하였는데 이 중 3개의 연구^{42,45,46}에서는 디지털 인상법과 전통적인 인상법이 유의한 차이가 없다고 보고하였고 Cho 등⁴³은 전통적인 인상법이 더 정확하다고 하였다. 다른 한 연구는 dimensional discrepancy를 비교하였는데⁴⁴ 대체로 전통적인 인상법이 더 좋은 결과를 보였다.

Table 4. Studies on the comparison using microscope

Authors	Study type	Group	N	Pros. type	CNV imp.	Scanner	Method	MD (μm)
Abdel-Azim T <i>et al.</i> ²⁷	<i>in vitro</i>	M (C)	9	Cr.	PVS		MS	112.3
	<i>in vitro</i>	M (D, LAVA)	10	Cr.		LAVA (Q)	MS	89.8
	<i>in vitro</i>	M (D, iTero)	10	Cr.		iT (Q)	MS	89.6
Ng J <i>et al.</i> ³⁰	<i>in vitro</i>	M (C)	15	Cr.	PVS		MS	74
	<i>in vitro</i>	M (D)	15	Cr.		LAVA (Q)	MS	48
Seelbach P <i>et al.</i> ³⁶	<i>in vitro</i>	M (C, 1)E	10	Cr.	PVS (1 step)		MS	38
	<i>in vitro</i>	M (C, 1)Zir.	10	Cr.	PVS (1 step)		MS	33
	<i>in vitro</i>	M (C, 2)E	10	Cr.	PVS (2 step)		MS	68
	<i>in vitro</i>	M (C, 2)Zir.	10	Cr.	PVS (2 step)		MS	60
	<i>in vitro</i>	M (D, Cerec)	10	Cr.		Cerec AC (Q)	MS	30
	<i>in vitro</i>	M (D, LAVA)	10	Cr.		LAVA (Q)	MS	48
	<i>in vitro</i>	M (D, iT)	10	Cr.		iT (Q)	MS	41

1 step: 1 step putty wash, 2 step: 2 step putty wash C: Conventional group, D: Digital group, E: e.max CAD, iT: iTero, LAVA: LAVA COS, M: Master model, MD: Marginal Discrepancy, MS: Microscope, PVS: Polyvinylsiloxane, Q: Quadrant arch scan, Zir: Zirconia

Table 5. Studies on the comparison using Micro CT

Authors	Study type	Group	N	Pros. type	CNV imp.	Scanner	Method	MD (μm)	IF
Kim JH <i>et al.</i> ¹⁸	<i>in vitro</i>	M (C, e.max CAD)	5	Cr.	PVS		Micro CT	207.8	29.1 mm ³
	<i>in vitro</i>	M (C, e.max press)	5	Cr.	PVS		Micro CT	176.1	31.4 mm ³
	<i>in vitro</i>	M (D, Carestream)	5	Cr.		CS3500 (Q)	Micro CT	129.6	25.3 mm ³
	<i>in vitro</i>	M (D, Trios)	5	Cr.		Trios (Q)	Micro CT	200.9	40.7 mm ³
Alfaro D <i>et al.</i> ²⁶	<i>in vitro</i>	M (C)	15	Cr.	PVS		Micro CT		210 μm
	<i>in vitro</i>	M (D, e.max press)	15	Cr.		LAVA (Q)	Micro CT		170 μm
	<i>in vitro</i>	M (D, e.max CAD)	15	Cr.		LAVA (Q)	Micro CT		160 μm

C: Conventional group, CNV imp.: Conventional impression material, D: Digital group, MD: Marginal Discrepancy, IF: Internal Fit, PVS: Polyvinylsiloxane, Q: Quadrant arch scan

Table 6. Studies on the comparison of superimposition without prostheses

Authors	Study type	Group	N	CNV imp.	Scanner	Method	Trueness	Precision
Ender A <i>et al.</i> ⁴²	<i>in vitro</i>	M (C, PE)	5	PE		SI	60.2	66.7
	<i>in vitro</i>	M (C, PVS)	5	PVS		SI	13	12.3
	<i>in vitro</i>	M (C, SPVS)	5	Scannable PVS		SI	11.5	14.6
	<i>in vitro</i>	M (C, ALG)	5	alginate		SI	37.7	59.6
	<i>in vitro</i>	M (D, BC)	5		BC (F)	SI	29.4	19.5
	<i>in vitro</i>	M (D, OC)	5		OC (F)	SI	37.3	35.5
	<i>in vitro</i>	M (D, iT)	5		iT (F)	SI	32.4	36.4
	<i>in vitro</i>	M (D, LAVA)	5		LAVA (F)	SI	44.9	63
Cho SH <i>et al.</i> ⁴³	<i>in vitro</i>	M (C)	5	PVS		SI	11	54
	<i>in vitro</i>	M (D)	5		LAVA (F)	SI	27	91
Kim SY <i>et al.</i> ⁴⁴	<i>in vitro</i>	M (C)	9	PVS		SI	MD:25.2	ID:15.1
	<i>in vitro</i>	M (D)	9		iT (Q)	SI	MD:25.6	ID:18.35
Ender A <i>et al.</i> ⁴⁵	<i>in vitro</i>	M (C)	5	PVS		SI	20.4	12.5
	<i>in vitro</i>	M (LabD)	5		Alicona infinite focus	SI	5.3	1.6
	<i>in vitro</i>	M (D)	5		Cerec AC (F)	SI	58.6	32.4
Ender A <i>et al.</i> ⁴⁶	<i>in vitro</i>	M (C)	5	PE		SI	55	61.3
	<i>in vitro</i>	M (D, LAVA)	5		LAVA (F)	SI	40.3	60.1
	<i>in vitro</i>	M (D, BC)	5		BC (F)	SI	49	30.9

ALG: Alginate, BC: Bluecam, C: Conventional group, D: Digital group, DD: Dimensional discrepancy, F: Full arch scan, ID: Internal discrepancy, iT: iTero, LAVA: LAVA COS, M: Master model, MD: Marginal Discrepancy, MS: Microscope, OC: Omnicam, PE: Polyether, PVS: Polyvinylsiloxane, SPVS: Scannable PVS, Q: Quadrant arch scan, SI: Superimposition.

임플란트 인상에 관한 연구 (Table 7)는 5개의 연구가 있었다. 이중 3개의 연구는 전통적인 인상법이 더 정확했다고 보고하였다. CMM을 이용하여 선형 변형(linear distortion) 및 축 변형(angular distortion)을 비교한 연구³⁸에서는 골 수준 임플란트에서 전통적인 인상법이 선형 변형에서 유의하게 더 좋은 결과 값을 보여주었으나, 조직 수준 임플란트에서는 결과는 좋으나 유의한 차이는 보이지 않았다. 축 변형은 골 수준 임플란트 그룹과 조직 수준 임플란트 그룹에서 두 인상법의 정확성에 유의한 차이는 없었다. 디지털 인상법으로 만든 가상 모델을 정도 관리 소프트웨어(quality control software, Convince, 3Shape, Copenhagen, Denmark)를 이용한 연구³⁹는 계측점의 좌표를 설정하여 벡터 값을 비교하였는데 전통적 인상법이 디지털 인상법보다 정확성에서 유의하게 좋은 결과를 보였다. 다른 연구⁴⁰에서는 전통적인 인상법을 통해 만든 모형은 CMM으로 측정된 값과 디지털 인상법으로 만든 가상 모델을 정도 관리 소프트웨어

(Focus inspection, Bristol, UK)를 통해 계측점 간의 거리와 각도를 비교하여 trueness와 precision을 평가하였다. Trueness는 전통적 인상법이 거리와 각도 모두에서 유의하게 좋은 결과를 보였고, precision은 각도에 따른 비교에서만 전통적 인상법이 유의하게 좋은 결과를 보여주었다.

반면에 3차원 스캔 데이터의 중첩을 통해 임플란트 인상체득의 정확성을 본 연구⁴¹에서는 지대주의 수직적 위치 변화가 두 인상법 모두 컸으나, 두 인상법의 결과간의 유의차는 없었다. 임플란트 인상체득 후 단일관과 바(bar)를 제작하여 변연 간격을 현미경으로 관찰한 연구³⁵에서는 디지털 인상법이 바에서 유의하게 더 좋은 적합을 보였으며, 단일관에서는 전통적인 인상법이 더 좋은 적합을 보였다. 디지털 인상법의 경우 단일관과 바의 적합성 차이가 없으나, 전통적인 인상법의 경우에는 큰 차이를 보였다.

Table 7. Studies on the accuracy of implant impression

Authors	Study type	Group	N	Pros. type	CNV imp.	Scanner	Method	Linear distortion (µm)	Angular distortion (degree)
Chew AA <i>et al.</i> ³⁸	<i>in vitro</i>	M (C, B)	5	None	PE		CMM	35	0.058
	<i>in vitro</i>	M (D, B, Trios)	5	None		Trios (Q)	CMM	64	0.105
	<i>in vitro</i>	M (D, B, iT)	5	None		iT (Q)	CMM	62	0.191
	<i>in vitro</i>	M (D, B, TD)	5	None		TD (Q)	CMM	63	0.315
	<i>in vitro</i>	M (C, T)	5	None	PE		CMM	49	0.186
	<i>in vitro</i>	M (D, T, Trios)	5	None		Trios (Q)	CMM	58	0.089
	<i>in vitro</i>	M (D, T, iT)	5	None		i-Tero (Q)	CMM	66	0.23
	<i>in vitro</i>	M (D, T, TD)	5	None		TD (Q)	CMM	64	0.206
Basaki K <i>et al.</i> ³⁹	<i>in vitro</i>	M (C)	20	None	PVS		QCS	VME (µm)	
	<i>in vitro</i>	M (D)	20	None		iT (F)	QCS	55.6	116.4
Ajioka H <i>et al.</i> ⁴⁰	<i>in vitro</i>	M (C)	10	None	PVS		CMM	Distance (T/P) (µm)	Angulation (T/P) (degree)
	<i>in vitro</i>	M (D)	10	None		LAVA (F)	QCS	22.5/13.5	0.1444/0.226
Lee SJ <i>et al.</i> ⁴¹	<i>in vitro</i>	M (C)	30	None	PVS		SI	Horizontal (µm)	Vertical (µm)
	<i>in vitro</i>	M (D)	30	None		iT (Q)	SI	64.5/15.6	0.4154/0.1781
Abdel-Azim T <i>et al.</i> ²⁷	<i>in vitro</i>	M (C, Cr.)	6	Cr.	PVS		MS	Marginal discrepancy (µm)	
	<i>in vitro</i>	M (C, Bar)	6	bar		iT (F)	MS	34	11
	<i>in vitro</i>	M (D, Cr.)	6	cr.	PVS		MS	-88	93
	<i>in vitro</i>	M (D, Bar)	6	bar		iT (F)	MS	24.1	135.19
								61.43	63.14

B: Bone level implant, C: Conventional group, D: Digital group, F: Full arch scan, iT: iTero, LAVA: LAVA COS, M: Master model, MD: Marginal Discrepancy, MS: Microscope, OC: Omnicam, PE: Polyether, PVS: Polyvinylsiloxane, SI: Superimposition, T: Tissue level implant, Q: Quadrant arch scan, QCS: Quality control software, VME: Vector magnitude error.

고찰

현재 치과계에서는 구내스캐너를 이용한 디지털 인상의 쓰임이 많아지고 있고 디지털 인상법을 통한 보철치료에 대한 신뢰도는 점점 높아지고 있다.⁹ 앞서 Chochlidakis 등⁴⁷은 전통적인 인상법과 디지털 인상법의 정확도를 절단면 비교를 통해서만 알아보았다. 디지털 인상법의 정확도도 충분히 임상에서 사용할 수 있다는 결과를 보여주었지만 한 가지 평가 방법만으로 비교한 결과라 한계가 있다. 따라서 본 고찰에서는 정확도 평가 방법에 따라 디지털 인상법과 전통적인 인상법의 정확도가 어떠한 차이를 보이는지 알아보았다.

두 가지의 인상채득 방법으로 제작된 보철물의 변연 간격에 대한 비교는 절단면 비교법, 3차원 스캔 데이터 중첩법, 현미경 관찰법, 미세 컴퓨터 단층촬영 분석법으로 이루어졌는데, 두 인상법을 비교했을 때 디지털 인상법을 통해 제작한 보철물의 변연 간격이 전통적 인상법으로 만들어진 보철물보다 비슷하거나 유의하게 좋은 변연 적합을 보인다고 평가했다. 보철물의 내면 적합은 절단면 비교법, 3차원 스캔 데이터 중첩법, 미세 컴퓨터 단층촬영 분석법으로 두 인상법을 비교했다. 절단면 비교법으로 비교한 연구들의 결과는 일관적이지 않았으나, 3차원 스캔 데이터 중첩법으로 비교한 연구들은 전통적 인상법으로 제작한 보철물이 비슷하거나 더 좋은 내면 적합을 보였다. 특히 절단면 비교법으로 비교한 두 연구^{12,25}에서 보여준 디지털 인상법으로 제작된 보철물의 내면 적합은 Jørgensen과 Esbensen⁴⁸이 주장한 최대 140 μm 의 내면 오차 보다도 커 임상적으로 허용되기 어려운 결과를 보여주었다. 미세 컴퓨터 단층촬영 분석법에 의한 연구 결과는 디지털 인상법으로 제작한 보철물의 내면 적합이 전통적 인상법으로 제작한 보철물보다 좋았다고 보고했다.

이렇게 각 연구들의 결과가 다양한 것은 각 연구방법의 한계 때문으로 각 연구의 결과를 해석할 때 유의해야 한다. 먼저 절단면 비교법과 현미경 관찰법은 연구방법이 비교적 쉽고 상대적으로 익숙하다는 장점이 있지만, 실험 시 변연 간격 및 내면 적합을 관찰하기 위해 고점주도의 인상재로 시편을 제작할 때 오차가 발생할 수 있다. 또한 절단면 비교법은 절단면으로부터 소수의 정보만을 얻을 수 있어 실제로 절단되지 않은 부위의 오차를 알 수 없다. 또한 현미경 관찰법은 비파괴적 평가방법이라는 장점 때문에 내면 적합성을 평가할 수 없다는 단점이 있다. 3차원 스캔 데이터 중첩법의 경우 두 대상을 최적 적합 알고리즘(best fit algorithm)으로 중첩하여 오차를 평가한다. 최적 적합 알고리즘은 두 대상의 오차가 가장 적도록 중첩시키는 방법으로, 일정한 기준이 없어 대상을 중첩시키는 길이가 길어지면 길어질수록 중첩에 의한 두 대상간의 오차가 커질 가능성을 배제할 수 없다. 미세 컴퓨터 단층촬영기는 기기 자체가 고가이고 현재의 기기로는 고해상도의 결과를 얻기 힘들다. 즉 미세 컴퓨터 단층촬영의 해상도 한계에 의해 보철물의 변연 간격이나 내면 적합을 평가하는데 오차가 있을 수 있다. 특히 비교적 날카로운 변연부나 각진 내면부는 미세 컴퓨터 단층촬영의 상이 뭉개질 수 있다. 또한 미세

컴퓨터 단층촬영은 보철물을 접착하지 않은 상태에서 촬영하므로 보철물의 내면 공간을 정확하게 측정하는 데 어려움이 있다.

또한 연구 결과를 해석할 때 각 인상법으로 보철물을 제작하는 과정의 특성도 고려해야 한다. 전통적 인상법으로 보철물을 제작할 때 보철물의 근원심 길이가 길면, 제작 과정에서 인상재의 뒤틀림으로 더 많은 오차가 발생할 수 있다. 디지털 인상법의 경우에는 지대치 자체의 인상채득에는 발생하는 오차가 큰 차이가 없지만 중간 무치악부 스캔 시 이어 붙여지는 이미지에서 오차가 누적되어 결과적으로 보철물 길이가 길어지면 오차가 발생할 수 있다. 또한 구내스캐너를 이용한 디지털 인상법은 날카로운 선각을 채득하기 어렵고 이러한 선각은 보철물 제작 시에도 CAM의 한계로 재현되기 어렵다. 또한 스캔 대상의 불규칙한 표면은 데이터 처리 과정에서 매끈하게 표현되어 내면 적합에서 오차가 커질 수 있다. 전통적인 인상법으로 제작한 모형을 탁상 스캐너로 스캔한 경우에도 오차가 발생하지만 그 크기가 작아 상대적으로 오차가 작다.⁴⁹ 따라서 내면 적합 평가 시 적절한 위치에 계측점을 설정하지 않으면 결과 해석에 오류가 발생할 수 있다.

보철물을 제작하지 않고 3차원 스캔 데이터를 획득하여 두 인상법의 정확도를 비교한 연구에서는 보철물의 적합도를 비교한 연구의 결과와 달리, 전통적인 인상법보다 디지털 인상법이 precision과 trueness가 더 좋지 않다고 보고되었다. 특히, 스캔 범위가 증가할수록 그 오차는 증가했는데,⁴⁵ 이는 다음의 두 요소가 기여했을 것이다. 먼저 구내스캐너의 특성상 대상을 한 번에 인기하는 것이 아니라, 부분적으로 인상 채득 후 이어 붙이는데 이때 오차가 누적될 수 있다. 그리고 앞서 언급한 것처럼 3차원 스캔 데이터 중첩법은 일정한 기준이 없어 오차가 발생할 수 있다. 또한 보철물 제작 시에는 디지털 인상법이 더 좋은 결과를 보였으나 보철물을 제작하지 않고 3차원 스캔 데이터를 이용해 비교하는 경우에는 전통적인 인상법이 더 좋거나 디지털 인상법과 비슷한 결과를 보였는데 CAM을 통한 보철물 제작과정에서 미세한 부분까지 재현하지 못해 전통적인 인상법으로 채득한 더 정확한 모형에서 더 큰 오차를 발생시키는 것 같다. 이러한 연구들은 보철물을 제작하는 과정에서 발생가능한 오차를 배제하여도, 보철물을 제작해 비교한 앞서 연구들처럼, 악궁내 근원심 길이가 짧은 국소적인 부위에서는 디지털 인상법이 전통적 인상법을 대체할 수 있을 것으로 기대할 수 있으나, 근원심으로 길이가 긴 보철물의 인상시에는 아직까지 구내스캐너의 사용은 제한적이라는 것을 보여준다.

임플란트 인상의 정확도를 좌표를 설정해 분석한 두 연구^{39,40}에서는 전통적인 인상법이 더 정확하다고 하였고, Chew 등³⁸의 연구에서는 조직 수준 임플란트에서는 두 방법간 유의한 차이가 없었고, 골 수준 임플란트에서는 전통적인 인상법이 더 정확하다고 하였다. 임플란트를 디지털 인상법으로 인상을 채득할 경우 스캔바디(scanbody)를 사용하게 되는데 스캔바디는 기존 인상용 코핑과 달리 단일 성분 구조물이 아니기 때문에 제작시 오차 발생 가능성이 높다. 이 뿐 아니라 스캔바디를 임플란트 고정체에 연결할 때 마다 기존의 골 수준 임플란트 인상시 사용되는 금

속 인상용 코핑에 비해 위치가 달라질 가능성이 높아 일정하지 않은 결과를 야기할 수 있다. 이러한 스캔바디 사용으로 인한 오차로 전통적 인상법에 비해 일관되게 부정확한 결과를 가져왔을 것이라 추측할 수 있다. 또한 조직 수준 임플란트 인상시 사용되는 impression cap도 연결시 위치 변화 가능성이 많아 조직 수준 임플란트의 인상시에는 두 방법간 유의한 차이가 없었을 것이다. 또한 폴리우레탄(polyurethane)으로 최종 모형을 제작한 연구³⁹에서는 전통적인 인상법에 의한 기공과정에서는 인상재의 수축을 최종 모형 제작시 석고의 팽창으로 보상하는 것과는 다르게 디지털 인상법은 인상과정에서 발생하는 수축은 없으나 스캔 데이터를 기초로 polyurethane 최종 모형을 제작할 때 발생하는 체적 변화로 인한 오차도 존재했을 것으로 생각된다.⁵⁰

결론

본 고찰에서는 구내스캐너를 이용한 디지털 인상법과 기존의 인상재를 이용한 전통적 인상법에 따른 보철물의 적합 및 인상 자체의 정확성에 관한 문헌들을 선택하여 비교하였다. 여러 비교 방법에 따른 결과를 보았을 때 자연치에서 디지털 인상법을 통한 근원심으로 짚은 길이의 보철물 제작에는 임상적으로 충분히 신뢰할만한 결과를 보이는 것 같다. 근원심으로 길이가 긴 보철물에 관한 연구는 수도 적고, 현재로서는 오차가 커 디지털 인상법이 전통적 인상법을 완전히 대체하기에는 아직 무리가 있는 것으로 보인다. 임플란트 인상에서는 비록 연구 문헌수는 적지만 전통적 인상법이 일관되게 좋은 결과를 보여 디지털 인상법의 적용에는 아직까지는 한계가 있는 것 같다. 앞으로 디지털 기술이 임상에서 더 많은 부분을 차지해 나갈 것임은 의심할 여지가 없으며, 이에 맞춰 더 많은 연구들이 필요하다.

ORCID

Kyoung-Rok Kim <https://orcid.org/0000-0002-1603-7559>

Sunjai Kim <https://orcid.org/0000-0002-0828-8008>

References

1. Kokubo Y, Ohkubo C, Tsumita M, Miyashita A, Vult von Steyern P, Fukushima S. Clinical marginal and internal gaps of Procera AllCeram crowns. *J Oral Rehabil* 2005;32:526-30.
2. Belser UC, MacEntee MI, Richter WA. Fit of three porcelain-fused-to-metal marginal designs in vivo: a scanning electron microscope study. *J Prosthet Dent* 1985;53:24-9.
3. Knoernschild KL, Campbell SD. Periodontal tissue responses after insertion of artificial crowns and fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 2000;84:492-8.
4. Karlsson S. A clinical evaluation of fixed bridges, 10 years following insertion. *J Oral Rehabil* 1986;13:423-32.
5. Goldman M, Laosonthorn P, White RR. Microleakage-full crowns and the dental pulp. *J Endod* 1992;18:473-5.

6. Jacobs MS, Windeler AS. An investigation of dental luting cement solubility as a function of the marginal gap. *J Prosthet Dent* 1991;65:436-42.
7. Rekow ED, Harsono M, Janal M, Thompson VP, Zhang G. Factorial analysis of variables influencing stress in all-ceramic crowns. *Dent Mater* 2006;22:125-32.
8. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *J Prosthodont Res* 2016;60:72-84.
9. Christensen GJ. Impressions are changing: deciding on conventional, digital or digital plus in-office milling. *J Am Dent Assoc* 2009;140:1301-4.
10. Ting-Shu S, Jian S. Intraoral digital impression technique: A review. *J Prosthodont* 2015;24:313-21.
11. Christensen GJ. The challenge to conventional impressions. *J Am Dent Assoc* 2008;139:347-9.
12. Yun MJ, Jeon YC, Jeong CM, Huh JB. Comparison of the fit of cast gold crowns fabricated from the digital and the conventional impression techniques. *J Adv Prosthodont* 2017;9:1-13.
13. Rödiger M, Heintz A, Bürgers R, Rinke S. Fitting accuracy of zirconia single crowns produced via digital and conventional impressions-a clinical comparative study. *Clin Oral Investig* 2017;21:579-87.
14. Cetik S, Bahrami B, Fossoyeux I, Atash R. Adaptation of zirconia crowns created by conventional versus optical impression: in vitro study. *J Adv Prosthodont* 2017;9:208-16.
15. Zarauz C, Valverde A, Martinez-Rus F, Hassan B, Pradies G. Clinical evaluation comparing the fit of all-ceramic crowns obtained from silicone and digital intraoral impressions. *Clin Oral Investig* 2016;20:799-806.
16. Su TS, Sun J. Comparison of marginal and internal fit of 3-unit ceramic fixed dental prostheses made with either a conventional or digital impression. *J Prosthet Dent* 2016;116:362-7.
17. Pedroche LO, Bernardes SR, Leão MP, Kintopp CC, Correr GM, Ornaghi BP, Gonzaga CC. Marginal and internal fit of zirconia copings obtained using different digital scanning methods. *Braz Oral Res* 2016;30:e113.
18. Kim JH, Jeong JH, Lee JH, Cho HW. Fit of lithium disilicate crowns fabricated from conventional and digital impressions assessed with micro-CT. *J Prosthet Dent* 2016;116:551-7.
19. Dauti R, Cvikl B, Franz A, Schwarze UY, Lilaj B, Rybaczek T, Moritz A. Comparison of marginal fit of cemented zirconia copings manufactured after digital impression with lava C.O.S and conventional impression technique. *BMC Oral Health* 2016;16:129.
20. Berrendero S, Salido MP, Valverde A, Ferreiroa A, Pradies G. Influence of conventional and digital intraoral impressions on the fit of CAD/CAM-fabricated all-ceramic crowns. *Clin Oral Investig* 2016;20:2403-10.
21. Ahrberg D, Lauer HC, Ahrberg M, Weigl P. Evaluation of fit and efficiency of CAD/CAM fabricated all-ceramic restorations based on direct and indirect digitalization: a

- double-blinded, randomized clinical trial. *Clin Oral Investig* 2016;20:291-300.
22. Ueda K, Beuer F, Stimmelmayer M, Erdelt K, Keul C, Güth JF. Fit of 4-unit FDPs from CoCr and zirconia after conventional and digital impressions. *Clin Oral Investig* 2016;20:283-9.
 23. Pradies G, Zarauz C, Valverde A, Ferreiroa A, Martínez-Rus F. Clinical evaluation comparing the fit of all-ceramic crowns obtained from silicone and digital intraoral impressions based on wavefront sampling technology. *J Dent* 2015;43:201-8.
 24. Boeddinghaus M, Breloer ES, Rehmann P, Wöstmann B. Accuracy of single-tooth restorations based on intraoral digital and conventional impressions in patients. *Clin Oral Investig* 2015;19:2027-34.
 25. Anadioti E, Aquilino SA, Gratton DG, Holloway JA, Denry IL, Thomas GW, Qian F. Internal fit of pressed and computer-aided design/computer-aided manufacturing ceramic crowns made from digital and conventional impressions. *J Prosthet Dent* 2015;113:304-9.
 26. Alfaro DP, Ruse ND, Carvalho RM, Wyatt CC. Assessment of the Internal Fit of Lithium Disilicate Crowns Using Micro-CT. *J Prosthodont* 2015;24:381-6.
 27. Abdel-Azim T, Rogers K, Elathamna E, Zandinejad A, Metz M, Morton D. Comparison of the marginal fit of lithium disilicate crowns fabricated with CAD/CAM technology by using conventional impressions and two intraoral digital scanners. *J Prosthet Dent* 2015;114:554-9.
 28. Tidehag P, Ottosson K, Sjögren G. Accuracy of ceramic restorations made using an in-office optical scanning technique: an in vitro study. *Oper Dent* 2014;39:308-16.
 29. Svanborg P, Skjerven H, Carlsson P, Eliasson A, Karlsson S, Ortorp A. Marginal and internal fit of cobalt-chromium fixed dental prostheses generated from digital and conventional impressions. *Int J Dent* 2014;2014:534382.
 30. Ng J, Ruse D, Wyatt C. A comparison of the marginal fit of crowns fabricated with digital and conventional methods. *J Prosthet Dent* 2014;112:555-60.
 31. Keul C, Stawarczyk B, Erdelt KJ, Beuer F, Edelhoff D, Güth JF. Fit of 4-unit FDPs made of zirconia and CoCr-alloy after chairside and labside digitalization-a laboratory study. *Dent Mater* 2014;30:400-7.
 32. Anadioti E, Aquilino SA, Gratton DG, Holloway JA, Denry I, Thomas GW, Qian F. 3D and 2D marginal fit of pressed and CAD/CAM lithium disilicate crowns made from digital and conventional impressions. *J Prosthodont* 2014;23:610-7.
 33. An S, Kim S, Choi H, Lee JH, Moon HS. Evaluating the marginal fit of zirconia copings with digital impressions with an intraoral digital scanner. *J Prosthet Dent* 2014;112:1171-5.
 34. Almeida e Silva JS, Erdelt K, Edelhoff D, Araújo É, Stimmelmayer M, Vieira LC, Güth JF. Marginal and internal fit of four-unit zirconia fixed dental prostheses based on digital and conventional impression techniques. *Clin Oral Investig* 2014;18:515-23.
 35. Abdel-Azim T, Zandinejad A, Elathamna E, Lin W, Morton D. The influence of digital fabrication options on the accuracy of dental implant-based single units and complete-arch frameworks. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29:1281-8.
 36. Seelbach P, Brueckel C, Wöstmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin Oral Investig* 2013;17:1759-64.
 37. Syrek A, Reich G, Ranftl D, Klein C, Cerny B, Brodessaer J. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *J Dent* 2010;38:553-9.
 38. Chew AA, Esguerra RJ, Teoh KH, Wong KM, Ng SD, Tan KB. Three-dimensional accuracy of digital implant impressions: Effects of different scanners and implant level. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2017;32:70-80.
 39. Basaki K, Alkumru H, De Souza G, Finer Y. Accuracy of digital vs conventional implant impression approach: A three-dimensional comparative in vitro analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2017;32:792-9.
 40. Ajioka H, Kihara H, Odaira C, Kobayashi T, Kondo H. Examination of the position accuracy of implant abutments reproduced by intra-oral optical impression. *PLoS One* 2016;11:e0164048.
 41. Lee SJ, Betensky RA, Gianneschi GE, Gallucci GO. Accuracy of digital versus conventional implant impressions. *Clin Oral Implants Res* 2015;26:715-9.
 42. Ender A, Mehl A. In-vitro evaluation of the accuracy of conventional and digital methods of obtaining full-arch dental impressions. *Quintessence Int* 2015;46:9-17.
 43. Cho SH, Schaefer O, Thompson GA, Guentsch A. Comparison of accuracy and reproducibility of casts made by digital and conventional methods. *J Prosthet Dent* 2015;113:310-5.
 44. Kim SY, Lee SH, Cho SK, Jeong CM, Jeon YC, Yun MJ, Huh JB. Comparison of the accuracy of digitally fabricated polyurethane model and conventional gypsum model. *J Adv Prosthodont* 2014;6:1-7.
 45. Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent* 2013;109:121-8.
 46. Ender A, Mehl A. Full arch scans: conventional versus digital impressions-an in-vitro study. *Int J Comput Dent* 2011;14:11-21.
 47. Chochlidakis KM, Papaspyridakos P, Geminiani A, Chen CJ, Feng IJ, Ercoli C. Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* 2016;116:184-190.
 48. Jørgensen KD, Esbensen AL. The relationship between the film thickness of zinc phosphate cement and the retention of veneer crowns. *Acta Odontol Scand* 1968;26:169-75.
 49. Shimizu S, Shinya A, Kuroda S, Gomi H. The accuracy of the CAD system using intraoral and extraoral scanners for designing of fixed dental prostheses. *Dent Mater J* 2017;36:402-7.
 50. Hwang YC, Park YS, Kim HK, Hong YS, Ahn JS, Ryu JJ. The evaluation of working casts prepared from digital impressions. *Oper Dent* 2013;38:655-62.

디지털 인상법과 전통적 인상법의 정확도 비교: 체계적 고찰

김경록 · 서권수 · 김선재*

연세대학교 강남세브란스치과병원 치과보철과

목적: 본 연구는 보철물의 적합 및 인상의 정확성에 관한 문헌들을 체계적으로 고찰하여 구강 내 스캐너를 이용한 디지털 인상법이 전통적인 인상법을 대체할 만한 정확도를 보이는지 알아보려고 한다.

재료 및 방법: 1997년 8월 1일부터 2017년 7월 31일까지 출판된 영어로 쓰여진 연구를 대상으로 디지털 인상법의 정확성에 대한 문헌을 MEDLINE/PubMed 전자 검색 및 수기탐색을 시행하였다. 조건에 따라 선택된 연구의 데이터를 스프레드 시트에 2명의 검토자가 독립적으로 정리하였다.

결과: 총 35개의 연구가 선택되었고, 26개의 연구는 보철물의 적합성을 비교하였고 9개의 연구는 보철물 없이 스캔 데이터를 통해 인상의 정확성을 비교하였다. 대부분의 연구가 보철물을 이용해 인상법의 정확성을 비교하였다.

결론: 본 고찰에 따르면 자연치열에서 디지털 인상법으로 단일관이나 근원심으로 길이가 짧은 보철물을 제작하는 것은 임상적으로 충분히 신뢰할만한 하다. 그러나 디지털 인상법으로 길이가 긴 보철물을 제작하는 것은 연구가 적어 아직 한계가 있다. 임플란트 보철물 제작에 있어서 구내스캐너를 이용한 디지털 인상법으로 전통적인 인상법을 완전히 대체하기는 아직 어렵다. (*대한치과보철학회지* 2018;56:258-68)

주요단어: 구강 내 스캐너; 디지털인상; 정확도; 충실도; 정밀도

*교신저자: 김선재

06273 서울 강남구 언주로 211 연세대학교 강남세브란스치과병원 치과보철과

02 2019 3568: e-mail, sunjai@yuhs.ac

원고접수일: 2018년 2월 5일 / 원고최종수정일: 2018년 5월 11일 / 원고채택일: 2018년 5월 30일

© 2018 대한치과보철학회

이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 3.0 대한민국 라이선스에 따라
이용하실 수 있습니다.