The Effective Factors in the Accuracy of Intraoral Scanners: A Systematic Review

Seyed Shojaedin Shayegh[1], Maryam Jahangiri[2*]

[1]*Professor, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Shahed University, Tehran, Iran*
[2]*Postgraduate Student, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Shahed University, Tehran, Iran*

Received: 21 February 2024, Accepted: 30 July 2024

Background: The use of digital technology and intraoral scanners in dentistry has gained increasing popularity. Various factors can impact intraoral scanning accuracy and gaining competent knowledge of these factors can enhance the accuracy, speed and quality of intraoral scanning procedures. In this study, we aimed to investigate the factors influencing the accuracy of digital impressions recorded by intraoral scanners.

Methods and Materials: The present systematic review was performed according to the guidelines of the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020. A comprehensive search was conducted across databases such as PubMed, Google Scholar, Scopus, Science Direct, Web of Science and Cochrane Library using terms related to "intraoral scanner", "CAD/CAM", "digital impression", "digital dentistry" and "accuracy". Studies that were published from January 2015-February 2024 in English or Persian language, were retrieved.

Results: A total of 1460 studies were initially identified and 100 studies were screened by title and abstract. Case report studies or those which were non-relevant to our PICO model were excluded. Finally, the full text of 30 studies were reviewed.

Conclusion: Multiple influencing factors were identified. These factors were classified into five main categories that were either related to the operator (expertise and employed scanning strategy), utilized scanner (size and type), scanned tooth (preparation, distance from adjacent teeth and topographic characteristics), implant (implant location, angulation and scan body), jaw (jaw deformities, intra-arch distance and partial or complete edentulism) or ambient conditions (ambient light and temperature).

Keywords: Accuracy, digital dentistry, intraoral scanners

***Corresponding Author**: **Maryam.jahangiri@shahed.ac.ir**

➢ **Please cite this paper as:** Shayegh SS, Jahangiri M. The effective factors in the accuracy of intraoral scanners: A systematic review**.** *J Mashhad Dent Sch 2024, 48(3):799-819*

➢***DOI: 10.22038/jmds.2024.24671***

Copyright © 2023 Mashhad University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.en

مرور سیستماتیک اکتورهای موثر در دقت اسکنرهای داخل دهانی:

سید شجاع الدین شایق[۱] ،مریم جهانگیری[۲]*

[۱]استاد، گروه پروتزهای دندانی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

[۲]دانشجوی دوره تخصصی،گروه پروتزهای دندانی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

تاریخ ارائه مقاله: ۱۴۰۲/۱۲/۲– تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۹

چکیده

مقدمه: استفاده از ابزارهای دیجیتال و اسکنرهای داخل دهانی،امروزه در دندانپزشکی بسیار رایج شده است.با این وجود مطالعات کمی در مورد دقت اسکنرها و روشهای کاربرد اسکنر که موجب افزایش دقت و سرعت اسکن میشود وجود دارد.در این مطالعه مروری،به بررسی فاکتورهای موثر در دقت اسکن می پردازیم.

مواد و روش ها:پروتکل این مطالعه مروری بر اساس گایدلاین PRISMA بوده است. ما در پایگاه های اطلاعاتی ,Pubmed Google Scholar, Scopus, Science Direct, Web of Science, Cochrane Library از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴به جست و جو پرداختیم.از میان ۱۰۰ مقاله مرتبط ،۳۰ مقاله که بیشترین ارتباط به موضوع را داشتند،مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته ها: در مجموع۱۰۶۰ مطالعه در ابتدا شناسایی شد و ۵۰ مطالعه بر اساس عنوان و چکیده غربالگری شدند. مطالعات گزارش موردی یا مواردی که به مدل PICO ما مرتبط نبودند، حذف شدند. در نهایت، متن کامل ۳۰ مطالعه بررسی شد.

نتیجه گیری: فاکتورهای مختلفی در دقت اسکن تاثیر دارند.آگاهی از این فاکتورهای موثر موجب افزایش دقت، سرعت و کیفیت استفاده از اسکنرهای داخل دهانی می شوند. این فاکتورها عبارتند از اپراتور با تجربه تر، توجه به پیشنهاد شرکت سازنده در مورد استراتژی اسکن، اسکن با زاویه، فینیش لاین چمفر، دندان گردترو زوایای تیز کمتر، فاصله دو ایمپلنت ، نوع ترمیم دندان مجاور،توازی ایمپلنت ها،ناحیه قرارگیری ایمپلنت ها، محل قرارگیری بول اسکن بادی، سایز سر اسکنر، مکانیسم اسکنرها، دمای محیط، نور محیط، طول ناحیه اسکن، عرض بین مولری و وجود شکاف‌های کام یکطرفه و دو طرفه.

کلمات کلیدی:دقت؛ دندانپزشکی دیجیتال؛ اسکنرهای داخل دهانی

مجله دانشکده دندانپزشکی مشهد / سال ۱۴۰۳ / دوره ۴۸ / شماره۳: ۸۱۹-۷۹۹.

مقدمه:

یکی از مهارت های مهم در دندانپزشکی و به خصوص رشته ی پروتزهای دندانی، تهیه ی یک قالب مناسب از دهان است. به کمک این قالب ها، کست‌هایی تهیه می‌شود که در تشخیص، درمان و ساخت پروتزها نقش اساسی دارند.[۱] تهیه‌ی قالب مناسب اولین گام از پروسه ی ساخت پروتز است.[۲]برای سالها استاندارد قالب‌گیری، روش مرسوم قالبگیری بود. این روشها زمانبر،حساس به تکنیک ونیازمند مواد قالبگیری مناسب هستند و امکان انتقال آلودگی بین لابراتور و مطب را دارند.به علاوه تکرار قالب‌گیری برای بیمار، ناخوشایند و خسته کننده است.[۱، ۵-۳]

در میانه‌ی قرن ۲۰ دیجیتالی شدن به سرعت در تمام

صنایع گسترش یافت و سیستم سلامت را نیز در بر گرفت[۲]. Francois Duret از پیشگامان استفاده از قالبگیری نوری بود که در سال ۱۹۷۱در فرانسه از این تکنولوژی استفاده کرد. اولین اسکنر داخل دهانی در سال ۱۹۸۰ در سوییس و توسط پروفسور Mormann طراحی شد. این اسکنر اولین نسل اسکنرها بود.[٦] استفاده از اسکنرهای داخل دهانی مزایا و معایب متعددی دارد.از جمله مزایای آن ها، امکان اصلاح به سادگی و یا اسکن مجدد، دیدن ناحیه و ارزیابی آن حین اسکن، امکان ذخیره فایل بصورت دیجیتال و عدم نیاز به بایگانی کست‌های فیزیکی، عدم استفاده از مواد قالب گیری، اقتصادی بودن، عدم انتقال عفونت به لابراتور، ارتباط راحت با لابراتور، افزایش رضایت بیمار ، امکان اسکن در بیماری که به دلیل رفلکس گگ قادر به قالب گیری نیستیم و امکان انتخاب رنگ بصورت دیجیتالی توسط برخی از سیستم ها را میتوان نام برد.[۳] هزینه اولیه بالا، نیاز به آموزش جهت استفاده از اسکنر ها،نیاز به اسکن بادی ها جهت اسکن ایمپلنت،سختی ثبت اکلوژن در درمانهای پیچیده، عدم ثبت نواحی زیر لثه در حضور خون و بزاق و بافت نرم، عدم دقت در ثبت ریج های کاملا بی دندان از جمله معایب استفاده از قالب‌گیری دیجیتال است.[۳] گسترش و پیشرفت روزافزون تکنولوژی های نوین مانند اسکنرهای داخل دهانی، راحتی ، افزایش سرعت و افزایش رضایت بیماران موجب افزایش رغبت دندانپزشکان به استفاده از اسکنرها شده است. در استفاده از اسکنرهای داخل دهانی، نکته مهم، اسکن ناحیه با دقت بالاست زیرا کیفیت پایین اسکنرها می تواند موجب دقت پایین تر تطابق ترمیم ها و اپلاینس های ساخته شده از این اسکن ها شده و در صورت وجود دیستورشن می تواند موجب آسیب به ساختارهای قبلی همانند پایه های دندانی و ایمپلنت ها شود. فاکتورهای متعددی در دقت اسکنرها تاثیر دارد.[۱۳-۷] در این مطالعه مروری، به بررسی فاکتورهایی که در دقت اسکنر ها تاثیر دارد می پردازیم.

مواد وروش ها:

این بررسی سیستماتیک مطابق با PRISMA (موارد گزارش ترجیحی برای بررسی های سیستماتیک و متاآنالیز) و رویکرد PICO(S) (بیمار یا جمعیت، مداخله، کنترل یا مقایسه، نتیجه، و انواع مطالعه) انجام شد. سؤال PICO به این ترتیب فرموله شد: در قالبگیری دیجیتال داخل دهان بیماران (P) چه فاکتورهایی (I) موجب اسکن های دیجیتال (C) با دقت بالاتر (O) می شوند؟

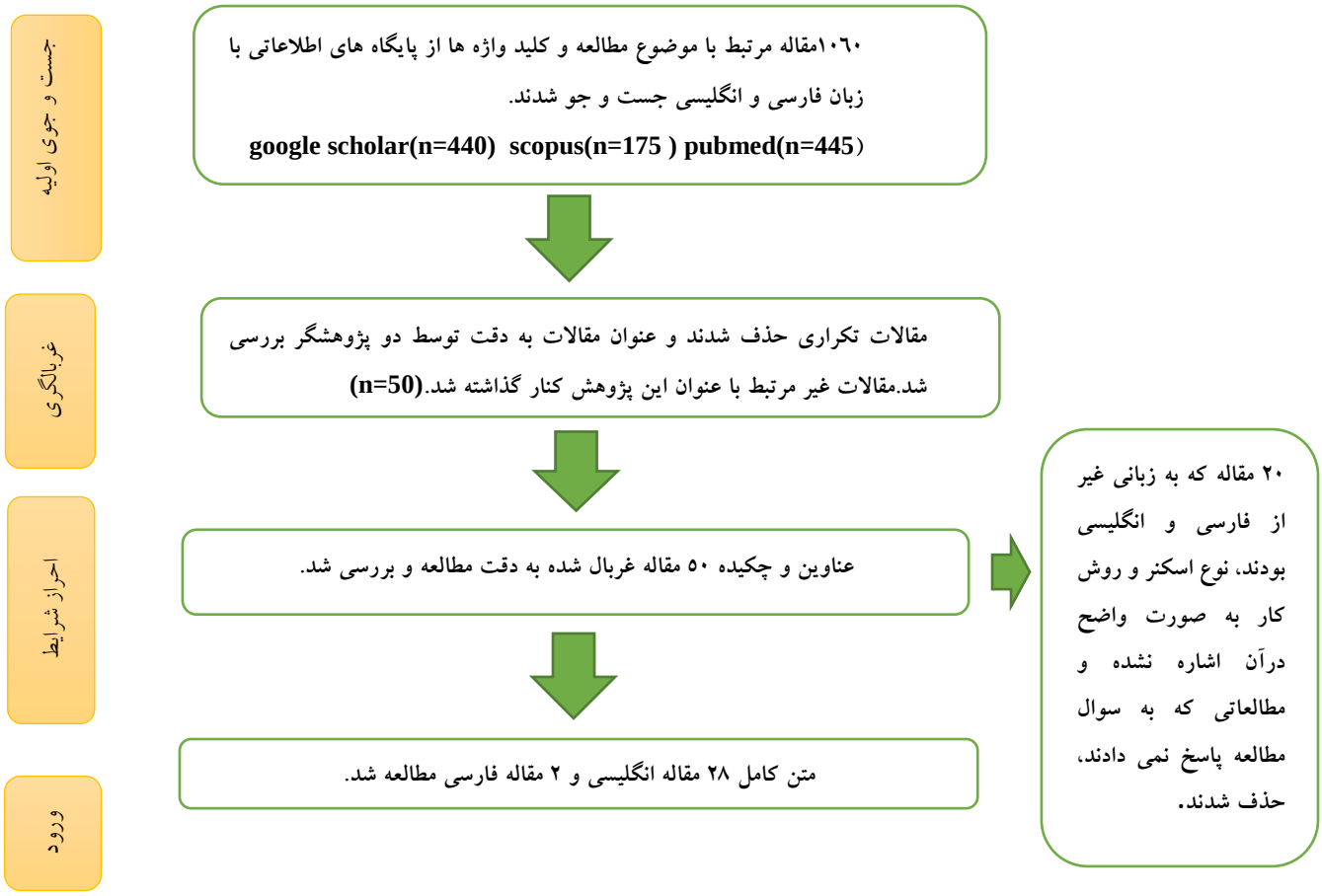
جستجو در پایگاه های اطلاعاتی Scopus, Science Direct, Web of Science , Cochrane Library ,PubMed و Google scholar، با استفاده از واژه های "Intraoral scanner" OR "digital impression" OR "Accuracy" AND "digital dentistry" OR "CAD/CAM"انجام شد. استراتژی جستجو برای این بررسی شامل ۳ مرحله بود؛ ابتدا مرور عنوان ها، سپس مطالعه خلاصه مقالات و در نهایت انتخاب مقالات و تجزیه و تحلیل متن کامل انجام شد.

نتایج:

پس از بررسی ۱۰٦۰ مقاله که عنوان مرتبط با کلمات کلیدی داشتند، چکیده۵۰ مقاله مطالعه شد، مقالاتی که بر روی اسکنرهای خارج دهانی و لابراتواری و پرینترها انجام شده بودند، همچنین مقالات گزارش مورد و مقالاتی که با سوال PICO مرتبط نبودند، از مطالعه کنار گذاشته شدند و از این تعداد متن

کامل ۲۸ مقاله مطابق با معیارهای ورود وارد مطالعه شد.[۸، ۱۱، ۱۴-۵۰] دو مقاله فارسی با موضوع مرتبط نیز وارد مطالعه شدند.[۱۰، ۵۱] اطلاعات خارج شده از مطالعات در جدول شماره ۱ بطور خلاصه بیان شده است.دسته بندی موضوعی براساس سه مطالعه انجام شد.[۵۲-۵۴] (جدول ۱)

نمودار ۱: استراتژی جستجو



جدول ۱: توصیف مقالات وارد شده به مطالعه

طبقه بندی		سال انتشار	محقق	نوع اسکنر	توضیحات
فاکتورهای موثر در دقت اسکنرهای داخل دهانی	فاکتورهای مرتبط با اپراتور مهارت	۲۰۲۰	Resende et al	CEREC Omnicam (Dentsply, Sirona) TRIOS 3; 3Shape	افراد با تجربه کم ،اسکن را بادقت پایین تری انجام دادند.درحالیکه افراد با تجربه بالا و متوسط،اسکن با دقت مشابهی انجام دادند.
		۲۰۱۸	Lim et al	iTero TRIOS 3; 3Shape	افزایش تجربه بر بالا بردن دقت اسکن اثر دارد.

	۲۰۲۳	Koo et al	I700 Medit	هیچ تفاوتی بین یادگیری اسکنرهای wired و wireless وجود نداشت.
استراتژی اسکن	۲۰۲۲	Gavounelis et al	i500 Medit	استراتژی A (اکلوزال-لینگوال-باکال)بصورت معنی دار،دقت بالاتری دارد
	۲۰۲۳	Chang et al	TRIOS 3 Pod (3 shape)	این مطالعه تفاوت معنی داری بین سه روش اسکن زیگزاگی،ابتدا ناحیه دندانی و سپس ریج بی دندانی و ابتدا ریج بی دندانی و سپس دندانی نشان نداد.اما در اسکنرهای3 TRIOS استفاده از روش ابتدا اسکن ناحیه دندانی و سپس بی دندانی اثر الکلنگی فریم پارسیل (seesaw effect) را می کاهد.
	۲۰۲۲	Hongseok et al	Emerald	این مطالعه نشان داد که الگوی اسکن تاثیری بر دقت اسکن ندارد.
	۲۰۲۳	Jamjoom	TRIOS 3 Emerald	بیشترین دقت را در روش Palatal-Occlusal-Buccal و کمترین دقت را در روش زیگزاگ بیان کرد.
فاصله قرار گیری اسکنر	۲۰۲۲	Rotar et al	i700 (Medit, Seoul, Korea)	فاصله ی ۱۰ میلیمتری بیشترین دقت را نشان داد
	۲۰۱۹	Kim et all	TRIOS 3 (3Shape, Copenhagen , Denmark) CS 3500 (Carestream Health, NY, USA) PlanScan (Planmeca, Helsinki, Finland)	بیشترین دقت در فاصله ۲/۵ و ۵ میلیمتری است و هر سه اسکنر از نظر کلینیکی دقت قابل قبولی را نشان دادند.
	۲۰۲۳	Button et al	i700, TRIOS4, CS 3800, and iTero	کمترین دقت در فاصله ۰ میلیمتری است.
زاویه قرارگیری اسکنر	۲۰۲۰	Ammoun et al	3Shape وTRIOS 3M True Definition	تراش کامل دقت بالاتری از تراش پارسیل دارد و امکان زاویه دادن به اسکن در نبود دندان مجاور بصورت معنی داری دقت اسکن را افزایش می دهد.
سرعت اسکن	۲۰۲۲	Hongseok et al	Emerald	این مطالعه نشان داد که سرعت اسکن تاثیر معنی داری بر دقت اسکن ندارد

فاکتورهای مرتبط با دندان	آماده سازی دندان	نوع فینیش لاین	Gunel et al	۲۰۲۳	iTero Element 2 (Align Technology, San Jose, California, USA), b) Medit i500 (Medit corp, Seongbukgu , South Korea), and c) Trios 4 (3hape, Copenhagen , Denmark) intraoral scanner	خط خاتمه تراش چمفر بالاترین دقت و شولدر پایین ترین دقت را دارد
		محل فینیش لاین از لثه	Koulivandt et al	۲۰۱۹	Trios 3 shape	تفاوت معنی داری بین دوگروه ختم تراش بالا و زیرلثه وجود نداشت
			Son et al	۲۰۲۱	i500 (Medit)	دقت بالای لثه و در حدلثه بیشتر از زیر لثه است.
	ویژگی های توپوگرافیک دندان		Rafienezad et al	۲۰۲۲	Omnicam CEREC Trios 3 shape	اسکنر Trios3 3Shape دقت بالاتری در مولر داشتند
			Jeon et al	۲۰۱۵	blue-light scanner (Identica blue; Medit) the white-light scanner (Identica; Medit)	دقت اسکن در دندانهای مولر بیشتر و در دندانهای قدامی با سطوح پرشیب و با زوایای تند کم تر است.
			Gunel et al	۲۰۲۳	iTero Element 2 (Align Technology, San Jose, California, USA), b) Medit i500 (Medit corp, Seongbukgu , South Korea), and c) Trios 4 (3hape, Copenhagen , Denmark) intraoral scanner	سطوح توپوگرافیک اکلوزال گرد بصورت معنی داری دقت بالاتری دارند

فاکتورهای مرتبط با ایمپلنت	فاصله دندان مورد اسکن از دندانهای	۲۰۲۱	Huang et al	CS3600	بیشتر خطاها در فاصله ی زیر mm۱/۵ از دندانهای مجاور است و فاصله های بالای ۱/۵ mm از دندانهای مجاور دقت اسکن را افزایش می دهد
	محل دندان	۲۰۲۰	Son et al	CS3500, CS3600, Trios2, Trios3, and i500	دقت اسکن بصورت معنی داری از قدام به خلف کاهش می یابد
	رنگ و هیو دندان	۲۰۲٤	Zhuo et al	Trios 3 shape	بیشترین دقت را در شید3M2 نشان داد.این شید در نورهای مختلف کمترین تغییر را نشان داد.به علاوه دقت3M2 در نور اتاق و یونیت بالاتر از سایر شرایط نوری بود
	خشک یا مرطوب بودن ناحیه اسکن	۲۰۲۲	Chen et al	Trios 3 and Primescan	دندان مرطوب دقت به مراتب کمتری از دندان خشک و نیمه مرطوب دارد.سطوح اکلوزال دندانهای خلفی، پیت و فیشورها،سطوح اینترپروگزیمال دندانها و مارجین اباتمنت ها محلهایی هستند که به واسطه رطوبت دقت کمتری را نشان دادند.
	تاثیر مواد دندانی بر دقت اسکن	۲۰۲۱	Elter et al	Primescan, Dentsply Sirona	این مطالعه ارتباط معنی داری بین دقت اسکن داخل دهانی و نوع کامپوزیت نشان داد.بالاترین دقت اسکن در گروه universal composite گزارش شد
		۲۰۲۳	Elter et al	Trios4, Trios3, Primescan, Omnicam	این مطالعه نشان داد که مجاورت با فلز کمترین دقت را دارد
	فاصله ایمپلنت از مجاور	۲۰۲۱	Thanasrisuebwong	TRIOS3 و CEREC Omnicam	هرچه فاصله بین دو ایمپلنت افزایش یابد، دقت بصورت معنی داری کاهش می یابد.
	زاویه قرارگیری ایمپلنت	۲۰۲۲	Gómez-Polo et al	Trios3	این مطالعه نشان داد که ایمپلنتهای موازی دقت بالاتری در اسکن نسبت به ایمپلنتهای زاویه دار داشتند.
		۲۰۲۳	Button et al	i700, TRIOS4, CS 3800, and iTero	دقت بالا تر زاویه ٤٥ درجه و ۱۵ درجه را نشان داد
	محل قرارگیری ایمپلنت	۲۰۲۱	Atalay et al	Trios3	اسکن ایمپلنتها در ناحیه انسیزور میانی بالاترین دقت و در ناحیه مولرها پایین ترین دقت را دارد

	اسکن بادی	۲۰۲۲	Gómez-Polo et al	Trios3	قرار گرفتن بول اسکن بادی در لینگوال بصورت معنی داری دقت بالاتری را نشان داد
فاکتورهای مرتبط با اسکنر	سایز سر اسکنر	۲۰۱۸	Hayama et al	IOS; Trophy Solutions, Carestream Health, Rochester, NY, USA	سر بزرگ اسکنر بصورت معنی داری دقت اسکن را بالا می برد.
		۲۰۲۲	Hongseok et al	Emerald	سایز سر اسکن تاثیر معنی داری بر دقت اسکن دارد و سایز بزرگتر دقت بالاتری نشان می دهد.
	نوع اسکنر	2020	Resende et al	CEREC Omnicam (Dentsply, Sirona) TRIOS 3; 3Shape	در اسکن تمام فک TRIOS 3 دقت بالاتری دارد.
		۲۰۲۲	Rafienezad et al	Omnicam CEREC Trios 3 shape	در اسکن مولر و کانین TRIOS 3 دقت بالاتری دارد.
		2012	Wicher et al	Lava COS, iTero (cadent), CEREC	کمترین خطا و بالاترین دقت در اسکنر Lava COS و بیشترین خطا در اسکنر CEREC دیده شد.
		۲۰۲۳	Elter et al	Trios4, Trios3, Primescan, Omnicam	اسکنرهای Trios4, Trios3 بالاترین دقت و کمترین دقت را اسکنر Omnicam دارد
فاکتورهای محیطی	نور محیط	۲۰۲۱	Koseoglu et al	(i500; Version 2.2.4, Medit Corp, Seoul, South Korea)	این مطالعه نشان داد که بهترین دقت در نور محیطی معمول و با تابش نور آبی از اسکنر فراهم میشود.
		۲۰۲۱	Wesemann et al	TRIOS 3 (TRI), Cerec Omnicam (OC), iTero Element (ITE), CS 3600 (CS), Planmeca Emerald (EME), and GC Aadva (AAD)	نور محیطی در دقت اسکنرهای داخل دهانی در اسکن تمام فک موثر است.با این حال در اسکن های ٤ واحدی تاثیر معنی داری ندارد.

		۲۰۲۰	Revilla-León et al	TRIOS 3; 3Shape	این مطالعه کمترین خطا را در نور اتاق نشان داد و بیان کرد که بیشترین اثر نور محیطی در اسکنهای تمام فک است.
فاکتورهای وابسته به فک	دمای محیط	۲۰۲۳	Revilla-León et al	TRIOS 4	این مطالعه نشان داد که دمای محیط بر دقت اسکن تاثیرگذار است . افزایش دما بصورت معنی داری دقت اسکنرها را کاهش می دهد.
	بی دندانی کامل و پارسیل	۲۰۲۱	Schimmel et al	industrial high-precision scanner (ATOS Capsule 200MV120; GOM GmbH, Braunschweig, Germany)	مطالعه آزمایشگاهی و خارج از دهان تفاوتی بین بی دندانی کامل و پارسیل نشان نداد
	عرض قوس	۲۰۲۱	Kaewbuasa et al	TRIOS 3 (TRI), True Definition (TD), and Dental Wings (DW)	در اسکن تمام فک،عرض بین مولری در دقت اسکن تاثیرگذار است و در قوسهای کوچکتر،دقت اسکنرهای داخل دهانی بصورت معنی داری بالاتر است
	نواقص فکی	۲۰۲۲	ElNaghy et al	TRIOS 3	دقت قابل قبول و قابل مقایسه اسکنرهای داخل دهانی با روش معمول قالبگیری را تایید کرد.
		۲۰۱۹	Patel et al	TRIOS 3	دقت قابل قبول و قابل مقایسه اسکنرهای داخل دهانی با روش معمول قالبگیری را تایید کرد.

بحث:

فاکتورهای متعدد در دقت اسکنرهای دهانی تاثیر دارد.(شکل ۱) این فاکتورها به چند گروه تقسیم می‌شوند: فاکتورهای مرتبط با اپراتور،فاکتورهای دندانی، فاکتورهای مرتبط با ایمپلنت، فاکتورهای مرتبط با اسکنرها، فاکتورهای محیطی و فاکتورهای

فکی.[۱۲، ۵۲-۵۵] در ادامه به تفصیل به بررسی هریک از این فاکتورها می پردازیم.

شکل ۱:فاکتورهای موثر بر دقت اسکنر های داخل دهانی

۱ فاکتورهای مرتبط با اپراتور

۱,۱مهارت اپراتور

در سال ۲۰۲۰، Resende و همکارانش[۱۱] ، به بررسی مهارت اپراتور در دقت اسکن پرداختند.به این منظور از سه دندانپزشک با تجربه های کم ، متوسط و زیاد و دو اسکنر CEREC Omnicam و TRIOS 3; 3Shape استفاده کردند. این مطالعه نشان داد افراد با تجربه کم با هر دو اسکنر، اسکن را بادقت پایین تری انجام دادند. درحالیکه افراد با تجربه بالا و متوسط، اسکن با دقت مشابهی انجام دادند. در مطالعه ای دیگر نیز، تاثیر تجربه اپراتور بر افزایش دقت اسکن تایید شده است.[۴۶]به علاوه در مطالعه Koo وهمکاران[۱۴] هیچگونه تفاوت معنی داری بین نمودار یادگیری اپراتور، اسکنرهای داخل دهانی باسیم و بی سیم یافت نشد.

۱,۲ استراتژی اسکن

برای یک اسکن باکیفیت، نحوه ی اسکن و نقطه ی شروع اسکن اهمیت دارد. مطالعات مختلفی در مورد طریقه ی اسکن وجود دارد.ازجمله در سال ۲۰۲۲ Gavounelis وهمکارانش[۳] به بررسی استراتژی اسکن در مندیبل بر دقت اسکن پرداختند. در این مطالعه سه روش اسکن با یکدیگر مقایسه شدند. این سه روش به این ترتیب بودند:

A) از سطح اکلوزال دندانهای خلفی سمت چپ تا سطح اکلوزال دندانهای خلفی سمت راست-از سطح لینگوال خلفی سمت راست تا سطح لینگوال خلفی های سمت چپ-از سطح باکال خلفی های سمت چپ تا خلفی های سمت راست

B) از سطح باکال دندانهای خلفی سمت چپ تا سطح باکال دندانهای خلفی سمت راست-از سطح اکلوزال خلفی سمت راست تا سطح اکلوزال خلفی های سمت چپ-از سطح لینگوال خلفی های سمت چپ تا خلفی های سمت راست

C) حرکت لبیولینگوالی از سمت چپ به راست

این مطالعه نشان داد که استراتژی A، به صورت معنی دار،دقت بالاتری دارد و دو استراتژی B ,C نتایج مشابهی نشان دادند[۱۵]. Jamjoom و همکارانش[۸]، به بررسی استراتژی اسکن فک کاملا بی دندان در اسکنرهای TRIOS 4 وEmerald S پرداختند.این مطالعه به بررسی ٦ استراتژی اسکن به شرح زیر پرداخت:

۱-باکال-اکلوزال-پالاتال(BOP)

۲-پالاتال-اکلوزال-باکال(POB)

۳-اکلوزال-باکال-پالاتال(OBP)

٤-اکلوزال-پالاتال-باکال(OPB)

۵-زیگزاگ -پالاتال(ZZ_P)

٦-زیگزاگ(ZZ)

اما این مطالعه برخلاف نتایج مطالعه Gavounelis و همکاران[۱۵]،بیشترین دقت را در روش POB و کمترین دقت را در روش ZZ بیان کرد.

Chang وهمکارانش[۱۶]، به بررسی استراتژی اسکن در دقت اسکن فک کلاس یک کندی با اسکنر TRIOS 3 Pod (3 shape) پرداختند. این مطالعه سه استراتژی M و T_R و R-T را مقایسه کردند. در استراتژی M از ریج بی دندانی خلف سمت چپ شروع وپس از رسیدن به دندانهای قدامی زیگزاگی کل قدامی ها اسکن و ریج بی دندانی راست اسکن شد. سپس حاشیه کام و در نهایت به روش زیگزاگی عمق کام اسکن شد. در روش T_R ابتدا نواحی دندانی باکولینگوالی اسکن شده و سپس ریج بی دندان به روش زیگزاگی اسکن شد.در روش R-T ابتدا نواحی بی دندانی خلف و سپس نواحی دندانی قدامی اسکن شد.این مطالعه تفاوت معنی داری بین سه روش اسکن M و R–T و T–R نشان نداد. اما در اسکنرهای3 TRIOS استفاده از روش T-R ،اثر الاکلنگی می کاهد.

An وهمکارانش[۱۷]، به بررسی الگوی اسکن (occlusal first and S-shaped) پرداختند. در این مطالعه از اسکنر داخل دهانی Emerald استفاده شد. این مطالعه نشان داد که الگوی اسکن تاثیری بر دقت اسکن ندارد. پیشنهاد می‌شود درخصوص استراتژی اسکن، طبق روش پیشنهادی هر دستگاه عمل شود.

۱,۳ فاصله قرار گیری اسکنر

Rotar و همکارانش[۱۸] ، به بررسی تاثیر قرارگیری فاصله ی سر اسکنر از دندان تایپودنت بر دقت اسکن پرداختند. در این مطالعه آزمایشگاهی، دقت اسکنر i700 در فاصله های ۲۳،۲۰،۱۵،۱۰،۵ میلیمتری بررسی شد و فاصله ی ۱۰ میلیمتری بیشترین دقت را نشان داد. Kim و همکارانش[۲۰]، به بررسی تاثیر فاصله ۰، ۲/۵، ۵، ۷/۵ میلیمتری از سر سه اسکنر TRIOS 3 و CS 3500 و PlanScanپرداختند.این مطالعه نشان داد که بیشترین دقت در فاصله ۲/۵ و ۵ میلیمتری بود و هر سه اسکنر از نظر کلینیکی دقت قابل قبولی را نشان دادند. براساس این دو مطالعه و هم چنین مطالعهButton و همکاران[۲۱]،کمترین دقت در فاصله صفر میلیمتری یا حالت چسباندن سر اسکنر به ناحیه تحت اسکن بود.

۱,٤زاویه قرارگیری اسکنر

Ammoun وهمکارانش[۱۹]،به بررسی دقت اسکنرهای 3Shape TRIOSو 3M True Definition در تراشهای complete coverage و partial coverage در زاویه اسکن مختلف پرداختند. در این مطالعه به منظور بررسی زاویه اسکن، دندانها در چهارگروه قرار گرفتند:

گروه ۱)تراش پارسیل با دندان مجاور

گروه ۲)تراش کامل با دندان مجاور

گروه۳) تراش پارسیل بدون دندان مجاور

گروه٤) تراش کامل بدون دندان مجاور

این مطالعه نشان داد که تراش کامل دقت بالاتری از تراش پارسیل دارد و زاویه دادن به اسکن در نبود دندان مجاور، بصورت معنی داری دقت اسکن را افزایش می دهد.

Button وهمکاران[۲۱]، به بررسی زاویه ایمپلنت (۰ ، ۱۵ ، ۳۰ و ٤۵درجه) و تاثیر آن در دقت اسکن پرداختند. این مطالعه دقت بالا تر زاویه ٤۵ درجه و ۱۵ درجه را نشان داد. این دقت با امکان ثبت ناحیه مورد اسکن با زاویه مناسب قابل توجیه است. به عبارتی درصورتی که موقعیت دندان و ایمپلنت امکان زاویه دار کردن سر اسکنر را بدهند، دقت اسکن بالاتر خواهد رفت.

۱,۵سرعت اسکن

برخلاف باور عموم که سرعت کم اسکن می تواند دقت اسکن را افزایش دهد، مطالعات انجام شده این موضوع را رد کردند[۱۷، ۲۲]. Al-Ibrahim و همکارانش [۲۲]، به بررسی سرعت اسکن اپراتور در دقت اسکن تمام فک پرداختند. در این مطالعه از اسکنر CEREC Omnicam (Dentsply-Sirona, PA, United States استفاده کردند و اپراتور با سه سرعت آرام ، استاندارد و سریع، دنتیک را اسکن کرد.این مطالعه نشان داد که در اسکن تمام فک سرعت اسکن تفاوت معنی داری ندارد.

An وهمکارانش [۱۷]، به بررسی سرعت اسکن (آرام ، معمولی ،سریع) در دقت اسکنها پرداختند. در این مطالعه از اسکنر داخل دهانی Emerald استفاده شد.این مطالعه نشان داد که سرعت اسکن تاثیر معنی داری بر دقت اسکن ندارد.

۲ فاکتورهای مرتبط با دندان

۲,۱آماده سازی دندان

۲,۱,۱ نوع فینیش لاین

در مطالعه ای که توسط Gunel و همکارانش[۲۳]، انجام شد،تاثیر سه فینیش لاین چمفر، شولدر و رادیال شولدر بر دقت قالبگیری دیجیتال بررسی شد.این مطالعه نشان داد که خط خاتمه تراش چمفر، بالاترین دقت و شولدر، پایین ترین دقت را دارد.

۲,۱,۲ محل فینیش لاین از لثه

مطالعه آزمایشگاهیSon و همکارانش[۲۴]، دقت بالاتر اسکن خط خاتمه تراش بالای لثه و در حد لثه را با استفاده از اسکنر (Medit) i500 نشان داد. Koulivand و همکاران[۵۱]، به بررسی تطابق کوپینگهای ساخته شده به دنبال استفاده از اسکنر داخل دهانی در دو ختم تراش زیر و حد لثه پرداختند.این مطالعه کارآزمایی بالینی برروی ۳۰ دندان پره مولر که نیاز به روکش متال-سرامیک داشتند، انجام شد.پس از تراش و مشخص کردن فینیش لاین، اسکن با Trios 3shape انجام شد .سپس فریم فلزی ساخته شده و تطابق آن با روش سیلیکون با ویسکوزیتی پایین (GC fit checker, GC Corp, Tokyo, Japan) بررسی شد. این مطالعه نشان داد که تفاوت معنی داری بین دوگروه ختم تراش بالا و زیرلثه وجود نداشت.[۵۱] علت این تفاوت نتایج را می توان به نوع اسکنر مورد استفاده و بالینی بودن یکی و آزمایشگاهی بودن دیگری نسبت داد.

۲,۲ویژگی های توپوگرافیک دندان

رفیعی نژاد و همکاران[۱۰]، در یک مطالعه آزمایشگاهی به بررسی ویژگی های توپوگرافیک دندان در دقت اسکن پرداختند.در این مطالعه، در یک دندان آکریلی کانین و مولر تراش تمام سرامیک داده شد و پس از قالبگیری و تهیه دای سرامیکی،نمونه ها در یک کست مصنوعی فک انسان مانت شد.سپس نمونه ها به وسیله دو اسکنر Omnicam CERECو3Shape Trios3 اسکن شد. این مطالعه نشان داد که اسکنر Trios3 3Shape دقت بالاتری در مولر نسبت به کانین داشتند.

Jeon و همکاران[۲۵]،بیان کردند که فرم توپوگرافیک دندانی که اسکن میشود، بر دقت اسکن تاثیرگذار است. این مطالعه نشان داد که دندانهای تراش خورده سطوح متفاوت با زوایای متفاوتی دارند که در دقت اسکن تاثیرگذار است.بنابراین دقت اسکن در دندانهای مولر بیشتر و در دندانهای قدامی با سطوح پرشیب و با زوایای تند کم تر است. این نتایج با مطالعه ای که

توسط Gunel و همکارانش[۲۳]، انجام شد، قابل توجیه است.دراین مطالعه تاثیر دو سطح اکلوزال گرد و زاویه دار بر دقت قالبگیری دیجیتال بررسی شد. این مطالعه نشان داد که سطوح توپوگرافیک اکلوزال گرد بصورت معنی داری دقت بالاتری دارند. بنابراین هرچه دندان شیب دار تر و دارای زوایای تیزتر باشد، دقت اسکن کمتری خواهد داشت. باتوجه به خصوصیات مورفولوژیک مولر تراش خورده در مقایسه با دندانهای قدامی تراش خورده، دقت بالاتری در اسکن مولرها وجود دارد.

۲,۳فاصله دندان مورد اسکن از دندانهای مجاور

Huang و همکارانش[۲۶] ، به بررسی فاصله از دندانهای مجاور در دقت اسکن داخل دهانی پرداختند. این مطالعه آزمایشگاهی در دنتیک هایی با فاصله های ۱ ،۱/۵ ، ۲ ، ۲/۵ ، ۳ و ۳/۵mm و با اسکنرCS3600 انجام شد. این مطالعه نشان داد که بیشتر خطاها در فاصله ی زیر ۱/۵mm از دندانهای مجاور است و فاصله های بالای ۱/۵ mm از دندانهای مجاور، دقت اسکن را افزایش می دهد.

۲,٤ محل دندان

Son و همکارانش[۲۷]، به بررسی نوع دندان در دقت اسکن پرداختند. در این بررسی از اسکنرهای ,CS3500 CS3600, Trios2, Trios3, and i500 استفاده شد و این مطالعه نشان داد که دقت اسکن بصورت معنی داری از قدام به خلف کاهش می یابد. این مسئله به دلیل سخت شدن دسترسی و کاهش قدرت مانور اسکنر می باشد.

رنگ و هیو دندان

یکی از زمینه هایی که کمترین مطالعه در آن صورت گرفته، تاثیر رنگ و هیو دندان پایه در دقت اسکنر است. Zhou و همکارانش[۲۸]،در یک مطالعه آزمایشگاهی و با کمک مدل سرامیکی به بررسی رنگ و هیو دندان در نورهای متفاوت (تاریکی، نور طبیعی، نور اتاق،نور یونیت) در دقت اسکنر داخل دهانی3 TRIOS پرداختند. در این مطالعه روکشهای زیرکونیا در ۵ شید رنگی5M2, 4M2, 3M2, 2M2, 1M2 تهیه شد. در این مطالعه، ۸ پارامتر رنگیRb, T, S+A, L, a, b, C, h بررسی شد. این مطالعه بیشترین دقت را در شید3M2 نشان داد. این شید در نورهای مختلف کمترین تغییر را نشان داد.به علاوه دقت3M2 در نور اتاق و یونیت بالاتر از سایر شرایط نوری بود.

۲,۵خشک یا مرطوب بودن ناحیه اسکن

Chen و همکارانش [۲۹]، به بررسی وجود آب بر سطح دندان در دقت اسکنرهای داخل دهانی و تاثیرگذاری روشهای مختلف خشک کردن پرداختند. این مطالعه به مقایسه اسکن در حال خشک ، مرطوب و نیمه خشک و در حضور آب و بزاق مصنوعی پرداخت. اسکنرهای مورد استفاده Primescan و Trios 3 بود.این مطالعه نشان داد دندان مرطوب، دقت به مراتب کمتری از دندان خشک و نیمه مرطوب دارد.سطوح اکلوزال دندانهای خلفی، پیت و فیشورها، سطوح اینترپروگزیمال دندانها و مارجین اباتمنت ها، محلهایی هستند که به واسطه رطوبت، دقت کمتری را نشان دادند.تاثیر مواد دندانی بر دقت اسکنElter و همکارانش[۳۰]، به بررسی کورهای کامپوزیتی universal; flowable composite; bulk fillدر دقت

اسکنرداخل دهانی Primescan, Dentsply Sirona پرداختند. این مطالعه ارتباط معنی داری بین دقت اسکن داخل دهانی و نوع کامپوزیت نشان داد. بالاترین دقت اسکن در گروه کامپوزیت universalگزارش شد.

Elter و همکارانش[۴۷]، به بررسی دقت چهار اسکنر داخل دهانی Trios4, Trios3, Primescan, Omnicam در اسکن دندان مولر سالم در مجاورت ٦ ماده ی ترمیمی متفاوت zirconia, lithium disilicate glass-ceramic, composite, hybrid ceramic, feldspathic ceramic, metal پرداختند. این مطالعه نشان داد که مجاورت با فلز کمترین دقت را دارد.

۳فاکتورهای مرتبط با ایمپلنت

۳,۱فاصله ایمپلنت از ساختار مجاور

Thanasrisuebwong و همکارانش[۳۱]، به بررسی فاصله بین ایمپلنت ها در دقت اسکنرهای داخل دهانی پرداختند. در این مطالعه سه مدل که روی هر یک دو ایمپلنت تعبیه شده و فاصله ی بین مرکز اسکن بادی ها به ترتیب ۷ ، ١٤ و ۲۱ میلیمتر بود، به کمک اسکنر های TRIOS3 وCEREC Omnicam اسکن شدند. نتایج نشان داد که هرچه فاصله بین دو ایمپلنت افزایش یابد، دقت بصورت معنی داری کاهش می یابد.

۳,۲ زاویه قرارگیری ایمپلنت

در مطالعه یGómez-Polo و همکارانش[۳۲]، به بررسی زاویه قراردادن ایمپلنت و محل قرار دادن اسکن بادی در دقت اسکنر داخل دهانی3 TRIOS پرداختند. در این مطالعه آزمایشگاهی ایمپلنتها در حالت موازی و با زاویه بالای ۳۰ درجه نسبت به هم قرار داده شدند. این مطالعه نشان داد که ایمپلنتهای موازی دقت بالاتری در اسکن نسبت به ایمپلنتهای زاویه دار داشتند. محل قرارگیری ایمپلنتAtalay و همکارانش [۳۳]، به بررسی محل قرارگیری ایمپلنت در دقت اسکنر3 Trios پرداختند. این مطالعه نشان داد که محل ایمپلنت در دقت اسکن تاثیر گذار است. اسکن ایمپلنتها در ناحیه انسیزور میانی بالاترین دقت و در ناحیه مولرها پایین ترین دقت را دارد.

۳,۳ اسکن بادی

در مطالعه ی Gómez-Polo و همکارانش[۳۲]، به بررسی زاویه قراردادن ایمپلنت و محل قرار دادن اسکن بادی در دقت اسکنر داخل دهانی TRIOS 3 پرداختند. در این مطالعه آزمایشگاهی، محل قرارگیری بول اسکن بادی در ۵ گروه مزیال ، دیستال ، فاسیال ، لینگوال و رندوم تقسیم شدند. قرار گرفتن بول اسکن بادی در لینگوال بصورت معنی داری دقت بالاتری را نشان داد.

٤ فاکتورهای مرتبط با اسکنر

٤,۱سایز سر اسکنر

Hayama و همکارانش [۳٤] ، به بررسی سایز سر اسکنر (بزرگ=۱۲×١٦ میلی متر و کوچک=۱۲×۹ میلی متر) در دقت اسکن فک نیمه بی دندان مندیبل پرداختند. در این بررسی آزمایشگاهی از اسکنر داخل دهانی ;IOS Trophy Solutions, Carestream Health, Rochester, NY, USA استفاده شد. این مطالعه نشان داد که سر بزرگ اسکنر بصورت معنی داری دقت اسکن را بالا می برد.

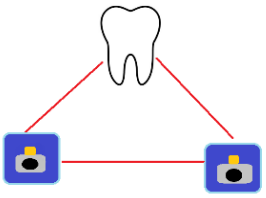
An وهمکارانش[۱۷]، به بررسی سایز سر اسکنر (کوچک ومعمولی) در دقت اسکنها پرداختند. در این مطالعه از اسکنر داخل دهانی Emerald استفاده شد. سایز سر اسکن تاثیر معنی داری بر دقت اسکن دارد و

سایز بزرگتر دقت بالاتری نشان می دهد.

۴,۲نوع اسکنر

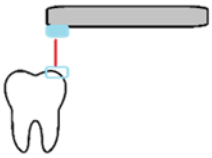
به طور کلی اسکنر داخل دهانی از سه جز اصلی دوربین داخل دهانی، کامپیوتر و یک نرم افزار تشکیل شده است. فرآیند تهیه تصویر سه بعدی با تابش نور به جسم و دریافت نور برگشتی و سپس تعیین فاصله و تشکیل تصویر انجام میشود. مکانیسم تعیین فاصله اسکنر های داخل دهانی به روشهای متفاوت (کانونی) و Stereophotogrammetry ، Active Wave front Samplingو سه ضلعی طبقه بندی می شود.

روش Triangulation(سه ضلعی) براساس این قانون هندسی که با داشتن دو موقعیت و زاویه یک مثلث می توان نقطه سوم را پیدا کرد، عمل می کند. (شکل ۲)در این روش دندان یک راس در نظر گرفته می شود و دو راس دیگر به کمک دو دتکتور و یا یک دتکتوری که دو ناحیه مختلف را پوشش می دهند،ثبت میشود[۴۸].اسکنر Cerec Omnicam مثالی از اسکنرهایی است که مکانیسم سه ضلعی دارند. [۴۹]



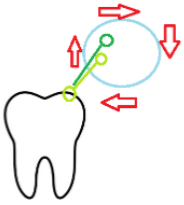
شکل۲:روش تعیین فاصله Triangulation اسکنرها

در روش Confocal (کانونی)، تصاویر متوالی از نواحی مختلف و با زوایای مختلف گرفته می شود.(شکل۳) این روش به مهارت عمل کننده بسیار وابسته است و سر اسکنر بزرگتری نیاز دارد که کاربرد کلینیکی را دشوارتر میکند(۴۸). اسکنر 3Shape ,Trios itero Cadent مثالی از این نوع اسکنرها هستند.



شکل۳: روش تعیین فاصله confocal اسکنرها

در روش Active Wavefront Sampling(AWS) دتکتور دوار است و از یک نقطه در زوایای مختلف تصویر تهیه میکند.(شکل ٤)از اسکنرهای داخل دهانی با این روش می توان Lava COS را نام برد.[۴۵، ۴۸]



شکل ٤: روش تعیین فاصله AWS اسکنرها

در روش Stereophotogrammetry دوربین داخل دهانی همزمان از زوایای متعدد از جسم تصویربرداری می کند و تصاویر دوبعدی با نرم افزار به تصویر سه بعدی تبدیل میشوند. این روش از سایر روشها ارزانتر و ساده تر است.[۴۸]

Wicher و همکارانش [۴۵]، به بررسی دقت سه نوع اسکنر Lava COS (AWS) و CEREC Sirona (triangulation) و itero Cadent (confocal) در قالبگیری دیجیتال از ایمپلنت پرداختند. این مطالعه بالاترین دقت را در اسکنر های Lava COS نشان داد و

بیشترین خطا در اسکنر CEREC با روش triangulation رخ داد.

Resende و همکارانش[۱۱]، به بررسی نوع اسکنر در دقت اسکن پرداختند. به این منظور از دو اسکنر CEREC Omnicamو TRIOS 3; 3Shape استفاده کردند. این مطالعه نشان داد که در اسکن تمام فک TRIOS 3 (مکانیسم اثر کانونی) دقت بالاتری نسبت به 3Shape دارد. این مطالعه نظرات مطالعات قبلی که اسکنرهای Triangulate دقت پایین تری دارند را، تایید می کند.

رفیعی نژاد و همکاران[۱۰]، در یک مطالعه آزمایشگاهی به بررسی ویژگی های توپوگرافیک دندان در دقت اسکن با دو اسکنر Trios3 3Shapeو Omnicam CEREC پرداختند. این مطالعه نشان داد که اسکنر Trios3 3Shape دقت بالاتری داشتند.

Elter و همکارانش [۴۷] ، به بررسی دقت چهار اسکنر داخل دهانی Trios4, Trios3, Primescan, Omnicam در اسکن دندان مولر سالم در مجاورت ۶ ماده ی ترمیمی متفاوت zirconia, lithium disilicate glass-ceramic, composite, hybrid ceramic, feldspathic ceramic, metal پرداختند. این مطالعه نشان داد که اسکنرهای Trios4, Trios3 بالاترین دقت و کمترین دقت را اسکنر Omnicam دارد.

با توجه به مجموعه مطالعات انجام شده می توان اسکنرها را براساس دقت از بیشترین به کمترین دقت به این ترتیب نام برد: اسکنرهایAWS ، اسکنرهای Confocal ، اسکنرهای Triangulation که ضعیف ترین و پرخطاترین اسکنرها هستند.

۵ فاکتورهای محیطی

Koseoglu و همکارانش [۵۶]، به بررسی تاثیر نور محیطی در دقت اسکنرهای داخل دهانی پرداختند. این مطالعه به بررسی نور محیطی در شرایط تاریکی و نور معمول اتاق و همچنین تاثیر نورآبی و سفید اسکنرها در دقت اسکنها پرداخت. این مطالعه نشان داد که بهترین دقت در نور محیطی معمول و با تابش نور آبی از اسکنر فراهم میشود.

Wesemann و همکارانش [۳۶]، به بررسی تاثیر نور محیطی در دقت اسکنرهای داخل دهانی TRIOS 3 (TRI), Cerec Omnicam (OC), iTero Element (ITE), CS 3600 (CS), Planmeca Emerald (EME) , GC Aadva (AAD) پرداختند. این مطالعه به بررسی دقت این اسکنرها در شرایط نوری متفاوت 100, 500, 1000, 5000 lux پرداخت و نشان داد که نور محیطی در دقت اسکنرهای داخل دهانی در اسکن تمام فک موثر است. با این حال در اسکن های ۴ واحدی تاثیر معنی داری ندارد.

Revilla-León و همکارانش [۳۷s] ، به بررسی شرایط نوری محیط شامل نور اتاق، نور طبیعی، نور یونیت و شرایط بدون نور در دقت اسکنر TRIOS 3; 3Shape پرداختند. این مطالعه کمترین خطا را در نور اتاق نشان داد و بیان کرد که بیشترین اثر نور محیطی در اسکنهای تمام فک است.

دمای محیط

Revilla-León و همکاران [۵۰] ،به بررسی تاثیر دمای محیطی در دقت اسکنرهای داخل دهانیTRIOS 4 پرداختند. آنها به بررسی دمای اتاق ۲۹ ،۲۴ ،۱۹ و۱۵ درجه سانتی گراد پرداختند. این مطالعه نشان داد که دمای محیط بر دقت اسکن تاثیرگذار است. افزایش دما بصورت معنی داری دقت اسکنرها را کاهش می دهد.

فاکتورهای وابسته به فک

بی دندانی کامل و پارسیل

Schimmel و همکارانش [۴۰]، در یک مطالعه آزمایشگاهی به بررسی تاثیر بی دندانی کامل و پارسیل در دقت اسکن پرداختند. مطالعه آزمایشگاهی و خارج از دهان تفاوتی بین بی دندانی کامل و پارسیل نشان نداد.

در مطالعه مروری که توسط Srivastava و همکارانش[۳۹]، به منظور بررسی دقت اسکنرهای داخل دهانی در اسکن فک کاملا بی دندان انجام شد، نشان داده شد که نواحی مانند کام سخت بادقت بالا و نواحی متحرک مانند کام نرم و بوردرها با دقت پایین اسکن میشوند و در استفاده از اسکنرها در فک کاملا بی دندان توجه به این نواحی ضروری است.

عرض قوس

Kaewbuasa و همکارانش [۴۱]، به بررسی تاثیر عرض بین مولری قوس فکی (۳۰، ۴۰، ۵۰ میلیمتری) در دقت اسکنرهای TRIOS 3 (TRI), True Definition (TD), Dental Wings (DW) پرداختند. این مطالعه نشان داد که در اسکن تمام فک،عرض بین مولری در دقت اسکن تاثیرگذار است و در قوسهای کوچکتر، دقت اسکنرهای داخل دهانی بصورت معنی داری بالاتر است.

نواقص فکی

Elnaghy [۴۲]،به مقایسه استفاده از اسکنرهای داخل دهانی با روشهای معمول قالبگیری در دو نوزاد مبتلا به شکاف کام و لب یک طرفه پرداخت. در این مطالعه از اسکنرTrios 3-Shape استفاده شد و نتایج دقت قابل قبول و قابل مقایسه اسکنرهای داخل دهانی با روش معمول قالبگیری را تایید کرد. Patel و همکارانش [۴۳]،به بررسی دقت اسکنرهای داخل دهانی در شکاف کام و لب دوطرفه پرداختند. این مطالعه دقت استفاده از اسکنرهای داخل دهانی در این ضایعات را تایید کرد. با توجه به اینکه Taylor[۵۷]، ثبت ۱ سانتی متر از بوردر داخلی ضایعات کامی را در افزایش گیر پروتزها لازم دانسته و با توجه به عمق ثبت ۹ mm توسط اسکنر trios3 که مطالعهLin و همکاران[۴۴]،آن را بیان کردند، جایگزینی اسکنرهای داخل دهانی به جای قالبگیری در نقایص کامی و شکافهای کام و لب قابل توجیه است. باتوجه به بررسی های انجام شده در این مطالعه مروری،عوامل متعددی در یک اسکن دقیق و با کیفیت دخیل هستند.تمامی عوامل موثر در دقت اسکنرهای داخل دهانی در جدول۲ بصورت خلاصه بیان شده اند.

جدول۲: فاکتورهای موثر در دقت اسکنرهای داخل دهانی

دسته بندی	عوامل	تاثیرات
فاکتورهای مربط با اپراتور	مهارت اپراتور	• اپراتور با تجربه تر،اسکن کم خطاتری انجام می دهد.
	استراتژی اسکن	• در مورد استراتژی اسکن،به پیشنهاد شرکت سازنده توجه شود.
	سرعت اسکن	• سرعت اسکن، بی تاثیر است.
	زاویه اسکن	• اگر بتوان اسکن با زاویه انجام داد،دقت بالاتر می رود.
فاکتور مربط با دندان	آماده سازی دندان: نوع فینیش لاین	• فینیش لاین چمفر بالاترین دقت اسکن را دارد
	آماده سازی دندان: محل فینیش لاین از لثه	• در بالین برخلاف مطالعات آزمایشگاهی محل فینیش لاین تاثیری در دقت اسکن ندارد.
	ویژگی های توپوگرافیک دندان	• هرچه دندان گردتر باشد و زوایای تیز کمتری داشته باشد،دقت اسکن بیشتر می شود.
	فاصله دندان مورد اسکن از دندانهای مجاور	• فاصله زیر۱/۵ میلیمتر از ساختار مجاور موجب خطا میشود.
	محل دندان	• دندانهای قدامی به دلیل دسترسی راحت،دقت اسکن بالاتری دارند.
	رنگ و هیو دندان	• زیرکونیا3M2 بالاترین دقت اسکن را دارند.
	خشک یا مرطوب بودن ناحیه اسکن	• بدترین دقت اسکن در ناحیه مرطوب است.
	تاثیر مواد دندانی بر دقت اسکن	• بدترین دقت اسکنر،اسکن در مجاور آمالگام است. • بالاترین دقت اسکن در میان کامپوزیت ها مربوط به کامپوزیت universal است.
فاکتورهای مربط با ایمپلنت	فاصله ایمپلنت از مجاور	• در صورتی که فاصله دو ایمپلنت بیش از ۷ میلیمتر شود، دقت اسکنر کاهش می یابد.
	زاویه ایمپلنت	• ایمپلنت هایی که موازی قرار دارند،دقت بالاتری دارند.
	محل ایمپلنت	• اسکنرها،ایمپلنت در ناحیه انسیزور میانی را با بالاترین دقت اسکن می کنند.
	اسکن بادی	• بول اسکن بادی در لینگوال بالاترین دقت را دارد.
فاکتورهای مربط با اسکنر	سایز سر اسکنر	• هرچه سایز سر اسکنر بزرگتر باشد،دقت اسکنر بالاتر است.
	نوع اسکنر	• در میان اسکنرهای بررسی شده در مقالات،Trios3 3Shape بهترین دقت را داشت.
فاکتورهای محیطی	دمای محیط	• هرچه دمای محیط کمتر باشد،دقت اسکنر بیشتر میشود.
	نور محیط	• بهترین نور،نور محیطی است. • بیشترین اهمیت نور،دراسکن نواحی طویل است.
فاکتورهای فکی	بی دندانی کامل و پارسیل	• تفاوتی در بی دندانی کامل و پارسیل در دقت اسکن وجود ندارد.
	عرض قوس	• عرض بین مولری کمتر، موجب کوچکتر شدن قوس و افزایش دقت اسکنرها میشود.
	نواقص فکی	• استفاده از اسکنرها در قالبگیری شکاف کام و لب یک طرفه و دوطرفه قابل قبول است و توصیه میشود.

نتیجه گیری:

بر اساس یافته های حاصل از این مرور:
فاکتورهای متعددی در دقت اسکنرهای داخل دهانی تاثیر دارد که آگاهی از آنان کیفیت اسکن را افزایش می دهد. این عوامل عبارتند از: اپراتور با تجربه تر، توجه به پیشنهاد شرکت سازنده در مورد استراتژی اسکن، اسکن با زاویه، فینیش لاین چمفر، دندان گردترو زوایای تیز کمتر، فاصله دو ایمپلنت، نوع ترمیم دندان مجاور،توازی ایمپلنت ها،ناحیه قرارگیری ایمپلنت ها، محل قرارگیری بول اسکن بادی، سایز سر اسکنر، مکانیسم اسکنرها، دمای محیط، نور محیط، طول ناحیه اسکن، عرض بین مولری و وجود شکاف های کام
یکطرفه و دو طرفه. فاکتورهایی که تاثیر بسزایی در دقت اسکنرها ندارند، عبارتند از: سرعت اسکن، محل فینیش لاین، اسکن بی دندانی کامل و پارسیل.
پیشرفت های تکنولوژی موجب جایگزینی روشهای قدیمی با روشهای نوین شده است و آگاهی از این روشهای نوین ضروری است. پیشنهاد می‌شود پژوهشگرانی که به مطالعه در زمینه اسکنرهای دهانی علاقمند هستند،در شاخه هایی که کمتر مطالعه انجام شده مانند تاثیر رنگ دندانهای پایه و مواد ترمیمی در دقت اسکنرها و همچنین بررسی استفاده از اسکنرها در ضایعات ماگزیلوفاسیال بررسی هایی انجام دهند.

تشکر و قدردانی:

از تمام افرادی که در انجام این مطالعه ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی می کنیم.

تضاد منافع

هیچ تضاد منافعی وجود ندارد.

منابع:

1. Abduo J, Elseyoufi M. Accuracy of Intraoral Scanners: A Systematic Review of Influencing Factors. Eur J Prosthodont Restor Dent 2018;26(3):101-21.
2. Punj A, Bompolaki D, Garaicoa J. Dental Impression Materials and Techniques. Dent Clin North Am 2017; 61(4):779-96**.**
3. Zimmermann M, Mehl A, Mörmann WH, Reich S. Intraoral scanning systems - a current overview. Int J Comput Dent 2015;18(2):101-29.
4. Kravitz ND, Groth C, Jones PE, Graham JW, Redmond WR. Intraoral digital scanners. J Clin Orthod 2014;48(6):337-447**.**
5. Ting-shu S, Jian S. Intraoral Digital Impression Technique: A Review. J Prosthodont 2014;24.
6. 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(1):44-56.
7. Flügge T, Meer W, Gimenez Gonzalez B, Vach K, Wismeijer D, Wang P. The accuracy of different dental impression techniques for implant-supported dental prostheses: A systematic review and meta-analysis. Clin Oral Implant Res 2018;29:374-92.
8. Jamjoom FZ, Aldghim A, Aldibasi O, Yilmaz B. Impact of intraoral scanner, scanning strategy, and scanned arch on the scan accuracy of edentulous arches: An in vitro study. J Prosthet Dent 2024;131:1218-25.
9. Kim J, Park JM, Kim M, Heo SJ, Shin IH, Kim M. Comparison of experience curves between two 3-dimensional intraoral scanners. J Prosthet Dent 2016;116(2):221-30.

10. Rafienezad R, Iesaie M, Kargar K, Shayegh SS. In Vitro Evaluation of the Accuracy of Intraoral Scanners for Anterior and Posterior Dental Restorations. J Mashhad Dent Sch 2022;46(1):35-45.(Persian)

11. Resende CCD, Barbosa TAQ, Moura GF, do Nascimento Tavares L, Rizzante FAP, George FM, et al. Influence of operator experience, scanner type, and scan size on 3D scans. J Prosthet Dent 2021;125(2):294-9.

12. Revilla-León M, Barmak AB, Tohme H, Yilmaz B, Kois JC, Gómez-Polo M. Factors that influence the accuracy of maxillomandibular relationship at maximum intercuspation acquired by using intraoral scanners: A systematic review. J Dent 2023:104718.

13. Zhang C, Zhan X, Wang F, Wu Y, Yi Y, Meng J, et al. Influence of intraoral scanning duration on data accuracy. J Prosthet Dent 2023:S0022-3913(23)00704-7.

14. Koo B, Son K, Lee J-M, Kim S-Y, Jin M-U, Lee K-B. Prediction of learning curves of wired and wireless intraoral scanners. Scientific Reports 2023;13(1):21661.

15. Gavounelis NA, Gogola C-MC, Halazonetis DJ. The effect of scanning strategy on intraoral scanner's accuracy. Dent J 2022;10(7):123.

16. Chang I-C, Hung C-C, Du J-K, Liu C-T, Lai P-L, Lan T-H. Accuracy of intraoral scanning methods for maxillary Kennedy class I arch. J Dent Sci 2023;18(2):747-53.

17. An H, Langas EE, Gill AS. Effect of scanning speed, scanning pattern, and tip size on the accuracy of intraoral digital scans. J Prosthet Dent 2024;131(6):1160-7.

18. Rotar RN, Faur AB, Pop D, Jivanescu A. Scanning distance influence on the intraoral scanning accuracy—An in vitro study. Materials 2022;15(9):3061.

19. Ammoun R, Suprono MS, Goodacre CJ, Oyoyo U, Carrico CK, Kattadiyil MT. Influence of tooth preparation design and scan angulations on the accuracy of two intraoral digital scanners: An in vitro study based on 3-dimensional comparisons. J Prosthodont 2020;29(3):201-6.

20. Kim MK, Kim JM, Lee YM, Lim YJ, Lee SP. The effect of scanning distance on the accuracy of intra-oral scanners used in dentistry. Clin Anatomy 2019;32(3):430-8.

21. Button H, Kois JC, Barmak AB, Zeitler JM, Rutkunas V, Revilla-León M. Scanning accuracy and scanning area discrepancies of intraoral digital scans acquired at varying scanning distances and angulations among 4 different intraoral scanners. J Prosthet Dent 2023:S0022-3913(23)00067-7.

22. Al-Ibrahim I, Keeling A, Osnes C. The effect of operator scanning speed on the trueness and precision of full-arch digital impressions captured in vitro using an intraoral scanner. J Osseointegrate 2021:S265-S70.

23. Gunel A, Guncu MB, Uzel SM, Aktas G, Arikan H, Reiss N, et al. Analysis of the impact of various finish line designs and occlusal morphologies on the accuracy of digital impressions. J Dent Sci 2023;18(3):1264-71.

24. Son K, Lee K-B. Effect of finish line locations of tooth preparation on the accuracy of intraoral scanners. Int J Comput Dent 2021;24(1).

25. Jeon J-H, Choi B-Y, Kim C-M, Kim J-H, Kim H-Y, Kim W-C. Three-dimensional evaluation of the repeatability of scanned conventional impressions of prepared teeth generated with white-and blue-light scanners. J Prosthetic Dent 2015;114(4):549-53.

26. Huang M-Y, Son K, Lee K-B. Effect of distance between the abutment and the adjacent teeth on intraoral scanning: An in vitro study. J Prosthet Dent 2021;125(6):911-7.

27. Son K, Lee K-b. Effect of tooth types on the accuracy of dental 3d scanners: An in vitro study. Materials 2020;13(7):1744.

28. Zhou Y, Fu L, Zhang Z, Tang X. Effect of tooth color on the accuracy of intraoral complete arch scanning under different light conditions using a zirconia restoration model. J Prosthet Dent 2024;131(1):145. e1-. e8.

29. Chen Y, Zhai Z, Li H, Yamada S, Matsuoka T, Ono S, et al. Influence of liquid on the tooth surface on the accuracy of intraoral scanners: an in vitro study. J Prosthodont 2022;31(1):59-64.

30. Elter B, Diker B, Tak Ö. Effect of different composite resin materials used as core buildups on the trueness of intraoral scanning. Int J Prosthodont 2021;34(5):600-7.

31. Thanasrisuebwong P, Kulchotirat T, Anunmana C. Effects of inter-implant distance on the accuracy of intraoral scanner: An in vitro study. J Advance Prosthodont 2021;13(2):107.

32. Gómez-Polo M, Álvarez F, Ortega R, Gómez-Polo C, Barmak AB, Kois JC, et al. Influence of the implant scan body bevel location, implant angulation and position on intraoral scanning accuracy: An in vitro study. J Dent 2022;121:104122.

33. Atalay S, Çakmak G, Donmez MB, Yilmaz H, Kökat AM, Yilmaz B. Effect of implant location and operator on the accuracy of implant scans using a combined healing abutment-scan body system. J Dent 2021;115:103855.

34. Hayama H, Fueki K, Wadachi J, Wakabayashi N. Trueness and precision of digital impressions obtained using an intraoral scanner with different head size in the partially edentulous mandible. J Prosthodont Res 2018;62(3):347-52**.**

35. Ma Y, Guo Y-q, Saleh MQ, Yu H. Influence of ambient light conditions on intraoral scanning: A systematic review. J Prosthodont Res 2023:JPR_D_23_00098.

36. Wesemann C, Kienbaum H, Thun M, Spies BC, Beuer F, Bumann A. Does ambient light affect the accuracy and scanning time of intraoral scans? J Prosthet Dent 2021;125(6):924-31.

37. Revilla-León M, Subramanian SG, Özcan M, Krishnamurthy VR. Clinical study of the influence of ambient light scanning conditions on the accuracy (trueness and precision) of an intraoral scanner. J Prosthodont 2020;29(2):107-13.

38. Revilla-León M, Gohil A, Barmak AB, Gómez-Polo M, Pérez-Barquero JA, Att W, et al. Influence of ambient temperature changes on intraoral scanning accuracy. J Prosthetic Dent 2023;130(5):755-60.

39. Srivastava G, Padhiary SK, Mohanty N, Molinero-Mourelle P, Chebib N. Accuracy of Intraoral Scanner for Recording Completely Edentulous Arches—A Systematic Review. Dent J 2023;11(10):241.

40. Schimmel M, Akino N, Srinivasan M, Wittneben J-G, Yilmaz B, Abou-Ayash S. Accuracy of intraoral scanning in completely and partially edentulous maxillary and mandibular jaws: an in vitro analysis. Clin Oral Investig 2021;25:1839-47.

41. Kaewbuasa N, Ongthiemsak C. Effect of different arch widths on the accuracy of three intraoral scanners. J Advance Prosthodont 2021;13(4):205.

42. ElNaghy R, Amin SA, Hasanin M. Evaluating the accuracy of intraoral direct digital impressions in 2 infants with unilateral cleft lip and palate compared with digitized conventional impression. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2022;162(3):403-9.

43. Patel J, Winters J, Walters M. Intraoral digital impression technique for a neonate with bilateral cleft lip and palate. Cleft Palate Craniofac J 2019;56(8):1120-3.

44. Lin L, Zhuo Y, Cai P, Chen X, Zheng Z, Lin J. Use of an intraoral scanner and CAD-CAM for simultaneous restoration with a personalized titanium post-core and a zirconia crown. J Oral Sci 2024;66(1):82-4.

45. Van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, Ren Y. Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. PLoS One 2012;7(8):e43312.

46. Lim J-H, Park J-M, Kim M, Heo S-J, Myung J-Y. Comparison of digital intraoral scanner reproducibility and image trueness considering repetitive experience. J Prosthet Dent 2018;119(2):225-32.

47. Elter B, Tak Ö. Effect of substrate adjacent to the scan region on the trueness of four intraoral scanners: An in vitro study. J Dent 2023;138:104729.

48. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P, et al. Intraoral scanner technologies: a review to make a successful impression. J Health Engineer 2017;2017.

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(4):402-7.

50. Revilla-León M, Gohil A, Barmak AB, Gómez-Polo M, Pérez-Barquero JA, Att W, et al. Influence of ambient temperature changes on intraoral scanning accuracy. J Prosthet Dent 2023;130(5):755-60.

51. Koulivand S, Siadat H, Ghodsi S, Alikhasi M. Comparative evaluation of different surfaces fit of digitally fabricated cobalt-chromium copings in two depth of finish lines. J Dent Med 2019;31(4):232-8.

52. Revilla-León M, Kois DE, Kois JC. A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans: Part 2—Patient factors. J Esthet Restor Dent 2023;35(1):241-9.

53. Alkadi L. A Comprehensive Review of Factors That Influence the Accuracy of Intraoral Scanners. Diagnostics 2023;13(21):3291.

54. Revilla-León M, Lanis A, Yilmaz B, Kois JC, Gallucci GO. Intraoral digital implant scans: Parameters to improve accuracy. J Prosthodont 2023;32(S2):150-64.

55. Revilla-León M, Kois DE, Kois JC. A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans. Part 1: Operator factors. J Esthet Restor Dent 2023;35(1):230-40.

56. Koseoglu M, Kahramanoglu E, Akin H. Evaluating the effect of ambient and scanning lights on the trueness of the intraoral scanner. J Prosthodont 2021;30(9):811-6.

57. Tayloor TD. Clinical Maxillofacial Prosthetics: Quintessence Publishing Company. 2000.