

Digital impression systems in prosthodontics: Current challenges, limitations, and future perspectives

Sareh Habibzadeh^{1*}, Fatemeh Behrouzi²

1- Associate Professor, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, International Campus, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran; Dental Research Center, Dentistry Research Institute, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- Dentist, School of Dentistry, International Campus, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Article Info	Abstract
Article type: Review Article	Background and Aims: Digital impression systems have transformed prosthodontics by enhancing accuracy, efficiency, and patient comfort. Despite these advantages, their clinical adoption remains constrained by technical and operational challenges. This review aimed to critically evaluate the limitations of digital impression systems in the field of fixed and removable prosthodontics.
Article History: Received: 30 Apr 2026 Accepted: 14 Aug 2026 Published: 19 Aug 2026	Materials and Methods: Relevant literature was searched in PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases. Scientific sources were reviewed for their contribution to understanding the limitations and challenges of digital impression systems in the field of fixed and removable prosthodontics. The selected studies were then analyzed descriptively, and their findings were interpreted to provide a comprehensive overview of the current challenges, limitations, and future perspectives of this technology.
Corresponding Author: Sareh Habibzadeh Department of Prosthodontics, School of Dentistry, International Campus, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran (Email: s-habibzadeh@tums.ac.ir)	Results: Findings indicated that although digital impression systems could demonstrate high accuracy and reproducibility under controlled laboratory conditions, their clinical performance has been influenced by multiple factors. Operator experience, scanning strategy, and image stitching significantly could affect data accuracy. Environmental conditions such as moisture, light, and temperature might further compromise outcomes. Patient-related variables, including arch morphology, tooth preparation, implant presence, and restorative materials, also contributed to variability in results. Additionally, technical factors such as scanner design, software version, and scanning head size would play an important role. Conclusion: Evidence suggests that while digital systems may outperform conventional impressions in controlled settings, clinical limitations persist. Therefore, optimized protocols and integration of digital and conventional techniques may enhance reliability and improve prosthodontic outcomes.
	Keywords: Dental prosthesis, Dental impression technique, Digital scan, Accuracy
Cite this article as: Habibzadeh S, Behrouzi F. Digital impression systems in prosthodontics: Current challenges, limitations, and future perspectives. J Dent Med-TUMS. 2026;39:31. [Persian]	



سیستم‌های قالب گیری دیجیتال در پروتزه‌های دندان: چالش‌ها، محدودیت‌ها و چشم اندازهای آینده

ساره حبیب زاده^{۱*}، فاطمه بهروزی^۲

۱- دانشیار، گروه آموزشی پروتزه‌های دندان، دانشکده دندانپزشکی، پردیس بین الملل دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی تهران، تهران، ایران؛ مرکز تحقیقات دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲- دندانپزشک، دانشکده دندانپزشکی، پردیس بین الملل دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی تهران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله مروری	زمینه و هدف: سیستم‌های قالب گیری دیجیتال با افزایش دقت، کارایی و راحتی بیمار، تحولی در پروتزه‌های دندان ایجاد کرده‌اند. با وجود این مزایا، پذیرش بالینی آن‌ها همچنان با چالش‌های فنی و عملیاتی محدود شده است. این مرور با هدف ارزیابی محدودیت‌های سیستم‌های قالب گیری دیجیتال در پروتزه‌های ثابت و متحرک انجام شد.
دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۱۰ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۲۳ انتشار: ۱۴۰۵/۰۵/۲۸	روش بررسی: مطالعات مرتبط با موضوع از پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Scopus، Web of Science و Google Scholar مورد جستجو قرار گرفتند. منابع علمی بر اساس ارتباط با اهداف این مرور و میزان ارتباط با محدودیت‌ها و چالش‌های سیستم‌های قالب گیری دیجیتال در پروتزه‌های ثابت و متحرک مورد بررسی قرار گرفتند. در ادامه، مطالعات منتخب به صورت توصیفی تحلیل و یافته‌های حاصل از آن‌ها با هدف تبیین چالش‌ها، محدودیت‌ها و چشم اندازهای آینده این فناوری مورد بررسی قرار گرفتند.
نویسنده مسؤول: ساره حبیب زاده	یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد اگرچه سیستم‌های دیجیتال در شرایط آزمایشگاهی کنترل شده دقت و تکرارپذیری بالایی دارند، عملکرد بالینی آن‌ها تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد. مهارت اپراتور، استراتژی اسکن و هم پوشانی تصاویر نقش مهمی در دقت داده‌ها دارند. شرایط محیطی مانند رطوبت، نور و دما نیز می‌توانند بر کیفیت نتایج اثرگذار باشند. عوامل بیمار محور شامل مورفولوژی قوس دندانی، نوع آماده سازی دندان، وجود ایمپلنت و مواد ترمیمی نیز موجب تغییر پذیری نتایج می‌شوند. همچنین عوامل فنی مانند طراحی اسکنر، نسخه نرم افزار و اندازه هد اسکنر اهمیت بالایی دارند.
گروه آموزشی پروتزه‌های دندان، دانشکده دندانپزشکی، پردیس بین الملل دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی تهران، تهران، ایران	نتیجه گیری: با وجود برتری نسبی در شرایط آزمایشگاهی، محدودیت‌های بالینی همچنان وجود دارد، بنابراین استفاده از پروتکل‌های بهینه و ترکیب روش‌های دیجیتال و سنتی می‌تواند نتایج درمانی را بهبود بخشد.
(Email: s-habibzadeh@tums.ac.ir)	کلید واژه‌ها: پروتزه‌های دندان، تکنیک قالب گیری دندان، اسکن دیجیتال، دقت بالینی

مقدمه

پروتزهای دندانی نقش مهمی در بازسازی عملکرد دهان و بهبود کیفیت زندگی بیماران دارند و موفقیت آن‌ها وابسته به دقت بالای بازسازی ساختارهای دهانی است (۱،۲). انتخاب نوع پروتز به عواملی نظیر وضعیت سلامت عمومی و دهانی بیمار، تعداد و شرایط دندان‌های باقی مانده، ملاحظات زیبایی شناسی، عملکردی، و شرایط اقتصادی وی بستگی دارد (۳،۴). در این میان، قالب گیری یکی از مراحل حیاتی درمان به شمار می‌رود. ثبت دقیق آناتومی دندان‌ها، موقعیت ایمپلنت‌ها و بافت‌های نرم برای تهیه مدل‌های دقیق و ترمیم‌های قابل اعتماد اهمیت اساسی دارد (۵). در سالیان اخیر، فرآیند طراحی و ساخت پروتزها به طور قابل توجهی تغییر کرده است (۶). پیشرفت فناوری‌های دیجیتال، توسعه سیستم‌های CAD/CAM و معرفی اسکنرهای داخل دهانی امکان تولید ترمیم‌های دقیق‌تر و کارآمدتر را فراهم نموده است. این فناوری‌ها از دهه ۱۹۸۰ وارد حوزه ترمیم‌های دندانی شده و به تدریج کاربرد گسترده‌تری یافته‌اند (۷).

در حال حاضر، قالب گیری به دو روش سنتی و دیجیتال انجام می‌شود. بیشتر سیستم‌های دیجیتال قادر به دیجیتال سازی کامل قوس‌های دندانی و نواحی فکی هستند و همچنین امکان اسکن اضافه و هم ترازای دندان‌های آنتاگونیست نیز وجود دارد (۶،۷). در مقایسه با روش‌های سنتی، قالب گیری دیجیتال با استقبال روز افزون مواجه شده و مزایایی مانند افزایش راحتی بیمار، کاهش زمان درمان، حذف برخی خطاهای آزمایشگاهی و بهبود ارتباط بین کلینیک و لابراتوار را ارائه می‌دهد (۸). با این حال، این فناوری بدون محدودیت نیست. هزینه بالای تجهیزات، نیاز به مهارت اپراتور، دشواری در ثبت نواحی ساب جینجیوال، چالش در اسکن قوس‌های بی‌دندانی و محدودیت برخی سیستم‌ها در انتقال فایل‌های STL از جمله مهم‌ترین این چالش‌ها هستند (۹).

علاوه بر این، اسکن‌های دیجیتال نیز با محدودیت‌هایی از جمله وجود ترشح بیش از حد بزاق، حضور ترمیم‌های با بازتاب نوری بالا، حرکت بافت‌های مخاطی و تفاوت در پروتکل‌های اسکن مواجه هستند. از سوی دیگر، راحتی بیمار یکی از عوامل مهم در انتخاب روش قالب گیری محسوب می‌شود و ارزیابی پیامدهای گزارش شده توسط بیماران نیز در تصمیم گیری‌های بالینی اهمیت ویژه‌ای دارد (۶). با توجه به گسترش روزافزون فناوری‌های دیجیتال در دندانپزشکی

و تأکید بر افزایش دقت، سرعت و رضایت بیمار، بررسی جامع و نظام‌مند محدودیت‌ها و چالش‌های سیستم‌های قالب گیری دیجیتال در پروتزهای ثابت و متحرک ضروری به نظر می‌رسد. از سوی دیگر، با توجه به تفاوت‌های ساختاری و عملکردی میان پروتزهای ثابت و متحرک، شناسایی چالش‌های اختصاصی هر گروه می‌تواند در بهبود تصمیم گیری‌های درمانی، ارتقای آموزش دندانپزشکان و افزایش کیفیت خدمات نقش مؤثری ایفا کند. بر این اساس، این مطالعه با هدف ارزیابی محدودیت‌ها و چالش‌های سیستم‌های قالب گیری دیجیتال در پروتزهای ثابت و متحرک انجام شد.

روش بررسی

این مطالعه به صورت یک مرور روایتی ساختار یافته (Structured Narrative Review) با هدف بررسی محدودیت‌ها و چالش‌های سیستم‌های قالب گیری دیجیتال در پروتزهای ثابت و متحرک انجام شد. برای جمع آوری شواهد علمی، منابع مرتبط از پایگاه‌های اطلاعاتی PubMed، Scopus، Web of Science و Google Scholar در بازه زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۵ مورد جستجو قرار گرفتند.

در فرآیند جستجو از کلیدواژه‌هایی شامل Digital Dentistry، Computer-Aided Design (CAD)، Computer-Aided Manufacturing (CAM)، Intraoral Scanners، Dental Impression Technique، Accuracy، Dental Prosthesis (Fixed)، Dental Prosthesis (Removable)، Patient Satisfaction و Digital Workflow استفاده شد. مطالعات بر اساس ارتباط موضوعی با اهداف این مرور انتخاب شدند و طیف متنوعی از مطالعات شامل پژوهش‌های بالینی، آزمایشگاهی، مورد شاهدهی، مروری و حیوانی را دربر گرفتند.

مقالات منتخب به طور کامل مطالعه، بررسی و طبقه بندی شدند و اطلاعات مرتبط با اهداف پژوهش استخراج و در قالب جداول ۱ و ۲ سازمان دهی گردید. در ادامه، یافته‌های حاصل از مطالعات به صورت توصیفی تحلیل، مقایسه و تفسیر شدند. مقالات منتخب به طور کامل مطالعه، ترجمه و طبقه بندی شدند و داده‌های مرتبط با اهداف پژوهش استخراج و در قالب جداول ۱ و ۲ سازماندهی گردیدند. اهداف مورد بررسی شامل:

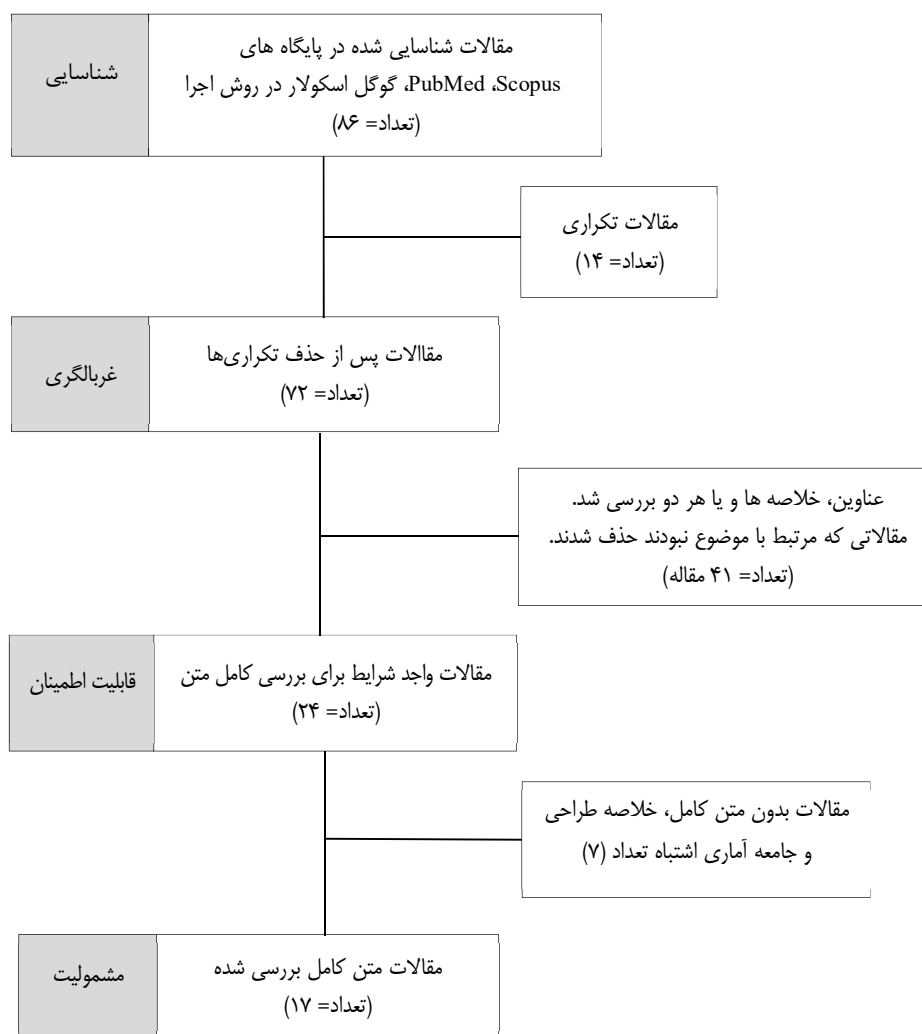
- ۱- بررسی محدودیت‌ها و چالش‌های سیستم‌های قالب گیری در شرایط مختلف بالینی
- ۳- مقایسه چالش‌های اختصاصی قالب گیری دیجیتال در پروتزهای دیجیتال در پروتزهای ثابت و متحرک
- ۲- ارزیابی عوامل مؤثر بر دقت و کارایی اسکن‌های دیجیتال ثابت و متحرک

جدول ۱- موارد بررسی شده در مطالعات پیشین

ردیف	نویسنده	سال انتشار	نوع مطالعه	نوع اسکنر / پارامترهای اپراتور	روش‌های اسکن و پردازش داده‌ها	ویژگی‌های بیمار	ویژگی‌های مواد و سطح دندان	شرایط محیطی	عوامل تکنولوژیک	نتیجه گیری
------	---------	------------	------------	--------------------------------	-------------------------------	-----------------	----------------------------	-------------	-----------------	------------

جدول ۲- خلاصه مطالعات مربوط به دقت قالب گیری دیجیتال

ردیف	مطالعه (نویسنده)	سال	نوع مطالعه	موضوع مطالعه	پارامترهای بررسی شده	یافته‌های کلیدی
۱	Al-Dulajjan و همکاران (۱۰)	۲۰۲۵	In vitro	دقت اسکن دنچر کامل	تجربه اپراتور، مسیر اسکن، نوع اسکنر	اپراتور باتجربه و مسیر استاندارد دقت را افزایش می‌دهد؛ Medit انحراف بیشتری نسبت به TRIOS داشت.
۲	Jamjoom و همکاران (۱۱)	۲۰۲۴	In vitro	اسکن قوس بی‌دندان	استراتژی اسکن، نوع اسکنر	استراتژی P-O-B دقیق‌ترین و ZZ ضعیف‌ترین بود؛ تعامل اسکنر و استراتژی مهم است؛ فک بالا بهتر از پایین
۳	Kanmaz و همکاران (۱۲)	۲۰۲۵	In vitro	کالیبراسیون و مهارت اپراتور	کالیبراسیون، رزولوشن، تجربه اپراتور	کالیبراسیون اثر جزئی داشت؛ دقت حتی بدون کالیبراسیون حفظ شد.
۴	Zaki و همکاران (۱۳)	۲۰۲۵	In vitro	اسکن فضای پست	عمق و عرض آماده سازی	افزایش عمق دقت را کاهش داد؛ عرض اثر تعدیلی داشت.
۵	Motel و همکاران (۱۴)	۲۰۲۰	In vitro	پروتکل‌های اسکن در ایمپلنت	روش یک مرحله‌ای/دو مرحله‌ای، طراحی اسکن بادی	روش یک مرحله‌ای دقیق‌تر بود؛ طراحی اسکن بادی مهم است.
۶	Gómez-Polo و همکاران (۱۵)	۲۰۲۲	In vitro	اسکن ایمپلنت تمام قوس	رطوبت، استراتژی اسکن	رطوبت دقت را کاهش و زمان اسکن را افزایش داد.
۷	Tunç و همکاران (۱۶)	۲۰۲۵	In vitro	اسکن کودکان	محدودیت بازشدگی دهان، وسعت اسکن	افزایش وسعت اسکن دقت را کاهش داد؛ TRIOS دقیق‌تر بود.
۸	Patel و همکاران (۱۷)	۲۰۲۵	In vivo (RCT متقاطع)	قالب گیری کودکان	دیجیتال در مقابل آلژینات	دیجیتال دقیق‌تر و راحت‌تر بود.
۹	Agustín-Panadero و همکاران (۱۸)	۲۰۲۵	In vitro	شرایط محیطی	رطوبت	رطوبت بالا دقت را کاهش و زمان اسکن را افزایش داد.
۱۰	Di Fiore و همکاران (۱۹)	۲۰۱۹	In vitro	اسکن ایمپلنت قوس کامل	طراحی اسکن بادی، نوع اسکنر	طراحی اسکن بادی مهم‌تر از نوع اسکنر بود.
۱۱	Guo و همکاران (۲۰)	۲۰۲۵	In vitro	عوامل محیطی	شدت نور، دمای رنگ	نور بهینه دقت را افزایش داد؛ نور نامناسب دقت را کاهش داد.
۱۲	Hayama و همکاران (۲۱)	۲۰۱۸	In vitro	سخت افزار اسکنر	اندازه هد اسکنر	هد بزرگ‌تر دقت بالاتری داشت.
۱۳	Raja و همکاران (۲۲)	۲۰۲۴	In vivo مطالعه بالینی	پروتز ثابت	مقایسه دیجیتال و سنتی	دیجیتال زمان کمتر و دقت کمی بهتر داشت.
۱۴	Chebib و همکاران (۲۳)	۲۰۲۴	In vivo مطالعه بالینی	دنچر کامل	مقایسه دیجیتال و سنتی	قالب سنتی گیر بیشتری نسبت به دیجیتال ایجاد کرد.
۱۵	Nedelcu و همکاران (۲۴)	۲۰۱۸	In vivo محدود	پروتز ثابت	مقایسه دیجیتال و سنتی	IOS در برخی موارد مشابه روش سنتی بود.
۱۶	Gjelvold و همکاران (۲۵)	۲۰۱۶	In vivo RCT	پروتز ثابت	مقایسه دیجیتال و سنتی	دیجیتال سریع‌تر و قابل قبول‌تر بود
۱۷	Mehl و Ender (۲۶)	۲۰۱۳	In vitro	قوس کامل	مقایسه دیجیتال و سنتی	روش سنتی هنوز دقیق‌تر از دیجیتال بود.



شکل ۱- طرحواره نحوه انتخاب مقالات

یافته‌ها

بررسی مطالعات منتخب نشان داد که دقت و کارایی سیستم‌های قالب گیری دیجیتال تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارد. این عوامل را می‌توان در چهار دسته کلی شامل عوامل مرتبط با اپراتور، عوامل مرتبط با بیمار، شرایط محیطی و ویژگی‌های تکنولوژیک سیستم‌های دیجیتال طبقه بندی کرد. همچنین، مطالعات نشان دادند که اگرچه سیستم‌های قالب گیری دیجیتال در بسیاری از شرایط بالینی عملکرد قابل قبولی دارند، اما دقت نهایی آن‌ها به شرایط بالینی، نوع پروتز، استراتژی اسکن و ویژگی‌های فنی آن وابسته است.

بحث و نتیجه گیری

قالب گیری دیجیتال در پروتزهای دندانی به عنوان یکی از نوآوری‌های کلیدی در دندانپزشکی مدرن، تحولات قابل توجهی در فرآیندهای تشخیصی و درمانی ایجاد کرده است (۶). این سیستم‌ها با بهره‌گیری از فناوری‌های نوری و نرم افزاری، امکان ثبت دقیق ساختارهای دهانی را بدون نیاز به مواد سنتی مانند آلژینات یا سیلیکون فراهم می‌کنند. این امر علاوه بر افزایش سرعت و راحتی، خطاهای ناشی از مخلوط سازی، تغییر ابعاد و انقباض مواد را کاهش می‌دهد. همچنین، قابلیت ویرایش فوری داده‌ها و ادغام با سیستم‌های CAD/CAM

مجموعه‌ای از عوامل به هم پیوسته قرار دارند که می‌توان آن‌ها را به طور کلی در سه دسته طبقه بندی کرد: عوامل تکنیکی مانند استراتژی اسکن و نحوه پردازش داده‌ها، عوامل مرتبط با بیمار (از جمله اندازه دهان و کیفیت آماده سازی دندان) و شرایط محیطی (نظیر نور، رطوبت و دما). علاوه بر این، ویژگی‌های مواد ترمیمی، وجود ایمپلنت یا اسکن بادی، و مشخصات سیستم‌های دیجیتال مانند نسخه نرم افزار، کالیبراسیون و طراحی هد اسکنر نیز نقش تعیین کننده‌ای در نتایج نهایی دارند. در مجموع، این مطالعات نشان می‌دهند که سیستم‌های دیجیتال در بسیاری از موارد عملکردی قابل قبول یا برتر دارند، اما تحت تأثیر عوامل متعدد قرار گرفته و مستعد بروز انحرافات هستند، موضوعی که ضرورت بهینه سازی این سیستم‌ها برای کاربر گسترده‌تر بالینی را برجسته می‌سازد (۲۶-۱۰).

در بررسی نقش مهارت اپراتور و پارامترهای تکنیکی مانند فاصله، زاویه و ترتیب اسکن، مطالعات نشان می‌دهند که این عوامل تأثیر تعیین کننده‌ای بر دقت داده‌های حاصل از اسکنرهای داخل دهانی دارند. برای مثال، Al-Dulaijan و همکاران (۱۰) در یک مطالعه آزمایشگاهی بر روی دنچر کامل نشان دادند که استفاده از مسیر اسکن استاندارد و اپراتور با تجربه می‌تواند دقت را بهبود بخشد؛ با این حال، اسکنر Medit در مقایسه با TRIOS انحراف بیشتری نشان داد که بخشی از آن به نحوه مدیریت فاصله و زاویه نسبت داده شد. به طور مشابه، Jamjoom و همکاران (۱۱) با مقایسه شش استراتژی اسکن در قوس‌های بی دندان گزارش کردند که استراتژی P-O-B (پالاتال-اکلوژال-باکال) بالاترین دقت را داشته، در حالی که استراتژی زیگزاگ (ZZ) ضعیف‌ترین عملکرد را نشان داده است، یافته‌ای که اهمیت ترتیب اسکن را در کاهش انحرافات برجسته می‌کند. همچنین، تعامل معنی داری بین نوع اسکنر و استراتژی اسکن مشاهده شد، به طوری که TRIOS 4 در شرایط بهینه دقتی قابل مقایسه با روش‌های سنتی داشت.

در مطالعه Kanmaz و همکاران (۱۲)، اگرچه کالیبراسیون تأثیر محدودی بر اندازه گیری‌های خطی داشت، اما نقش مهارت اپراتور در حفظ دقت نتایج برجسته شد. در مقابل، Zaki و همکاران (۱۳) نشان دادند که افزایش عمق آماده سازی در اسکن فضای پست، که مستلزم کنترل دقیق‌تر زاویه و فاصله است، منجر به کاهش دقت می‌شود، چالشی که در اپراتورهای کم‌تجربه بارزتر است. به طور کلی، اگرچه سیستم‌های

از دیگر مزایای مهم این روش محسوب می‌شود (۸). با این حال، علی‌رغم مزایا، این سیستم‌ها با محدودیت‌ها و چالش‌هایی مواجه هستند که می‌توانند بر دقت و کاربرد بالینی آن‌ها تأثیرگذار باشند (۹).

مطالعات پیشین در زمینه قالب گیری دیجیتال عمدتاً با تمرکز بر ارزیابی دقت (Precision) و صحت (Trueness) در شرایط کنترل شده و به صورت آزمایشگاهی انجام شده‌اند، هرچند برخی مطالعات بالینی نیز کاربرد این فناوری را در بیماران بررسی کرده‌اند (۱۰). در این مطالعات، از اسکنرهای داخل دهانی (IOS) مانند Primescan (Dentsply Sirona)، TRIOS (3Shape)، Medit i700 و Helios 600 و P2 Panda و نیز اسکنرهای خارج دهانی مانند E4 و InEos X5 (3Shape) استفاده شده است. فناوری‌های مورد استفاده شامل میکروسکوپی کانونی (Confocal Microscopy)، مثلث بندی نور ساختار یافته و در برخی موارد لیزر بوده‌اند که هر یک مزایا و محدودیت‌های خاص خود را در ثبت داده‌های سه بعدی دارند (۱۴،۱۹،۲۳،۲۵). در ارزیابی سیستم‌های قالب گیری دیجیتال، دو مفهوم صحت (Trueness) و دقت تکرارپذیری (Precision) از مهم‌ترین شاخص‌های سنجش عملکرد اسکنرهای داخل دهانی محسوب می‌شوند. صحت به میزان نزدیکی داده ثبت شده به وضعیت واقعی اشاره دارد، در حالی که دقت تکرارپذیری بیانگر توانایی سیستم در تولید نتایج مشابه در اسکن‌های مکرر است (۲۴،۲۶). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که اگرچه بسیاری از اسکنرهای دیجیتال در شرایط آزمایشگاهی از صحت و دقت بالایی برخوردار هستند، اما عملکرد آن‌ها در شرایط بالینی تحت تأثیر عواملی نظیر مهارت اپراتور، استراتژی اسکن، نحوه پردازش داده‌ها و ویژگی‌های سیستم اسکن قرار می‌گیرد (۱۰،۱۲-۱۰۲۴). از این رو، ارزیابی عملکرد اسکنرها نباید صرفاً بر اساس مقادیر عددی صحت و دقت در شرایط کنترل شده انجام شود، بلکه توانایی دستیابی به نتایج قابل اعتماد و تکرارپذیر در شرایط واقعی درمانی نیز باید مورد توجه قرار گیرد. در مجموع، شواهد موجود نشان می‌دهد که دستیابی به صحت و دقت مطلوب در قالب گیری دیجیتال مستلزم تعامل مناسب میان قابلیت‌های فنی اسکنر و اجرای صحیح پروتکل‌های بالینی می‌باشد.

در بسیاری از مطالعات، عملکرد سیستم‌های دیجیتال در کنار روش‌های متداول با استفاده از مواد پلی وینیل سیلوکسان یا آلزینات مورد ارزیابی قرار گرفته است (۲۲،۲۴). در این میان، نتایج تحت تأثیر

دیجیتال امکان اصلاح فوری داده‌ها را فراهم می‌کند، اما به خطاهای اپراتوری مانند لرزش دست یا ناهماهنگی زاویه حساس هستند که می‌تواند منجر به نیاز به اسکن مجدد و افزایش زمان درمان شود. در مقایسه با روش‌های سنتی، این سیستم‌ها وابستگی کمتری به مهارت‌های فیزیکی مانند مخلوط کردن مواد دارند، اما مستلزم آموزش تخصصی در مدیریت پارامترهای اسکن هستند.

روش‌های برش داده‌ها (Stitching)، اسکن مجدد و نحوه همپوشانی تصاویر از دیگر عوامل مهم در تعیین دقت نهایی قالب گیری دیجیتال محسوب می‌شوند. در مطالعه Al-Dulaijan و همکاران (۱۰)، استفاده از نرم افزارهای طراحی و ویرایش برای استاندارد سازی داده‌ها و بهبود همپوشانی، منجر به کاهش انحراف و افزایش انطباق مدل‌های دیجیتال شد. با این حال، در اسکنر i700 Medit نیاز به تکرار اسکن بیشتری برای دستیابی به دقتی مشابه سایر سیستم‌ها گزارش شد که نشان دهنده حساسیت این سیستم به شرایط اولیه اسکن است.

مطالعه Jamjoom و همکاران (۱۱) نیز نشان داد که استراتژی اسکن نقش تعیین کننده‌ای در کیفیت همپوشانی داده‌ها دارد، به طوری که الگوهایی با همپوشانی گسترده‌تر مانند P-O-B موجب کاهش انحراف و افزایش دقت می‌شوند، در حالی که استراتژی‌هایی با همپوشانی محدودتر مانند ZZ با افزایش خطا همراه هستند. این یافته‌ها بر اهمیت عملکرد الگوریتم‌های همپوشانی در بازسازی دقیق مدل سه بعدی تأکید دارند. در مطالعه Motel و همکاران (۱۴)، استراتژی یک مرحله‌ای در مقایسه با روش دو مرحله‌ای دقت بالاتری نشان داد، که به همپوشانی مستقیم‌تر داده‌ها نسبت داده شد، هرچند روش دومرحله‌ای در شرایط پیچیده می‌تواند کاربردی باشد، اما با افزایش زمان اسکن و پردازش همراه است.

همچنین، Gómez-Polo و همکاران (۱۵) نشان دادند که وجود رطوبت می‌تواند با ایجاد نویز در داده‌ها، نیاز به اسکن‌های تکراری برای دستیابی به همپوشانی دقیق را افزایش دهد، در حالی که در شرایط خشک، حتی پس از برش داده‌ها، دقت نهایی حفظ می‌شود. با توجه به مطالعات فوق، به نظرمی رسد تجربه اپراتور نقش تعیین کننده‌ای در کاهش خطاهای همپوشانی داشته باشد. در موارد فول آرج، تجمع خطاهای دیجیتال همچنان یکی از چالش‌های اصلی محسوب می‌شود. به طور کلی، اگرچه الگوریتم‌های خودکار همپوشانی در سیستم‌های

دیجیتال بسیاری از خطاهای رایج در قالب گیری سنتی، مانند اعوجاج مواد یا تغییرات ابعادی را حذف می‌کنند، اما این سیستم‌ها نسبت به نویز داده‌ها حساس هستند و در شرایط بالینی ممکن است منجر به بازسازی نادرست شوند. در نتیجه، علی‌رغم برتری در امکان ویرایش و انعطاف پذیری، دستیابی به نتایج دقیق مستلزم استفاده از نرم افزارهای پیشرفته و مدیریت مناسب داده‌ها در مواجهه با چالش‌هایی مانند حرکت بیمار یا محدودیت دسترسی است. بنابراین اگرچه فناوری‌های دیجیتال بسیاری از محدودیت‌های قالب گیری سنتی را کاهش داده‌اند، اما عملکرد آن‌ها به شدت وابسته به کیفیت بازسازی نرم افزاری داده‌ها است. در اسکن‌های گسترده، به ویژه در قوس کامل، تجمع خطاهای ناشی از همپوشانی می‌تواند به یکی از مهم‌ترین چالش‌های بالینی تبدیل شود. عوامل مرتبط با بیمار، از جمله موقعیت و وسعت ناحیه اسکن، طول ناحیه بی‌دندانی و ویژگی‌های آماده سازی دندان، نقش مهمی در کیفیت و صحت داده‌های دیجیتال ایفا می‌کنند. مطالعه Tunç و همکاران (۱۶) نشان داد که در شرایط بازشدگی محدود دهان در کودکان (حدود ۲۸ میلی متر)، با افزایش وسعت ناحیه اسکن از بخش‌های محدود به قوس کامل، دقت کاهش می‌یابد. در این شرایط، اسکنر TRIOS 5 عملکرد دقیق‌تری نسبت به Helios 600 داشت که این تفاوت به محدودیت‌های فیزیکی و دشواری دسترسی به نواحی خلفی نسبت داده شد. همچنین، Patel و همکاران (۱۷) در کودکان ۸ تا ۱۲ ساله گزارش کردند که اسکن داخل دهانی در مقایسه با قالب گیری آلژینات، دقت بالاتری در اندازه گیری عرض‌های بین مولری و بین کائینی داشته و با راحتی بیشتر برای بیماران همراه است.

در زمینه آماده سازی دندان، Zaki و همکاران (۱۳) نشان دادند که افزایش عمق فضای پست (تا ۱۰ میلی متر) موجب کاهش صحت می‌شود، در حالی که افزایش عرض می‌تواند این اثر را تا حدی تعدیل کند، یافته‌ای که بر حساسیت اسکن‌های دیجیتال به هندسه ناحیه تأکید دارد. علاوه بر این، Jamjoom و همکاران (۱۱) گزارش کردند که قوس فک بالا نسبت به فک پایین تکرارپذیری بهتری دارد که به عواملی مانند عرض بیشتر قوس، امکان همپوشانی وسیع‌تر داده‌ها و ثبات بالاتر موقعیت اسکنر نسبت داده می‌شود، در مقابل، فک پایین به دلیل محدودیت فضا، تحرک زبان و شرایط حرکتی بیمار، محیط پیچیده‌تری برای اسکن فراهم می‌کند. در مجموع، اگرچه قالب گیری دیجیتال امکان

آن‌ها مشاهده کردند که شدت نور حدود ۱۰۰۰ لوکس و دمای رنگ ۵۵۰۰ کلوین شرایط بهینه‌ای برای بهبود دقت در اسکنر TRIOS 4 فراهم می‌کند، در حالی که نور بسیار کم یا بیش از حد زیاد می‌تواند منجر به افزایش انحراف شود.

علاوه بر نور، عواملی مانند دما، رزولوشن دستگاه و وضعیت سطح (خشکی و پرداخت مناسب) نیز بر کیفیت نهایی مدل سه بعدی تأثیرگذار هستند. در همین راستا، Kanmaz و همکاران (۱۲) نشان دادند که به شرط کنترل شرایط محیطی حتی در صورت عدم کالیبراسیون، رزولوشن بالای اسکنر می‌تواند تا حدی دقت را حفظ کند. در مجموع، اگرچه قالب گیری دیجیتال با حذف خطاهای مرتبط با مواد سنتی، مزایای قابل توجهی دارد، اما نسبت به شرایط سطحی و محیطی حساس‌تر است. با این حال، در صورت کنترل مناسب این عوامل از جمله خشک سازی سطوح، بهینه سازی نور و استفاده از اسکن بادی‌های با طراحی مناسب به نظر می‌رسد این روش بتواند دقت و کارایی بالاتری نسبت به قالب گیری سنتی ارائه دهد.

عوامل تکنولوژیک مانند نسخه‌های نرم افزاری، به روزرسانی‌ها، کالیبراسیون و اندازه هد اسکنر نیز در دقت قالب گیری دیجیتال نقش مهمی دارند. مطالعه Kanmaz و همکاران (۱۲) نشان داد که کالیبراسیون تأثیر محدودی بر دقت اسکن دارد و اسکنر TRIOS 3 حتی پس از ۳۲۴ روز بدون کالیبراسیون، همچنان دقت قابل قبولی را حفظ می‌کند، یافته‌ای که بر پایداری سخت افزاری و نقش رزولوشن دستگاه تأکید دارد، هرچند در محیط بالینی انجام کالیبراسیون منظم همچنان توصیه می‌شود.

از سوی دیگر، Hayama و همکاران (۲۱) نشان دادند که اندازه هد اسکنر می‌تواند بر دقت نهایی تأثیرگذار باشد، به طوری که هدهای بزرگ‌تر به دلیل پوشش سطح وسیع‌تر و ایجاد همپوشانی بیشتر، دقت بالاتری ارائه می‌دهند. در مجموع، قالب گیری دیجیتال به دلیل قابلیت به روزرسانی نرم افزاری و بهبود مستمر الگوریتم‌ها، پتانسیل بالایی برای افزایش دقت دارد، اما در عین حال وابستگی آن به فناوری، نیازمند نگهداری و مدیریت دقیق تجهیزات در محیط بالینی است. در مقایسه با روش‌های سنتی، این رویکرد مستلزم سرمایه گذاری اولیه بیشتری است، اما در صورت استفاده صحیح، می‌تواند عملکرد برتری ارائه دهد. در مجموع، به نظر می‌رسد که دقت سیستم‌های دیجیتال

ثبت نواحی گسترده را بدون مشکلاتی مانند اعوجاج مواد سنتی فراهم می‌کند، اما در شرایطی مانند محدودیت بازشدگی دهان، نواحی پیچیده یا آماده سازی‌های عمیق، ممکن است با کاهش دقت همراه باشد. بنابراین، علی‌رغم مزایای آن نسبت به روش‌های سنتی، دستیابی به نتایج بهینه در برخی شرایط بالینی مستلزم تنظیمات و ملاحظات ویژه است. به طور کلی، به نظر می‌رسد که موفقیت قالب گیری دیجیتال در شرایط پیچیده بالینی، بیش از محیط‌های آزمایشگاهی، تحت تأثیر محدودیت‌های آناتومیک و شرایط بیمار قرار دارد و این مسئله می‌تواند علت اختلاف میان نتایج مطالعات آزمایشگاهی و بالینی باشد.

عوامل مرتبط با مواد ترمیمی، وضعیت سطحی (از جمله میزان پرداخت و رطوبت) و نیز حضور ایمپلنت‌ها و اسکن بادی‌ها، از متغیرهای مهم مؤثر بر دقت ثبت دیجیتال هستند (۱۸). در حوزه ایمپلنت، مشخص شده است که ایمپلنت‌های زاویه دار نسبت به ایمپلنت‌های موازی با انحراف بیشتری همراه هستند، که این امر به دشواری هم‌ترازی داده‌ها نسبت داده می‌شود. علاوه بر این، طراحی و ویژگی‌های سطحی اسکن بادی‌ها نقش تعیین کننده‌ای در صحت و تکرارپذیری دارند، به طوری که اسکن بادی‌هایی با سطوح صاف و یکنواخت دقت بالاتری در همپوشانی ارائه می‌دهند، در حالی که سطوح نامنظم می‌توانند موجب افزایش خطا شوند (۱۴). همچنین، Di Fiore و همکاران (۱۹) نشان دادند که در اسکن قوس کامل ایمپلنت، طراحی اسکن بادی تأثیر بیشتری بر دقت نسبت به نوع اسکنر دارد.

مطالعات نشان داده‌اند که شرایط سطحی، به ویژه رطوبت، می‌تواند به طور قابل توجهی بر کیفیت داده‌های سه بعدی تأثیر بگذارد. به عنوان مثال، Agustín-Panadero و همکاران (۱۸) گزارش کردند که رطوبت نسبی بالا (۸۰-۹۰٪) موجب کاهش دقت و افزایش تعداد فریم‌های مورد نیاز برای بازسازی تصویر می‌شود. به طور مشابه، Gómez-Polo و همکاران (۱۵) نشان دادند که سطوح مرطوب نه تنها دقت ثبت را کاهش می‌دهند، بلکه زمان اسکن را نیز افزایش می‌دهند، زیرا نرم افزار برای ایجاد همپوشانی مناسب به داده‌های بیشتری نیاز دارد.

از سوی دیگر، شرایط محیطی نیز نقش مهمی در کیفیت ثبت دیجیتال ایفا می‌کنند. Guo و همکاران (۲۰) با مقایسه اسکنرهای TRIOS 4 و Primescan نشان دادند که شرایط نوری، از جمله شدت نور و دمای رنگ، تأثیر معنی داری بر دقت اسکن و تطابق رنگ دارند.

بیش از آن که صرفاً وابسته به نوع اسکنر باشد، تحت تأثیر تعامل میان مهارت اپراتور، استراتژی اسکن و شرایط بالینی قرار دارد. این موضوع می‌تواند یکی از دلایل اصلی تفاوت نتایج مطالعات مختلف باشد. همچنین وابستگی قابل توجه این سیستم‌ها به تکنیک اجرا نشان می‌دهد که یادگیری و آموزش مناسب همچنان نقش کلیدی در دستیابی به نتایج قابل اعتماد ایفا می‌کند.

به طور کلی، دقت و صحت قالب گیری دیجیتال تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل شامل مهارت اپراتور، استراتژی اسکن، شرایط محیطی، ویژگی‌های بیمار و پارامترهای تکنولوژیک قرار دارد. در این میان، انتخاب صحیح اسکنر و استراتژی مناسب، همراه با کنترل شرایط محیطی و آموزش کافی اپراتور، نقش کلیدی در دستیابی به نتایج مطلوب ایفا می‌کند. انتخاب اسکنر و استراتژی اسکن باید متناسب با نوع پروتز و شرایط بالینی بیمار انجام شود تا دقت و تکرارپذیری بهینه گردد. در پروتزهای تمام قوس و موارد پیچیده، استفاده ترکیبی از روش‌های دیجیتال و سنتی می‌تواند به بهبود تطابق نهایی کمک کند. همچنین، کنترل شرایط محیطی، به ویژه رطوبت و نور، نقش مهمی در ارتقای کیفیت اسکن و کاهش خطاهای ثبت دارد. در کنار این عوامل، آموزش، تجربه و مهارت اپراتور از مؤلفه‌های کلیدی موفقیت بالینی محسوب می‌شود و باید در برنامه‌های آموزشی و کاربردی مورد توجه ویژه قرار گیرد. در نهایت، مطالعات آینده لازم است بر طراحی‌های بالینی و پیگیری‌های طولانی مدت با هدف تدوین پروتکل‌های استاندارد و قابل اجرا در محیط‌های کلینیکی تمرکز کنند.

از سوی دیگر بخش قابل توجهی از شواهد موجود در زمینه قالب گیری دیجیتال بر پایه مطالعات آزمایشگاهی و در شرایط کنترل شده به دست آمده‌اند و این یکی از محدودیت‌های مهم مطالعات موجود در حوزه قالب گیری دیجیتال محسوب می‌شود. بدون تردید، شرایط بالینی واقعی شامل عواملی مانند رطوبت، خونریزی، حرکات زبان و محدودیت دسترسی می‌تواند عملکرد اسکنرهای داخل دهانی را تحت تأثیر قرار دهد و نتایج مطالعات آزمایشگاهی را با محدودیت در تعمیم بالینی مواجه سازد. با این حال، از آنجا که فناوری قالب گیری دیجیتال همچنان در حال توسعه و تکامل است، تعداد مطالعات بالینی با طراحی استاندارد و قابل مقایسه هنوز محدود می‌باشد. این مطالعات اگرچه لزوماً بازتاب

کامل شرایط واقعی دهان نیستند، اما امکان بررسی کنترل شده متغیرهای مؤثر بر دقت و عملکرد سیستم‌های دیجیتال را فراهم می‌کنند و درک اولیه ارزشمندی از نقاط قوت و محدودیت‌های این فناوری ارائه می‌دهند. با این وجود، تعمیم مستقیم این نتایج به شرایط پیچیده بالینی باید با احتیاط انجام شود. از این رو، انجام مطالعات بالینی بیشتر برای ارزیابی عملکرد واقعی اسکنرهای داخل دهانی در حضور عواملی مانند رطوبت، خونریزی و حرکات بیمار ضروری به نظر می‌رسد.

بر اساس بررسی‌های انجام‌شده، قالب گیری دیجیتال در پروتزهای ثابت و متحرک علی‌رغم مزایایی مانند دقت مناسب، تکرارپذیری بالا و راحتی بیشتر برای بیمار، همچنان با محدودیت‌ها و چالش‌هایی همراه است. شواهد نشان می‌دهد که عملکرد این سیستم‌ها چند عاملی بوده و تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل تکنیکی، محیطی، مرتبط با بیمار و ویژگی‌های فناوری قرار دارد. در میان عوامل تکنیکی، مهارت اپراتور، انتخاب استراتژی اسکن و نحوه همپوشانی داده‌ها نقش کلیدی در بهبود دقت و کاهش خطا دارند. همچنین، شرایط محیطی مانند رطوبت، نور و دما می‌توانند بر کیفیت ثبت داده‌های سه بعدی اثر گذاشته و موجب افزایش انحراف شوند. از سوی دیگر، عوامل مرتبط با بیمار مانند وسعت قوس دندانی، محدودیت‌های دهانی و نوع آماده سازی دندان از چالش‌های مهم در شرایط بالینی پیچیده محسوب می‌شوند. علاوه بر این، ویژگی‌های تکنولوژیک دستگاه از جمله رزولوشن، نسخه نرم افزار و مشخصات سخت افزاری نیز در کیفیت نهایی داده‌ها نقش دارند.

اگرچه در شرایط کنترل شده، سیستم‌های دیجیتال عملکردی قابل قبول و در بسیاری موارد برتر از روش‌های سنتی نشان می‌دهند، اما حساسیت آن‌ها به عوامل متغیر بالینی می‌تواند منجر به کاهش دقت شود. در مجموع، دستیابی به نتایج قابل اعتماد نیازمند کنترل دقیق شرایط محیطی، آموزش کافی اپراتور و انتخاب صحیح پروتکل‌های اسکن است. در موارد پیچیده نیز، استفاده ترکیبی از روش‌های دیجیتال و سنتی می‌تواند به بهبود تطابق و کاهش خطا کمک کند.

این مقاله حاصل پایان نامه دانشجویی سر کار خانم دکتر فاطمه بهروزی با عنوان "ارزیابی محدودیت‌ها و چالش‌های سیستم‌های قالب گیری دیجیتال در پروتزهای ثابت و متحرک" دانشکده دندانپزشکی پردیس بین المل، دانشگاه علوم پزشکی تهران می‌باشد.

References:

- 1- Bidra AS, Daubert DM, Garcia LT, Kosinski TF, Nenn CA, Olsen JA, et al. Clinical practice guidelines for recall and maintenance of patients with tooth-borne and implant-borne dental restorations. *J Prosthodont*. 2016;5 Suppl 1:S32-40.
- 2- Geckili O, Bilhan H, Bilgin T. Impact of mandibular two-implant retained overdentures on life quality in a group of elderly Turkish edentulous patients. *Arch Gerontol Geriatr*. 2011;53:233-6.
- 3- Sravanthi G, Dinesh BNK, Taruna M, Prasad V. Unilateral attachment retained distal extension removable partial denture. *Indian J Dent Adv*. 2014;6(4):1727-30.
- 4- Duong HY, Rocuzzo A, Stähli A, Salvi GE, Lang NP, Sculean A. Oral health-related quality of life of patients rehabilitated with fixed and removable implant-supported dental prostheses. *Periodontol* 2000. 2022;88(1):201-37.
- 5- Donovan TE, Chee WW. A review of contemporary impression materials and techniques. *Dent Clin North Am*. 2004;48(2):vi-vii, 445-70.
- 6- D'Ambrosio F, Giordano F, Sangiovanni G, Di Palo MP, Amato M. Conventional versus digital dental impression techniques: what is the future? An umbrella review. *Prosthesis*. 2023;5(3):851-75.
- 7- Mörmann WH. The evolution of the CEREC system. *J Am Dent Assoc*. 2006;137(Suppl):7S-13S.
- 8- Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *J Prosthodont*. 2018;27(1):35-41.
- 9- Punj A, Bompolaki D, Garaicoa J. Dental impression materials and techniques. *Dent Clin North Am*. 2017;61(4):779-96.
- 10- Al-Dulaijan YA, Alalawi H, Gad MM, Al-Qarni FD, Fouda SM, Ellakany P. Trueness and precision of complete denture digital impression compared to conventional impression: an in vitro study. *PeerJ*. 2025;13:e19075.
- 11- 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(6):1218-25.
- 12- Kanmaz MG, Sabah GA, Balcı M, Erden MB. Comparison of intraoral scanner accuracy before and after calibration: an in vitro study. *BMC Oral Health*. 2025;25(1):1186.
- 13- Zaki MS, Mohsen CA, Mohamed ME. Trueness and depth discrepancy of post-space scans using an intraoral scanner: influence of preparation dimensions: an in vitro study. *BMC Oral Health*. 2025;25(1):702.
- 14- Motel C, Kirchner E, Adler W, Wichmann M, Matta RE. Impact of different scan bodies and scan strategies on the accuracy of digital implant impressions assessed with an intraoral scanner: an in vitro study. *J Prosthodont*. 2020;29(4):309-14.
- 15- Gómez-Polo M, Ortega R, Sallorenzo A, Agustín-Panadero R, Barmak AB, Kojs JC, et al. Influence of surface humidity, implant angulation, and interimplant distance on the accuracy and scanning time of complete-arch implant scans. *J Dent*. 2022;127:104307.
- 16- Tunç H. Evaluation of the accuracy of digital impressions obtained with confocal microscopy and structured light triangulation systems in pediatric patients with different mouth opening: an in vitro study. *BMC Oral Health*. 2025;25:1225.
- 17- Patel C, Barot GN, Patel MC, Nath KJ, Patel SP, Patel DK, et al. Accuracy and comfort in digital and conventional impression in pediatric dental patients: a randomized comparative study. *Cureus*. 2025;17(1):e76882.
- 18- Agustín-Panadero R, Estada MIC, Pérez-Barquero JA, Zubizarreta-Macho Á, Revilla-León M, Gómez-Polo M. Effect of relative humidity on the accuracy, scanning time, and number of photographs of dentate complete arch intraoral digital scans. *J Prosthet Dent*. 2025;133(3):865-71.
- 19- Di Fiore A, Meneghello R, Graiff L, Savio G, Vigolo P, Monaco C, et al. Full-arch digital scanning systems performances for implant-supported fixed dental prostheses: a comparative study of 8 intraoral scanners. *J Prosthodont Res*. 2019;63(4):396-403.
- 20- Guo Y, Ma Y, Wang Z, Yu H. Effects of ambient lighting conditions on the scanning accuracy and shade matching capability of intraoral scanners: an in vitro study. *BMC Oral Health*. 2025;25(1):1088.
- 21- 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.
- 22- Raja SR, Dutta A, Jain SK, Dewan H, Thomas V, Jose AT. In Vitro Comparative Analysis of Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics. *J Pharm Bioall Sci*. 2024;16(Suppl 3):S2700-2.
- 23- Chebib N, Imamura Y, El Osta N, Srinivasan M, Müller F, Maniewicz S. Fit and retention of complete denture bases: Part II—conventional impressions versus digital scans: A clinical controlled crossover study. *J Prosthet Dent*. 2024;131(4):618-25.
- 24- Nedelcu R, Olsson P, Nyström I, Rydén J, Thor A. Accuracy and precision of 3 intraoral scanners and accuracy of conventional impressions: A novel in vivo analysis method. *J Dent*. 2018;69:110-8.
- 25- Gjølvdal B, Chrcanovic BR, Korduner EK, Collin-Bagewitz I, Kisch J. Intraoral digital impression technique compared to conventional impression technique. A randomized clinical trial. *J Prosthodont*. 2016;25(4):282-7.
- 26- Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent*. 2013;1;109(2):121-8.