

## A Comprehensive Review on the Application of Artificial Intelligence in Dental Treatments

Shayan Golkar<sup>1</sup>   
Shayan Ghasemi<sup>2</sup>   
Amir Ghorani<sup>3</sup>   
Mehdi Ebrahimi<sup>4</sup> 

1. Post Graduate Student, Department of Endodontics, Dental Research Center, Dental Research Institute, School of Dentistry, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.  
2. **Corresponding Author:** Postgraduate Student, Department of Prosthodontics, Dental Implants Research Center, Dental Research Institute, School of Dentistry, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.  
**Email:** Shayan7495@gmail.com  
3. Post Graduate Student, Dental Student Research Committee, Department of oral and maxillofacial surgery, School of Dentistry, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.  
4. Post Graduate Student, Dental Student Research Committee, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.

### Abstract

**Introduction:** Artificial Intelligence (AI) is a technology that uses machines to mimic human behavior. Nowadays, AI has gained more influence and applications in the fields of medical science and dentistry. These applications are related to many different areas of dental treatments, from root canal therapy to orthodontic treatments, applications in oral and maxillofacial surgery, as well as the diagnosis and treatment of malignancies in these areas. In this study we aim to investigate the role and capabilities of AI different dental treatments.

**Discussion:** According to the findings of this study, today significant progress has been made in the field of AI from diagnosis to dental treatment planning. The use of machine and deep learning systems can be effective in the diagnosis of lesions and prognosis for patients with oral malignancies. Also, AI can help orthodontists in treatment planning and predicting treatment outcomes in patients requiring orthodontic treatments. These systems are also used for identifying and screening the periodontium status of patients with periodontal disease. In addition, various studies have reported the effectiveness of using artificial intelligence systems in various aspects of root canal treatments, from determining working length and identifying root canals to detecting vertical root fractures.

**Conclusion:** The use of artificial intelligence shows wide applications in dental treatments. Most applications of artificial intelligence today are in the field of diagnosis and providing treatment plans based on machine and deep learning systems. Artificial intelligence has been able to show acceptable results, although it could be said that we are at the beginning of its application, and various studies are still required to reveal the different aspects of using artificial intelligence in the field of dental treatments.

**Key words:** Artificial Intelligence; Dentistry; Machine Learning; Orthodontists; Periodontal Diseases.

**Received:** 05.11.2024

**Revised:** 03.02.2025

**Accepted:** 11.03.2025

**How to cite:** Golkar Sh, Ghasemi Sh, Ghorani A, Ebrahimi M. A Comprehensive Review on the Application of Artificial Intelligence in Dental Treatments. J Isfahan Dent Sch 2025; 21(1): 87 -96.

## مروری جامع بر استفاده از هوش مصنوعی در درمان‌های دندان پزشکی

۱. دستیار تخصصی درمان ریشه، گروه اندودانتیکس، مرکز تحقیقات دندان، موسسه تحقیقات دندان، دانشکده دندان پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران  
 ۲. نویسنده مسئول: دستیار تخصصی پروتزیس دندان، مرکز تحقیقات ایمپلنت‌های دندان، موسسه تحقیقات دندان پزشکی، دانشکده دندان پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.  
 Email: Shayan7495@gmail.com  
 ۳. دستیار تخصصی جراحی دهان، فک و صورت، کمیته تحقیقات دانشجویی، دپارتمان جراحی دهان، فک و صورت، دانشکده دندان پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.  
 ۴. دستیار تخصصی رشته ارتودانتیکس، کمیته تحقیقات دانشجویی، بخش تخصصی ارتودانتیکس، دانشکده دندان پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

شایان گلکار<sup>۱</sup> IDشایان قاسمی<sup>۲</sup> IDامیر قرآنی<sup>۳</sup> IDمهدی ابراهیمی<sup>۴</sup> ID

## چکیده

**مقدمه:** هوش مصنوعی، تکنولوژی است که از ماشین جهت تقلید رفتار انسان استفاده می‌کند. امروز نیز هوش مصنوعی تأثیر و کاربردهای فراوان تری در حیطه‌ی علوم پزشکی و نیز دندان پزشکی پیدا کرده است. این کاربردها مرتبط با حوزه‌های بسیار متفاوتی از درمان‌های دندان پزشکی از درمان ریشه تا درمان‌های ارتودنسی و نیز کاربردهایی در حیطه‌ی جراحی دهان، فک و صورت و نیز تشخیص و درمان بدخیمی‌های این نواحی می‌شود. در این مطالعه قصد داریم تا توانایی و نقش هوش مصنوعی را در جنبه‌های مختلف درمان‌های دندان پزشکی بررسی کنیم.

**شرح مقاله:** با توجه به یافته‌های این مطالعه، امروزه پیشرفت بسیار زیادی در حوزه‌ی هوش مصنوعی از تشخیص تا طرح درمان‌های دندان پزشکی به وجود آمده است. استفاده از سیستم‌های یادگیری عمیق و یادگیری ماشینی می‌تواند در تشخیص ضایعات و پروگنوز بیماران مبتلا به بدخیمی‌های دهان مؤثر واقع شود. همچنین هوش مصنوعی امروزه می‌تواند در طرح درمان و نتیجه درمان در بیماران نیازمند ارتودنسی به ارتودنتیست کمک کند. از این سیستم‌ها در شناسایی و غربالگری پرودنشی بیماران مبتلا به بیماری‌های پرودنتال همچنین استفاده می‌شود. و نیز مطالعات مختلفی اثربخشی استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی را در جنبه‌های مختلف درمان ریشه از تعیین طول کارکرد و شناسایی کانال‌ها تا تشخیص شکستگی‌های عمودی ریشه بیان کرده است.

**نتیجه‌گیری:** استفاده از هوش مصنوعی در درمان‌های دندان پزشکی کاربردهای وسیعی را نشان می‌دهد. اغلب کاربرد هوش مصنوعی امروزه در حوزه‌ی تشخیص و ارائه‌ی طرح درمان بر اساس سیستم‌های یادگیری ماشینی و یادگیری عمیق می‌باشد. هوش مصنوعی توانسته نتایج قابل قبولی را از خود نشان دهد، اگرچه شاید بتوان گفت ابتدای مسیر استفاده از آن هستیم و همچنان مطالعات مختلفی لازم است تا بتواند جنبه‌های مختلف کاربرد هوش مصنوعی را در درمان‌های دندان پزشکی به ما نشان دهد.

**کلید واژه‌ها:** هوش مصنوعی؛ دندان پزشکی؛ یادگیری ماشینی؛ ارتودنسی؛ بیماری‌های پرودنتال.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۱

تاریخ اصلاح: ۱۴۰۳/۱۱/۱۵

تاریخ ارسال: ۱۴۰۳/۰۸/۱۵

استناد به مقاله: گلکار شایان، قاسمی شایان، قرآنی امیر، ابراهیمی مهدی. مروری جامع بر استفاده از هوش مصنوعی در درمان‌های دندان پزشکی. مجله دانشکده دندان پزشکی اصفهان. ۱۴۰۴؛ ۲۱ (۱): ۹۶-۸۷.

## مقدمه

اصطلاح «هوش مصنوعی» یا (AI (Artificial Intelligence در دهه‌ی ۱۹۵۰ ابداع شد و به ایده ساخت ماشین‌هایی اشاره دارد که قادر به انجام وظایفی هستند که معمولاً توسط انسان انجام می‌شود (۱). این قابلیت هوشمند را می‌توان با مجموعه‌ای از الگوریتم‌ها پیاده‌سازی کرد. با بهبود سخت‌افزار رایانه، هوش مصنوعی می‌تواند مجموعه‌های داده بزرگ را پردازش کند، هوش مصنوعی این قابلیت را دارد که به کمک الگوریتم‌های ریاضی رفتارهایی مشابه انسان‌ها را نشان دهد و با افراد به مانند یک دوست تعامل کند. این فناوری به طور کیفی زندگی مردم را بهبود می‌بخشد و به طور مداوم بر مردم جهان تأثیر می‌گذارد (۲).

دو نوع هوش مصنوعی برای ارائه‌ی مراقبت‌های بهداشتی عمومی در حال حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرد: فیزیکی و مجازی. کاربردهای فیزیکی هوش مصنوعی به کمک روبات‌های پیشرفته یا بازوهای رباتیک خودکار صورت می‌پذیرند. به کمک قابلیت بسیار هوشمند «آموزش عمیق» در یک نرم‌افزار کامپیوتری، هوش مصنوعی در زمینه‌های مراقبت‌های بهداشتی مورد استفاده قرار گرفت. مراقبت از بیمار را می‌توان با هوش مصنوعی بهبود بخشید، که کمک تشخیصی بهتری است و خطاها را در تمرین روزانه کاهش می‌دهد. تفسیر تصاویر پزشکی به کمک سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، از طریق مدل‌های اطلس آناتومیک، به آینده یادگیری عمیق این نرم‌افزارها کمک شایانی نموده است (۴). می‌توان از داده‌های بزرگ رادیوگرافی دیجیتال در این روش استفاده نمود، زیرا پتانسیل بالایی برای بهبود فرایند تشخیص در رادیولوژی با کمک AI دارد (۵).

هوش مصنوعی، اجازه می‌دهد تا دامنه‌های داده‌های مختلف و ناهمگن را ادغام کنید؛ به عنوان مثال، تاریخچه‌ی پزشکی/دندانپزشکی، داده‌های اپیدمیولوژیک و بالینی، داده‌های رادیوگرافیک، داده‌های بیولوژیک، داده‌های شبکه‌های اجتماعی و غیره. در نتیجه می‌توان به بهترین نحو از این داده‌های چند وجهی استفاده نمود و ارتباط متقابل آن‌ها

و تأثیرشان بر سلامتی و بیماری را مورد بررسی قرار داد (۶). هوش مصنوعی ممکن است کارهای روتین را ساده کند، همچنین تعداد زمان ملاقات‌های حضور پزشکان/دندانپزشکان و بیمارانشان را کاهش دهد (مراقبت انسانی). این ساده‌سازی ممکن است علاوه بر سیستم‌های کمک تشخیصی، از طریق تشخیص و ترجمه صدا، گفتار، و متن انجام شود که به پزشکان/دندانپزشکان امکان را می‌دهد تا با بیماران ارتباط راحت‌تری داشته و دسترسی سریع‌تر و طبقه‌بندی شده‌تر به مجموعه داده‌های مراجعه‌کنندگان داشته و همچنین نیاز به ذخیره‌سازی فیزیکی سوابق را کاهش می‌دهد (۷).

هوش مصنوعی با سرعت بسیار زیادی در دندانپزشکی در حال به کارگیری می‌باشد. استفاده از هوش مصنوعی در دندانپزشکی پتانسیل بسیار زیادی به منظور افزایش کیفیت درمان و افزایش دقت و ایجاد پیشرفت در روش‌های درمانی دارد. هوش مصنوعی در دندانپزشکی برای اهداف مختلفی از جمله شناسایی ساختارهای آناتومیک و پاتولوژیک، تشخیص بیماری‌ها و پیش‌بینی نتایج درمان و انتخاب مواد و درمان‌های پیشرو ایمپلنت و دندانپزشکی دیجیتال و ساخت انواع پروتزهای ثابت و متحرک در حال تحقیق است. پیشرفت در هوش مصنوعی مزایایی مانند کاهش عوارض پس از جراحی، بهبود کیفیت زندگی و کاهش تعداد اقدامات غیر ضروری و افزایش کیفیت و دقت درمان‌ها علی‌الخصوص درمان‌های نوین دندانپزشکی دیجیتال را ارائه می‌دهد. همچنین می‌تواند نقش کمکی بزرگی برای دندانپزشکان در افزایش دقت در تشخیص و درمان را داشته باشد (۶، ۷).

در مدیریت بیماری، هوش مصنوعی به طور گسترده‌ای برای تجزیه و تحلیل نتایج درمان یا توسعه‌ی پزشکی دقیق مورد استفاده قرار گرفته است. این الگوریتم‌های نوآورانه یادگیری ماشین را می‌توان به عنوان یک ابزار تحلیلی قدرتمند در نظر گرفت که به پزشکان اجازه می‌دهد تا حالت را مفهوم‌سازی و مطالعه کنند. در یک متاآنالیز، به این نتیجه رسیدیم که استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشینی می‌تواند نتایج درمانی در درمان افسردگی را با دقت کلی ۸۲ درصد پیش‌بینی کند (۱۱).

آنالیز MRI که بر اساس یادگیری ماشینی استفاده کردند، عملکرد بسیار بالای این سیستم را با دقت ۸۶/۳ درصد بیان کردند (۱۴).

مطالعات دیگر همچنین نتیجه گرفتند که استفاده از سیستم‌های یادگیری عمیق جهت پیش‌بینی بقای بیمار، از روش‌های آماری متداول اعتبار و دقت بیشتری دارد (۱۹-۱۵). Chu و همکاران (۲۰) و Ariji و همکاران (۲۱) بر اساس سیستم‌های یادگیری عمیق (DL) به دقت ۸۴ درصد در تشخیص درگیری‌های خارج لنفاوی بر روی ۷۰۳ تصویر سی‌تی‌اسکن دست یافتند. مطالعات دیگر نیز اثربخشی یادگیری ماشینی را در پیش‌بینی متاستازهای گره‌های لنفاوی در بیماران با سرطان دهان در مراحل اولیه را نشان دادند (۲۱-۲۳).

### جراحی‌های ارتوگناتیک:

جراحی ارتوگناتیک جهت درمان مال اکلوژن‌های دندانی، دفرمیتی‌های صورت و آپنه‌ی انسدادی در هنگام خواب و نیز بهبود زیبایی و فانکشن ناحیه صورت استفاده می‌شود (۲۴). به صورت مرسوم، برنامه و طرح‌ریزی جراحی، بر اساس معاینه‌ی بالینی، آنالیزهای دو بعدی سفالومتری و اسپلینت‌های دست ساز می‌باشد (۲۴). اگرچه این پروسه‌ها نیازمند تلاش و زحمت لابراتوری فراوان می‌باشد اما دارای دقت کمتری است (۲۵-۲۸). در کنار گسترش سریع تکنولوژی و مواد، پریترهای سه بعدی، نرم افزارهای دیجیتالی و یادگیری ماشینی به صورت پیشرونده‌ای در حال گسترش در حیطه‌ی جراحی‌های ارتوگناتیک و بهبود نتایج درمان و جراحی می‌باشد (۲۴) که از این نظر کاربرد یادگیری ماشینی و هوش مصنوعی در جراحی‌های ارتوگناتیک بسیار نوید بخش است.

در مطالعه‌ی Shin و همکاران، المان‌ها و ارزیابی‌های لازم جهت جراحی را که از سفالومتری‌های لترال و قدامی-خلفی، بدست می‌آید را توسط شبکه‌ی یادگیری عمیق یا DL (Deep Learning) استخراج کردند. نتایج مطالعه نشان داد که دقت، حساسیت و اختصاصیت به ترتیب ۰/۹۵۴، ۰/۸۴۴ و ۰/۹۳۳ بود که عملکرد بسیار خوب این سیستم را نشان می‌دهد (۲۹).

در چشم پزشکی، هوش مصنوعی می‌تواند تشخیص‌ها و گزینه‌های درمانی بسیاری از بیماری‌های چشمی از جمله اکتاژی قرنیه، گلوکوم، دژنراسیون ماکولا مرتبط با سن و رتینوپاتی دیابتی را بهبود بخشد (۱۲).

استفاده از فناوری هوش مصنوعی در خدمات بهداشتی می‌تواند خلأهای علمی را پر کند و با کاهش هزینه‌ها بتواند مزایا را نیز افزایش دهد.

### شرح مقاله

مطالعه‌ی مروری انجام شده توسط جستجو در منابع الکترونیکی ISI, PubMed, Scopus, Google scholar و استفاده از کلمات هوش مصنوعی به علاوه، درمان ریشه، بدخیمی‌های دهانی، بیماری‌های لثه و جراحی فک و صورت به عنوان کلید واژه انجام شده است. معیار ورود مقالات به این مطالعه، مطالعات منتشر شده پس از سال ۲۰۲۰ که به زبان انگلیسی در نمایه‌های فوق منتشر گردیده‌اند، می‌باشد. نتایج جستجو ابتدا بر اساس عنوان و سپس بررسی خلاصه مطالعات انتخاب شدند. معیار خروج مقالات از مطالعه، مطالعات غیر مرتبط با عنوان و مطالعات مرتبط با شاخه‌های دیگر پزشکی بود. مطالعات نهایی که جهت مرور انتخاب شدند، انواعی از مطالعات اصیل از نوع گزارش مورد/ موارد و مقطعی و مطالعات مروری می‌باشند.

### بدخیمی‌های ناحیه‌ی دهان:

سرطان دهان، یکی از متداول‌ترین بدخیمی‌های ناحیه دهان، فک و و صورت می‌باشد که تأثیر بسیار مهمی بر روی میزان بقا و کیفیت زندگی بیماران مبتلا شده دارد (۱۳). با ورود و رشد در حوزه‌ی هوش مصنوعی، از یادگیری ماشینی جهت پیش‌بینی متغیرهای پروگنوستیک بیماری در خصوص گرید هیستوپاتولوژیکی بیماری، میزان بقای ۵ ساله بیمار و متاستاز به لنف نودهای گردنی و نیز متاستاز به دیگر نقاط بدن استفاده می‌شود.

Ren و همکاران، در مطالعه‌ای که بر روی ۸۰ بیمار مبتلا به سرطان سلول‌های سنگفرشی دهان انجام شد، در بررسی و

در مطالعه‌ای دیگر Lin و همکاران، از یک شبکه‌ی عصبی همگشتی (convolutional neural network) (CNN) همراه با رویکرد انتقال یادگیری بر اساس تصاویر CBCT، جهت آنالیز تقارن صورت قبل و بعد از جراحی ارتوگناتیک استفاده کردند (۳۰).

بر اساس مطالعه‌ی Knoops و همکاران، یک مدل با قابلیت نمایش و اجرا به صورت سه بعدی، یک فریم ورک طراحی شده بر اساس یادگیری ماشینی همراه با استفاده از ۴۲۱۶ اسکن سه بعدی از افراد سالم داوطلب و نیز کاندید جراحی ارتوگناتیک تهیه شدند. مدل نهایی دقت بسیار بالایی را با حساسیت و ویژگی ۹۵/۵ و ۹۵/۲ درصد را به ترتیب نشان داد که یک شبیه سازی بسیار موفق به شمار می آید (۳۱).

### درمان‌های ارتودنسی:

مدت کوتاهی است که استفاده از هوش مصنوعی برای کمک به طرح درمان در ارتودنسی استفاده می شود (۳۲). هوش مصنوعی یک ابزار بسیار عالی جهت کمک به ارتودنتیست برای انتخاب بهترین مسیر حرکت دندان‌ها، به عنوان مثال حرکت یک یا گروهی از دندان‌ها از نقطه‌ای به نقطه دیگر می باشد. در این سیستم ارتودنتیست می تواند توسط ماشین هوش مصنوعی، موقعیت نهایی دندان‌ها را مشخص کند. این امر از آن جهت مهم است که در روش های مرسوم، درمان به میزان بسیار زیادی وابسته به مهارت فردی ارتودنتیست می باشد و ممکن است بسیاری از متخصصین، آموزش ها و تجربه‌ی لازم را به اندازه‌ی کافی کسب نکرده باشند (۳۲). در این موارد هوش مصنوعی می تواند به میزان زیادی به دندان پزشک کمک کند، اگرچه محدودیت های متعددی نیز همچنان در درمان با الاینه های ارتودنسی توسط این روش وجود دارد (۳۲).

یکی از مشکلات هوش مصنوعی در درمان های امروزه‌ی ارتودنسی این است که الگوریتم های هوش مصنوعی آنالیزها و نسبت های صورتی بیماران و نیز زیبایی را در نظر نمی گیرند (۳۳، ۳۴). ارتباط بسیار مستقیم و مهمی بین درمان های ارتودنسی و زیبایی صورت وجود دارد. تنها یک

ارتودنتیست ماهر و با تجربه این آنالیزها را می تواند انجام دهد، زیرا حرکت دندان در هر فضایی مرتبط با زیبایی صورت و لبخند می باشد (۳۵). در مطالعه‌ای که توسط Shan و همکاران در خصوص ارزیابی نیاز جهت درمان ارتودنسی انجام دادند، سیستمی از داده های ارتودنسی را بر اساس شبکه Bayesian طراحی کردند و درصد بسیار بالایی از هم نظری با ارتودنتیست ها را بدست آوردند (۳۶).

### بیماری های پریدونتال:

بیماری پریدونتال یک بیماری پیچیده و چند وجهی است که توسط فاکتورهای مختلفی که همزمان اثر خودشان را می گذارند ایجاد می شود (۳۶). با تمرکز بر رادیوگرافی های پری اپیکال، شبکه‌ی عصبی پیچشی (CNN)، در مطالعه‌ی Lee و همکاران، توانست به دقت ۸۱ و ۷۶/۷ درصد در تشخیص دندان های مولر و پره مولر درگیر دست پیدا کند (۳۷). ماشین بردار پشتیبان (SVM) و الگوریتم تصمیم درخت (DT) در تقسیم بندی پریدونشیم سالم، ژینژیویت، پریدونتیت مزمن و پریدونتیت مهاجم توانست همراه با در نظر گرفتن و ادغام کردن تاریخچه‌ی پزشکی بیمار، اطلاعات بالینی و رادیوگرافی ها، عملکرد خوبی را نشان دهد (۳۶). اگرچه نقش دقیق پاسخ های ایمنولوژیک و ترکیبات میکروبی به عنوان اتیولوژی پریدونتیت به طور کامل مشخص نشده است، سیستم های طبقه بندی که بر اساس هوش مصنوعی عملکرد دارند، مانند شبکه‌ی عصبی ادراکی چندلایه که بر روی لکوسیت ها، اینترلوکین ها و تیتراهای آنتی بادی IgG تمرکز می کنند، عملکرد رضایت بخشی را در افتراق پریدونتیت حاد از مزمن نشان دادند (۳۸).

در مطالعه‌ای Yaune و همکاران، از یک سیستم هوش مصنوعی مبتنی بر شبکه عصبی پیچشی (CNN) استفاده کردند تا بهداشت ضعیف بافت پریدونتال را با سلامت عمومی بدن مرتبط سازند. آنان گزارش کردند که هوش مصنوعی می تواند جهت تشخیص به صورت اتوماتیک و همچنین غربال گری سایر بیماری ها مؤثر واقع شود (۳۹).

### کاربرد هوش مصنوعی در درمان ریشه:

استفاده از هوش مصنوعی در درمان ریشه، بیشتر در

یا چند ریشه بودن ریشه‌ی دیستال دندان‌های مولر فک پایین دارند (۴۶).

### شکستگی عمودی ریشه:

شکستگی‌های عمودی ریشه (Vertical root fracture) VRF، حدود ۲ تا ۵ درصد از تمام شکستگی‌های تاج و ریشه را شامل می‌شود و به عنوان یک مشکل عمده که در نهایت منجر به کشیدن دندان و یا جداسازی ریشه‌ی مربوطه می‌شود، در نظر گرفته می‌شود (۴۷، ۴۸). اغلب استفاده از CBCT و رادیوگرافی‌های دیگر می‌تواند جهت تشخیص شکستگی عمودی ریشه کمک کننده باشد (۴۰)، اما به دلیل حساسیت پایین رادیوگرافی‌های مرسوم، تشخیص شکستگی‌های عمودی ریشه یک مشکل بسیار بزرگ برای کلینیسین‌ها می‌باشد. اغلب اوقات عدم تشخیص صحیح بیماری منجر به کشیدن دندان و یا یک پروسه جراحی اضافی خواهد شد (۴۰).

Talwar و همکاران در متاآنالیز خود گزارش کردند که مدالیت CBCT در تشخیص شکستگی‌های عمودی ریشه در دندان‌های پر نشده و رادیوگرافی‌های معمول در دندان‌های با پرکردگی ریشه نسبت به CBCT بهتر عمل کردند (۴۸).

Fukuda و همکاران در مطالعه‌ی خود بیان کردند که شبکه‌های عصبی همگشتی (CNN)، می‌تواند به عنوان یک ابزار نویدبخش در تشخیص شکستگی‌های ریشه مفید واقع شود (۴۹). در مطالعه‌ای دیگر نیز Vicory و همکاران در ۲۲ دندان شکستگی‌های کوچکی را ایجاد کردند و از ۱۵ دندان سالم به عنوان گروه کنترل استفاده کردند. روش بررسی آن‌ها استفاده از ریزموج‌ها و یادگیری ماشینی بود. نتیجه‌ی مطالعه نشان داد که میکرو CT‌ها نسبت به CBCT دقت بالاتری در تشخیص شکستگی‌های ریشه دارند (۵۰).

نویسندگان این مطالعه گزارش کردند که ارزش اخباری مثبت یادگیری ماشینی نسبت به تفسیر فردی، بالاتر می‌باشد. همچنین بیان کردند که انجام مطالعات آینده مشابهی با جامعه آماری بالاتر می‌تواند مفید باشد.

خصوص تشخیص ضایعات پری اپیکال، شکستگی‌های ریشه و تاج، تعیین طول کارکرد و شناسایی مورفولوژی استفاده می‌شود (۴۰).

تعیین طول صحیح کارکرد، یک امر مهم در دستیابی به نتایج موفقیت‌آمیز پس از درمان ریشه می‌باشد. روش‌های مختلفی از جمله استفاده از رادیوگرافی، واکنش بیمار هنگام استفاده از فایل و یا کن کاغذی هنگامی که وارد کانال ریشه می‌شود و نیز استفاده از آپکس لوکتورهای الکترونیکی و استفاده از CBCT جهت تعیین طول کارکرد هنگام درمان ریشه وجود دارد (۴۱، ۴۴).

به طور کلی استفاده از آپکس لوکتورها و رادیوگرافی کاربرد بیشتری در هنگام کار کلینیکی دارند (۴۰). در مطالعه‌ای که Saghiri و همکاران انجام دادند، به تعیین طول کارکرد به وسیله‌ی شبکه‌های عصبی مصنوعی (Artificial neural network) ANN در جسد انسان پرداختند تا محیط بالینی را شبیه‌سازی کنند. نتیجه آن بود که تفاوتی میان تعیین طول کارکرد توسط هوش مصنوعی و اندازه‌ی واقعی کانال‌ها پس از خارج‌سازی دندان‌ها وجود نداشت. همچنین آنان گزارش کردند که عملکرد شبکه‌ی عصبی مصنوعی جهت تعیین تنگه اپیکالی ۹۶ درصد بود که ۲۰ درصد بیشتر از میزانی است که یک اندودنتیست با استفاده از رادیوگرافی پری اپیکال تعیین می‌کند. بنابراین استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی می‌تواند یک روش دقیق جهت تعیین طول کارکرد باشد (۴۵).

مورد بعدی جهت دستیابی به یک درمان ریشه موفق آگاهی داشتن از سیستم کانال ریشه می‌باشد (۴۰). به طور کلی برای شناسایی کانال ریشه از رادیوگرافی‌های مرسوم و CBCT استفاده می‌شود که CBCT دقت بالایی‌تری را در این امر دارد اما به دلیل دز اشعه‌ی بالا به طور معمول در درمان‌های ریشه از آن استفاده نمی‌شود (۴۰). Hiraiwa و همکاران در مطالعه‌ی خود گزارش کردند که سیستم‌های یادگیری عمیق (DL) دقت بالایی در تشخیص افتراقی یک



## بحث

هوش مصنوعی و سیستم‌های کامپیوتری، اخیراً در حوزه‌ی درمان‌های دندان پزشکی توجه بسیاری را جلب کرده‌اند (۵۱). کاربردهای دندان پزشکی به طور بالقوه می‌توان از هوش مصنوعی انتظار داشت شناسایی ضایعات پیش بدخیمی و متاستازها، بهبود کیفیت رادیولوژی دهان، فک و صورت، افزایش میزان موفقیت در درمان‌های ارتودنسی و درمان ریشه می‌باشد (۵۲، ۵۹).

تصویربرداری تشخیصی، تدریجاً با به کارگیری هوش مصنوعی قصد افزایش حساسیت و ویژگی را تشخیص دارد. هوش مصنوعی کاربرد بسیار خوبی در تصویر برداری تشخیصی به دلیل اینکه ماشین‌های هوش مصنوعی می‌توانند به خوبی با الگوها ارتباط برقرار کنند را دارد (۲).

دندان پزشکی، یک حیطه‌ی بسیار خوب جهت استفاده از الگوریتم‌های مجازی هوش مصنوعی به دلیل اینکه از تصاویر و تاریخچه‌های الکترونیکی در آن استفاده می‌شود، می‌باشد (۳۶). جنبه‌ی دیگر استفاده از هوش مصنوعی تشخیص و طبقه‌بندی استوآرتریت‌ها در بیماری‌های مفصل فکی می‌باشد. مطالعاتی بیان کردند که هوش مصنوعی می‌تواند، داده‌هایی را بر اساس شدت بیماری و درگیری مفصل فکی ارائه و طرح درمان مناسبی را نیز بیان کند (۶۰).

هوش مصنوعی می‌تواند باعث مؤثر تر کردن و افزایش کارآمدی جلسات ملاقات بیمار و دندان پزشک بشود (۶۱)، به طوری که شناسایی صدا، کلام و نوشتار باعث می‌شود تا دندان پزشک زمان کمتری را برای نگه‌داری سوابق بیمار انجام دهد و نیز سوابق به طور کارآمدتری ذخیره می‌شوند (۷). همچنین هوش مصنوعی می‌تواند باعث شود تا به روزرسانی اطلاعات سلامت بیماران که توسط شرح حال و غیره انجام می‌شود توسط خودشان صورت بگیرد که این موضوع باعث می‌شود تا خودمراقبتی بیماران تقویت شود. این امر می‌تواند مشکلات ناشی از مراجعه نکردن بیماران به

خصوص در پیگیری بیماری‌های مزمن مانند بیماری‌های لته را تا حدودی کمتر سازد (۶۱).

در اغلب شرایط، هنگام درمان بیماران، تنها دانش و تجربه‌ی دندان پزشک می‌تواند معاینات بالینی همچون ارزیابی تاریخچه‌ی پزشکی، نتایج زیبایی که ممکن است حاصل شود و نیز گفتگو با بیمار در خصوص درمان را به انجام برساند (۹). همچنین باید توجه داشت که یک رابطه‌ی خوب بین بیمار و دندان پزشک زمانی شکل می‌گیرد که دندان پزشک بتواند یک ارزیابی غیر کلامی از بیمار خود همچون میزان استرس، خواسته‌ها و انتظارات وی داشته باشد (۶۱).

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بیان شده به نظر می‌رسد که هوش مصنوعی بتواند رشد بیشتری در حوزه‌ی درمان‌های دندان پزشکی پیدا کند و باعث ارتباط بیشتری میان دندان پزشکی، بیماری‌های سیستمیک و رکوردهای الکترونیکی بشود. این ارتباط باعث ایجاد یک قوام، شفافیت و انسجام بیشتری خواهد شد که هم باعث بهبود نتایج درمان می‌شود و هم باعث ارتباط مؤثرتر میان بیمار و دندان پزشک خواهد شد. همچنان چالش‌های زیادی بر سر استفاده از هوش مصنوعی است و احتمالاً پیشرفت هوش مصنوعی تا حدودی زیادی بتواند در تشخیص و طرح درمان به دندان پزشکان در آینده کمک کند. با توجه به اینکه این حوزه، سابقه‌ی زیادی ندارد، همچنان مطالعات بسیار بیشتری نیاز است تا جنبه‌های مختلفی که هوش مصنوعی دقیقاً می‌تواند در درمان‌های کلینیکی به ما کمک کند را مشخص کند. همچنان که هوش مصنوعی پیشرفت می‌کند لازم است تا این تحقیقات ادامه یابند و نیز پاسخ اصلی پیرامون این موضوع که در نهایت آیا هوش مصنوعی می‌تواند جایگزین دندان پزشکان بشود یا خیر. با توجه به قسمت بحث بیان شده در این مطالعه و شواهد کنونی موجود خیر به نظر می‌رسد.

## References

- Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial intelligence in dentistry: chances and challenges. *J Dent Res* 2020; 99(7): 769-74.
- Chen YW, Stanley K, Att W. Artificial intelligence in dentistry: current applications and future perspectives. *Quintessence Int* 2020; 51(3): 248-57.
- Hornik K. Approximation capabilities of multilayer feedforward networks. *Neural Netw* 1991; 4(2): 251-7.
- Savadjiev P, Chong J, Dohan A, Vakalopoulou M, Reinhold C, Paragios N, et al. Demystification of AI-driven medical image interpretation: past, present and future. *Eur Radiol* 2019; 29(3): 1616-24.
- Thrall JH, Li X, Lxi Q, et al. Artificial intelligence and machine learning in radiology: opportunities, challenges, pitfalls, and criteria for success. *J Am Coll Radiol* 2018; 15(3 Pt B): 504-8.
- Naylor CD. 2018. On the prospects for a (deep) learning health care system. *JAMA* 320(11): 1099-100.
- Israni ST, Verghese A. Humanizing artificial intelligence. *JAMA* 2019; 321(1): 29-30.
- Fiandaca MS, Mapstone M, Mahmoodi A, Gross T, Macciardi F, Cheema AK, et al. Plasma metabolomic biomarkers accurately classify acute mild traumatic brain injury from controls. *PLoS One* 2018; 13(4): e0195318.
- Krittanawong C, Zhang H, Wang Z, Aydar M, Kitai T. Artificial intelligence in precision cardiovascular medicine. *J Am Coll Cardiol* 2017; 69(21): 2657-64.
- Chiappelli F, Balenton N, Khakshooy A. Future innovations in viral immune surveillance: a novel place for bioinformatics and artificial intelligence in the administration of health care. *Bioinformatics* 2018; 14(5): 201-5.
- Lee Y, Ragguett RM, Mansur RB, Boutilier JJ, Rosenblat JD, Trevizol A, et al. Applications of machine learning algorithms to predict therapeutic outcomes in depression: A meta-analysis and systematic review. *J Affect Disord* 2018; 241: 519-32.
- Hogarty DT, Mackey DA, Hewitt AW. Current state and future prospects of artificial intelligence in ophthalmology: a review. *Clin Exp Ophthalmol* 2019; 47(1): 128-39.
- Okada K, Rysavy S, Flores A, Linguraru MG. Noninvasive differential diagnosis of dental periapical lesions in cone-beam CT scans. *Med Phys* 2015; 42(4): 1653-65.
- Ren J, Qi M, Yuan Y, Duan S, Tao X. Machine learning-based MRI texture analysis to predict the histologic grade of oral squamous cell carcinoma. *AJR Am J Roentgenol* 2020; 215(5): 1184-90.
- Alkhadar H, Macluskey M, White S, Ellis I, Gardner A. Comparison of machine learning algorithms for the prediction of five-year survival in oral squamous cell carcinoma. *J Oral Pathol Med* 2021; 50(4): 378-84.
- Karadaghy OA, Shew M, New J, Bur AM. Development and assessment of a machine learning model to help predict survival among patients with oral squamous cell carcinoma. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* 2019; 145(12): 1115-20.
- Fujima N, Andreu-Arasa VC, Meibom SK, Mercier GA, Salama AR, Truong MT, Sakai O. Deep learning analysis using FDG-PET to predict treatment outcome in patients with oral cavity squamous cell carcinoma. *Eur Radiol* 2020; 30(11): 6322-30.
- Kim DW, Lee S, Kwon S, Nam W, Cha IH, Kim HJ. Deep learning-based survival prediction of oral cancer patients. *Sci Rep* 2019; 9: 6994.
- Pan X, Zhang T, Yang Q, Yang D, Rwigema JC, Qi XS. Survival prediction for oral tongue cancer patients via probabilistic genetic algorithm optimized neural network models. *Br J Radiol* 2020; 93(1112): 20190825.
- Chu CS, Lee NP, Ho JWK, Choi SW, Thomson PJ. Deep learning for clinical image analyses in oral squamous cell carcinoma: A review. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* 2021; 147(10): 893-900.
- Ariji Y, Sugita Y, Nagao T, Nakayama A, Fukuda M, Kise Y, et al. CT evaluation of extranodal extension of cervical lymph node metastases in patients with oral squamous cell carcinoma using deep learning classification. *Oral Radiol* 2020; 36(2): 148-55.
- Jeyaraj PR, Samuel Nadar ER. Computer-assisted medical image classification for early diagnosis of oral cancer employing deep learning algorithm. *J Cancer Res Clin Oncol* 2019; 145(4): 829-37.
- Bur AM, Holcomb A, Goodwin S, Woodroof J, Karadaghy O, Shnayder Y, et al. Machine learning to predict occult nodal metastasis in early oral squamous cell carcinoma. *Oral Oncol* 2019; 92: 20-5.
- Yan KX, Liu L, Li H. Application of machine learning in oral and maxillofacial surgery. *Artificial Intelligence in Medical Imaging*. 2021 Dec 28;2(6):104-14.
- Lee SJ, Yoo JY, Woo SY, Yang HJ, Kim JE, Huh KH, Lee SS, Heo MS, Hwang SJ, Yi WJ. A complete digital workflow for planning, simulation, and evaluation in orthognathic surgery. *J Clin Med* 2021; 10(17): 4000.



26. Shaheen E, Sun Y, Jacobs R, Politis C. Three-dimensional printed final occlusal splint for orthognathic surgery: design and validation. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2017; 46(1): 67-71.
27. Fawzy HH, Choi JW. Evaluation of virtual surgical plan applicability in 3D simulation-guided two jaw surgery. *J Craniomaxillofac Surg* 2019; 47(6): 860-6.
28. Lin HH, Lonic D, Lo LJ. 3D printing in orthognathic surgery - A literature review. *J Formos Med Assoc* 2018; 117(7): 547-58.
29. Shin W, Yeom HG, Lee GH, Yun JP, Jeong SH, Lee JH, et al. Deep learning based prediction of necessity for orthognathic surgery of skeletal malocclusion using cephalogram in Korean individuals. *BMC Oral Health* 2021; 21: 130.
30. Lin HH, Chiang WC, Yang CT, Cheng CT, Zhang T, Lo LJ. On construction of transfer learning for facial symmetry assessment before and after orthognathic surgery. *Comput Methods Programs Biomed* 2021; 200: 105928.
31. Knoops PGM, Papaioannou A, Borghi A, Breakey RWF, Wilson AT, Jeelani O, et al. A machine learning framework for automated diagnosis and computer-assisted planning in plastic and reconstructive surgery. *Sci Rep* 2019; 9: 13597.
32. Faber J, Faber C, Faber P. Artificial intelligence in orthodontics. *APOS Trends Orthod* 2019; 9(4): 201-5.
33. Suphatheerawat T, Chamnannidiadha N. Esthetic perception of facial profile contour in patients with different facial profiles. *J World Fed Orthod* 2019; 8: 112-7.
34. Jeelani W, Fida M, Shaikh A. The maxillary incisor display at rest: Analysis of the underlying components. *Dental Press J Orthod* 2018; 23(6): 48-55.
35. Sriphadungporn C, Chamnannidiadha N. Perception of smile esthetics by laypeople of different ages. *Prog Orthod* 2017; 18(1): 8.
36. Shan T, Tay FR, Gu L. Application of artificial intelligence in dentistry. *J Dent Res* 2021; 100(3): 232-44.
37. Lee JH, Kim DH, Jeong SN, Choi SH. Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *J Periodontal Implant Sci* 2018; 48(2): 114-23.
38. Feres M, Louzoun Y, Haber S, Faveri M, Figueiredo LC, Levin L. Support vector machine-based differentiation between aggressive and chronic periodontitis using microbial profiles. *Int Dent J* 2018; 68(1): 39-46.
39. Yauney G, Rana A, Wong LC, Javia P, Muftu A, Shah P. Automated process incorporating machine learning segmentation and Correlation of Oral Diseases with Systemic Health. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc* 2019; 2019: 3387-93.
40. Aminoshariae A, Kulild J, Nagendrababu V. Artificial intelligence in endodontics: current applications and future directions. *J Endod* 2021; 47(9): 1352-7.
41. Seidberg BH, Alibrandi BV, Fine H, Logue B. Clinical investigation of measuring working lengths of root canals with an electronic device and with digital-tactile sense. *J Am Dent Assoc* 1975; 90(2): 379-87.
42. Connert T, H € ulber JM, Godt A, et al. Accuracy of endodontic working length determination using cone beam computed tomography. *Int Endod J* 2014; 47(7): 698-703.
43. Serna-Peña G, Gomes-Azevedo S, Flores-Treviño J, Madla-Cruz E, Rodríguez-Delgado I, Martínez-González G. In vivo evaluation of 3 electronic apex locators: Root ZX Mini, Apex ID, and Propex Pixi. *J Endod* 2020; 46(2): 158-61.
44. Saghiri MA, Asgar K, Boukani KK, Lotfi M, Aghili H, Delvarani A, et al. A new approach for locating the minor apical foramen using an artificial neural network. *Int Endod J* 2012; 45(3): 257-65.
45. Saghiri MA, Garcia-Godoy F, Gutmann JL, Lotfi M, Asgar K. The reliability of artificial neural network in locating minor apical foramen: a cadaver study. *J Endod* 2012; 38(8): 1130-4.
46. Hiraiwa T, Arijji Y, Fukuda M, Kise Y, Nakata K, Katsumata A, Fujita H, et al. A deep-learning artificial intelligence system for assessment of root morphology of the mandibular first molar on panoramic radiography. *Dentomaxillofacial Radiology* 2019; 48(3): 20180218.
47. Fuss Z, Lustig J, Katz A, Tamse A. An evaluation of endodontically treated vertical root fractured teeth: impact of operative procedures. *J Endod* 2001; 27(1): 46-8.
48. Talwar S, Utneja S, Nawal RR, Kaushik A, Srivastava D, Oberoy SS. Role of cone-beam computed tomography in diagnosis of vertical root fractures: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2016; 42(1): 12-24.
49. Fukuda M, Inamoto K, Shibata N, Arijji Y, Yanashita Y, Kutsuna S, et al. Evaluation of an artificial intelligence system for detecting vertical root fracture on panoramic radiography. *Oral Radiol* 2020; 36(4): 337-43.
50. Vicory J, Chandradevan R, Hernandez-Cerdan P, Huang WA, Fox D, Qdais LA, et al. Dental microfracture detection using wavelet features and machine learning. *Proc SPIE Int Soc Opt Eng* 2021; 11596: 115961R.

51. Sachdeva S, Mani A, Vora H, Saluja H, Mani S, Manka N. Artificial intelligence in periodontics: A dip in the future. *J Cell Biotechnol* 2021; 7(2): 119-24.
52. Khanagar SB, Al-Ehaideb A, Maganur PC, Vishwanathaiah S, Patil S, Baeshen HA, et al. Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry - A systematic review. *J Dent Sci* 2021; 16(1): 508-22.
53. Mahmood H, Shaban M, Indave BI, Santos-Silva AR, Rajpoot N, Khurram SA. Use of artificial intelligence in diagnosis of head and neck precancerous and cancerous lesions: A systematic review. *Oral Oncol* 2020; 110: 104885.
54. Nagi R, Aravinda K, Rakesh N, Gupta R, Pal A, Mann AK. Clinical applications and performance of intelligent systems in dental and maxillofacial radiology: A review. *Imaging Sci Dent* 2020; 50(2): 81-92.
55. Choi EM, Park BY, Noh HJ. Efficacy of mobile health care in patients undergoing fixed orthodontic treatment: A systematic review. *Int J Dent Hyg* 2021; 19(1): 29-38.
56. Maffulli N, Rodriguez HC, Stone IW, Nam A, Song A, Gupta M, et al. Artificial intelligence and machine learning in orthopedic surgery: a systematic review protocol. *J Orthop Surg Res* 2020; 15(1): 478.
57. Indovina P, Barone D, Gallo L, Chirico A, De Pietro G, Giordano A. Virtual Reality as a Distraction Intervention to Relieve Pain and Distress During Medical Procedures: A Comprehensive Literature Review. *Clin J Pain* 2018; 34(9): 858-77.
58. Renton T. Dental (Odontogenic) Pain. *Rev Pain* 2011; 5(1): 2-7.
59. Schwendicke FA, Samek W, Krois J. Artificial intelligence in dentistry: chances and challenges. *J Dent Res* 2020; 99(7): 769-74.
60. Ribera NT, De Dumast P, Yatabe M, Ruellas A, Ioshida M, Paniagua B, Styner M, Gonçalves JR, Bianchi J, Cevitanes L, Prieto JC. Shape variation analyzer: a classifier for temporomandibular joint damaged by osteoarthritis. *Proc SPIE Int Soc Opt Eng* 2019; 10950: 517-23.
61. Agrawal P, Nikhade P, Nikhade PP. Artificial intelligence in dentistry: past, present, and future. *Cureus* 2022; 14(7): e27405.