



Diagnosis of Temporomandibular Joint Disorders: New Imaging Methods Combined with Artificial Intelligence

Moluk Aivazi*

Assistant Professor, Department of Biomedical Engineering, Apadana Institute of Higher Education, Shiraz, Iran

**Maryam Ghaseminezhad
Ghasraldashti**

Bachelor of Science in Biomedical Engineering, Apadana Institute of Higher Education, Shiraz, Iran

Abstract

Temporomandibular joint disorders are the second most common musculoskeletal disorder that causes pain and dysfunction of the temporomandibular joints and masticatory muscles. Pain, decreased range of motion, deviation in opening and closing the mouth, and joint sounds or clicking are among the most important symptoms of this condition. Since the temporomandibular joint plays an important role in chewing, swallowing, and speech, and its dysfunction negatively affects the quality of life, it is important to understand the methods of diagnosis and treatment. Common imaging techniques used in the evaluation of the temporomandibular joint include: plain radiography, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI). Today, with rapid advances in technology, computer-based studies and artificial intelligence approaches have found their place in every field, especially in the medical sector, where they are attracting a lot of attention. Various studies have diagnosed temporomandibular joint disorders using artificial intelligence to facilitate diagnosis and support clinical decisions. This study reviews imaging methods and their combination with artificial intelligence for the diagnosis of temporomandibular joint disorders.

Keywords: Temporomandibular joint disorders, artificial intelligence, MRI, C-T

Received: 01/May/2026

Accepted: 19/June/2026

eISSN: 3115-7610

ISSN: 3115-7572

تشخیص اختلالات مفصل گیجگاهی فکی: روش‌های نوین تصویربرداری در ترکیب با هوش مصنوعی

ملوک عیوضی*

استادیار گروه مهندسی پزشکی، مؤسسه آموزش عالی آپادانا، شیراز، ایران

مریم قاسمی نژاد قصرالدشتی

کارشناسی رشته مهندسی پزشکی، مؤسسه آموزش عالی آپادانا، شیراز، ایران

چکیده

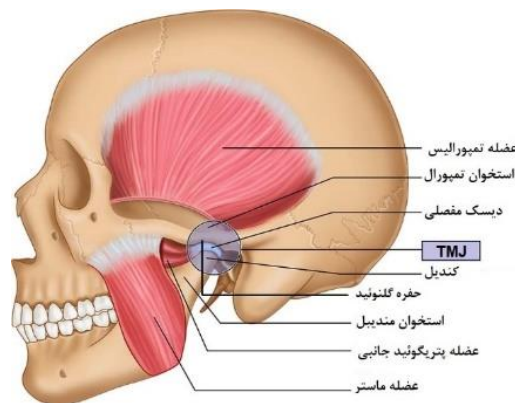
اختلالات مفصل گیجگاهی فکی، دومین عارضه اسکلتی عضلانی شایع است که سبب درد و اختلال عملکرد مفاصل گیجگاهی فکی و ماهیچه‌های جونده می‌شود. درد، کاهش دامنه حرکتی، انحراف در باز و بسته شدن دهان، صداهای مفصلی یا کلیک، از مهم‌ترین علائم این عارضه هستند. از آنجا که مفصل گیجگاهی فکی نقش مهمی در جویدن، بلع و گفتار دارد و اختلال عملکرد آن بر کیفیت زندگی تاثیر منفی می‌گذارد، شناخت روش‌های تشخیص و درمان آن حائز اهمیت می‌باشد. تکنیک‌های رایج تصویربرداری مورد استفاده در ارزیابی مفصل گیجگاهی فکی عبارت‌اند از: رادیوگرافی معمولی، توموگرافی کامپیوتری (CT)، تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI). امروزه با پیشرفت‌های سریع در فناوری، مطالعات مبتنی بر کامپیوتر و رویکردهای هوش مصنوعی جایگاه خود را در هر زمینه‌ای پیدا کرده‌اند، به‌ویژه در بخش پزشکی، جایی که توجه زیادی را به خود جلب می‌کنند. مطالعات مختلف اختلالات مفصل گیجگاهی فکی را با استفاده از هوش مصنوعی به‌منظور تسهیل تشخیص و حمایت از تصمیمات بالینی تشخیص داده‌اند. در این مطالعه به مروری بر روش‌های تصویربرداری و ترکیب آن‌ها با هوش مصنوعی در جهت تشخیص اختلالات مفصل گیجگاهی فکی پرداخته می‌شود.

کلیدواژه‌ها: اختلالات مفصل گیجگاهی فکی، هوش مصنوعی، CT، MRI

مقدمه

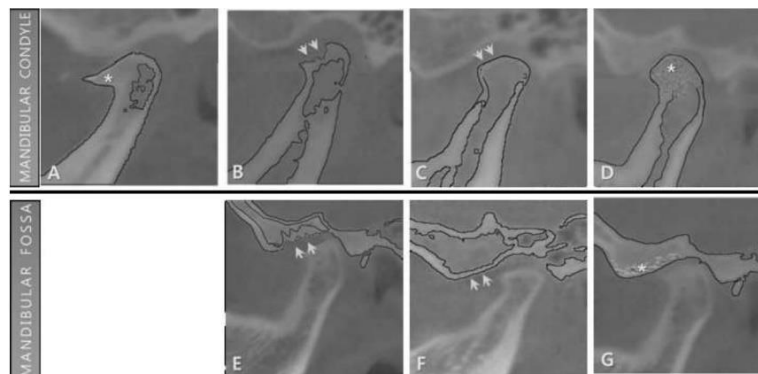
مفصل گیجگاهی فکی یک مفصل سینوویال دوطرفه بین کندیل فک پایین و حفره گلوئید و برجستگی مفصل استخوان تمپورال است و همانند تمامی مفاصل متحرک بدن، توسط غضروف مفصلی پوشیده شده است. جزء محدود مفاصل متصل به دیسک داخلی (ناحیه دولامینار متشکل از فیبرهای الاستیک شل، بافت چربی و عروق خونی) می‌باشد که عمدتاً از الیاف کلاژن تشکیل شده است. مفصل TMJ^۱ به طور کامل توسط کپسول مفصلی احاطه شده است (شکل ۱).

تعادل و حمایت مفصل گیجگاهی فکی توسط عضلات جونده مانند عضله ماستر، عضله پتریگوئید، عضله تمپورالیس و لیگامان‌های مفصل صورت می‌گیرد. عضلات جونده سبب می‌شوند مندیبل در جای صحیح خود یعنی در حفره گلوئید قرار گیرد. به طور خاص، عضله پتریگوئید جانبی که به کندیل و دیسک متصل است، به باز و بسته شدن فک کمک می‌کند.



شکل ۱. آناتومی مفصل گیجگاهی فکی و ماهیچه‌های جونده [۱]

هنگامی که این ساختارها در یک راستا قرار نگیرند، اعمال عضلات صاف که شامل جویدن، صحبت کردن، خمیازه کشیدن و بلعیدن است، به درستی صورت نمی‌گیرد. این اتفاق باعث بروز مشکلاتی می‌شود که رایج‌ترین آن‌ها به سه گروه اصلی اختلالات سیستم جونده (درد یا حرکت غیرطبیعی ماهیچه‌ها)، استئوآرتریت مفصل (شکل ۲) (دژنراسیون و تغییرات مورفولوژیک کندیل فک پایین) و اختلالات داخلی (دررفتگی فک یا جابه‌جایی دیسک) تقسیم می‌شوند.



شکل ۲. تغییرات استخوانی کندیل شامل (a) زائده استخوانی (b) سائیدگی (c) مسطح شدن (d) اسکروز و تغییرات استخوانی حفره مندیبولار شامل (e) سائیدگی (f) صاف شدن (g) اسکروز [۲]

علت TMD^۱ مربوط به آسیب فک و مفصل، موقعیت نامناسب دندان‌ها و وضعیت نادرست سر و گردن است؛ اما امروزه عوامل محیطی، عاطفی، روانی-اجتماعی در بروز این اختلال دخیل هستند و در واقع زمینه بروز اختلالات TMJ چندعاملی در نظر گرفته می‌شود. در موارد کمتر TMJ ممکن است توسط طیفی از شرایط مادرزادی، رشدی و اکتسابی از جمله تروما و نتوپلازا درگیر شود [۱]. بروز هم‌زمان استرس و اضطراب در بیماران علائم TMD را تشدید می‌کند. فشردن ناخودآگاه و دندان‌قروچه باعث ریز تروما در دندان‌ها، ماهیچه‌ها و مفاصل می‌شود [۲].

بیماران مبتلا به TMD اغلب با درد، حرکت محدود یا نامتقارن فک پایین و صداهای مفصلی مراجعه می‌کنند. در صورتی که معاینه فیزیکی مفصلی که شامل اندازه‌گیری محدوده حرکتی مندیبل، بررسی نحوه حرکت مندیبل، سمع مفصل و لمس ناحیه مفصلی است، به نفع TMD باشد، ارزیابی‌های رادیولوژیک در مقاطع مختلف ارائه می‌شود. در حال حاضر چندین روش تصویربرداری مانند رادیوگرافی معمولی، توموگرافی کامپیوتری و تصویربرداری رزونانس مغناطیسی در بررسی اختلالات مفصل گیجگاهی فکی استفاده می‌شود.

پیشینه پژوهش

رادیوگرافی ساده اولین نوع تصویربرداری است که به وسیله تابش اشعه ایکس (x-ray) انجام می‌شود. اشعه ایکس تصاویر دوبعدی را ارائه می‌دهد که امکان تجسم استخوان‌ها را فراهم می‌کند و به شناسایی دژنراسیون مفصل، استئوآرتریت یا ناهنجاری‌های ساختاری در مفصل کمک می‌کند [۶].

سی‌تی اسکن تصویربرداری سه‌بعدی از ساختارهای استخوانی، غضروف و بافت‌های اطراف TMJ را امکان‌پذیر می‌کند. این روش دقیق‌ترین رادیوگرافی جهت بررسی اجزای استخوانی و مفصلی است. در مطالعه‌ای که توسط احمد و همکاران صورت گرفت، توموگرافی کامپیوتری (CT)^۲ استاندارد طلایی برای تشخیص تغییرات استخوانی مفصل گیجگاهی فکی بوده است، زیرا یکپارچگی پوشش استخوان قشر مغز و ساختار استخوانی زیرین کندیل را می‌توان مشاهده کرد.

تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI)^۳ تکنیکی است که با استفاده از پرتوهای غیر یونیزان، تصاویری با کنتراست و وضوح بافتی بالا تولید می‌کند [۳]. جابه‌جایی دیسک، شکل غیرطبیعی دیسک و افیوژن مفصل در MRI معمولی قابل تشخیص است [۷]. بیانچی و همکاران تکنیک‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای تشخیص استئوآرتریت مفصل گیجگاهی فکی، با تمرکز ویژه بر روش‌های علم داده مورد استفاده برای پردازش تصویر را بررسی کردند. در سال‌های اخیر، فناوری پیشرفت‌های سریعی را تجربه کرده است و کاربرد گسترده آن در حال حاضر تقریباً همه حوزه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. توانایی انجام وظایف متعدد به صورت آنلاین، میزان داده‌های تولید شده روزانه را به میزان قابل توجهی افزایش داده است. هوش مصنوعی را می‌توان به عنوان فرایند انتقال هوش انسانی به رایانه‌ها تعریف کرد. یادگیری ماشین (ML)^۴ شاخه‌ای از هوش مصنوعی است که از طریق یادگیری از داده‌ها عمل می‌کند. یادگیری عمیق (DL)^۵ زیرمجموعه‌ای از ML است که در حوزه‌های مختلف از جمله پردازش تصویر، تشخیص اشیا و طبقه‌بندی به میزان قابل توجهی اثربخش است. متداول‌ترین تکنیک‌های DL، شبکه عصبی کانولوشن (CNN)^۶، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)^۷ و درخت تصمیم است.

1. temporomandibular joint disorders
2. computed tomography
3. magnetic resonance imaging
4. machine learning
5. deep learning
6. convolutional neural network
7. artificial neural network

CNN ها نوعی از الگوریتم‌های یادگیری عمیق هستند که برای تجزیه و تحلیل داده‌های تصویری توسعه یافته‌اند. از آن‌ها به منظور وظایفی همچون: طبقه‌بندی که داده‌های تصویر ورودی را به عنوان کلاس‌های از پیش آموزش دیده (مانند بیماری یا عادی) شناسایی می‌کند. تشخیص که منطقه مورد نظر (منطقه غیرطبیعی) را تعیین می‌کند و تقسیم‌بندی که مناطق مورد نظر را به عنوان مرزهای پیکسلی شناسایی می‌کند، می‌توان استفاده کرد [۴]. ANN برای تقلید از اتصالات عصبی در مغز استفاده می‌شود. این شبکه شامل لایه‌هایی از گره‌های به هم پیوسته هستند که داده‌ها را پردازش کرده و به لایه بعدی منتقل می‌کند [۶]. درخت‌های تصمیم ابزارهای خوبی هستند که نتایج را در ساختار درختی ارائه می‌دهند که به راحتی قابل تفسیر است، زمان کمتری می‌گیرد و می‌تواند به درک تعاملات بین ویژگی‌های مختلف کمک کند. نوع و کیفیت داده، اندازه مجموعه و همچنین تنوع در مجموعه داده مورد استفاده برای آموزش یادگیری ماشین و الگوریتم‌های آن از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است؛ زیرا بر عملکرد سیستم در شناسایی و طبقه‌بندی بدون سوگیری نسبت به نوع خاصی از TMD تأثیر می‌گذارد. جدیدترین فناوری‌های هوش مصنوعی برای حمایت از پزشکان در تشخیص TMD با استفاده از انواع مختلف داده‌ها، مانند تصاویر تشخیصی پزشکی، تصاویر ویدئویی، ردیابی حرکت فک، سوابق پزشکی الکترونیکی (EMR)^۱ و نشانگرهای زیستی معرفی شده‌اند [۴]. به سبب اینکه مطالعات از معیارهای مختلف انتخاب بیمار، زیرشاخه‌های بیماری و داده‌های ورودی متفاوت استفاده کرده‌اند؛ عملکرد مدل‌های هوش مصنوعی متفاوت است. این مطالعه به بررسی روش‌های تشخیصی تصویربرداری در ترکیب با هوش مصنوعی جهت مشکلات TMJ می‌پردازد.

بحث

تشخیص بیماری‌های مرتبط با TMJ معمولاً به مشاهدات و تفاسیر پزشکان بستگی دارد. جایی که تخصص پزشک به طور قابل توجهی بر روند تشخیصی تأثیر می‌گذارد. توجه به این نکته حائز اهمیت است که این فرایندهای تشخیصی زمان بسیاری را از پزشکان می‌طلبد. از این رو، انتخاب تکنیک و روش مناسب تصویربرداری و توسعه سیستم‌های تشخیص خودکار، می‌تواند سرعت و دقت تشخیص بیماری را افزایش دهد. همچنین می‌تواند به طور چشمگیری از پیشرفت روند بیماری جلوگیری کند. در ادامه این مطالعه تکنیک‌های تصویربرداری رایج و رویکردهای مبتنی بر رایانه به ویژه هوش مصنوعی که امروزه پیشرفت‌های امیدوارکننده‌ای در حوزه پزشکی داشته است، بررسی می‌شود.

OPG^۲

عکس OPG ابزاری مؤثر به منظور غربالگری اولیه TMJ است (شکل ۳) که نمای پانورامای گسترده از دندان، فک‌ها و TMJ را ارائه می‌دهد. اشعه ایکس از ناحیه مفصل گیجگاهی فکی عبور کرده و توسط یک آشکارساز، تشخیص داده می‌شود. سیگنال اشعه ایکس ضعیف شده به سیگنال الکتریکی و سپس به تصاویر OPG تبدیل می‌شود [۸]. به دلیل روی هم قرار گرفتن ساختارهای استخوانی پوشاننده و انحراف متغیر کندیل، OPG در ارزیابی ناهنجاری‌های استخوانی TMJ ارزش محدودی دارد [۷]. مطالعات نشان داده‌اند که OPG فقط می‌تواند سائیدگی ظاهری، اسکروز و زائده‌های استخوانی را تشخیص دهد [۸]. با این حال، چوی و همکاران مدل هوش مصنوعی را ارائه کردند که تشخیص TMJOA^۳ در OPG تا حد حساسیت تشخیص متخصص با استفاده از توموگرافی کامپیوتری با پرتو مخروطی محقق شود [۹]. کیم و همکاران رادیوگرافی پانورامیک را در ترکیب با الگوریتمی برای تشخیص خودکار

1. electronic medical records

2. orthopantomogram

3. temporomandibular joint osteoarthritis

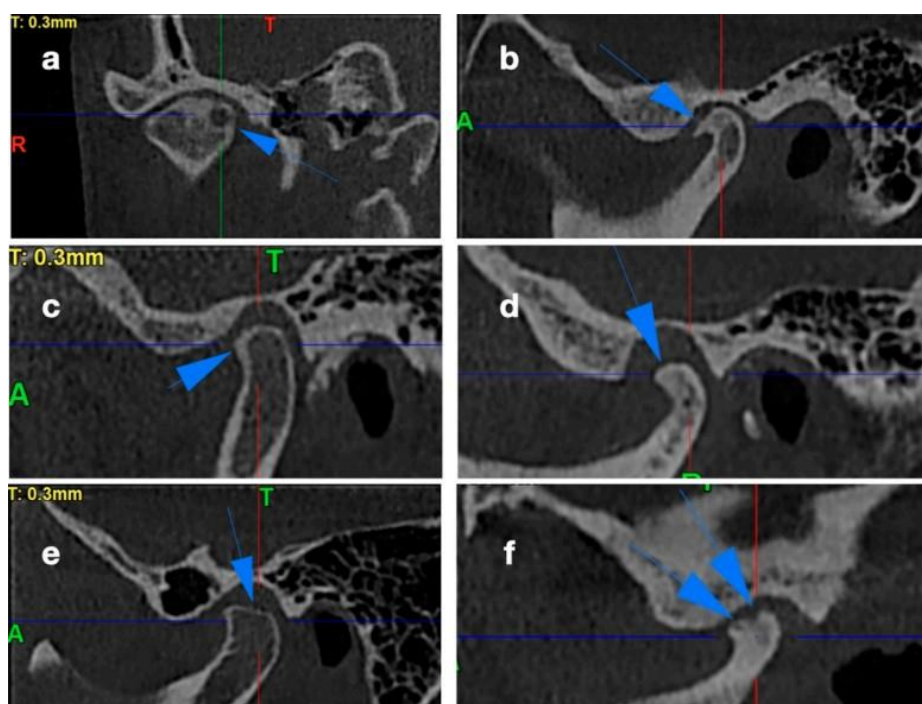
کندیل‌ها و طبقه‌بندی استئوآرتریت استفاده کردند که دقت، حساسیت و ویژگی را به ترتیب ۰/۸۴، ۰/۵۴ و ۰/۹۴ نشان داد [۴]. جانگ و همکاران با دسته‌بندی تصاویر پانوراما از TMJ به موارد عادی و استئوآرتریت با استفاده از مدل‌های از پیش آموزش دیده، یک ابزار تشخیصی ایجاد کردند [۵].



شکل ۳. رایوگرافی OPG برای بررسی TMD [۷].

CBCT

CBCT مزایای سی‌تی اسکن و اشعه ایکس پانوراما را ترکیب می‌کند و تصاویر سه‌بعدی با وضوح بالا و دوز تشعشع کمتر در مقایسه با سی‌تی اسکن سنتی ارائه می‌دهد [۶]. ارزیابی دقیق تغییرات استخوانی با استفاده از CBCT امکان‌پذیر است بنابراین، استاندارد طلایی برای TMJOA در نظر گرفته می‌شود [۴]. CBCT برای تشخیص ساختارهای استخوانی مفصل گیجگاهی فکی از جمله ارزیابی شکل سطوح مفصلی، سر کندیل و عرض فضای مفصلی اختصاص داده شده است [۱۰] (شکل ۴).

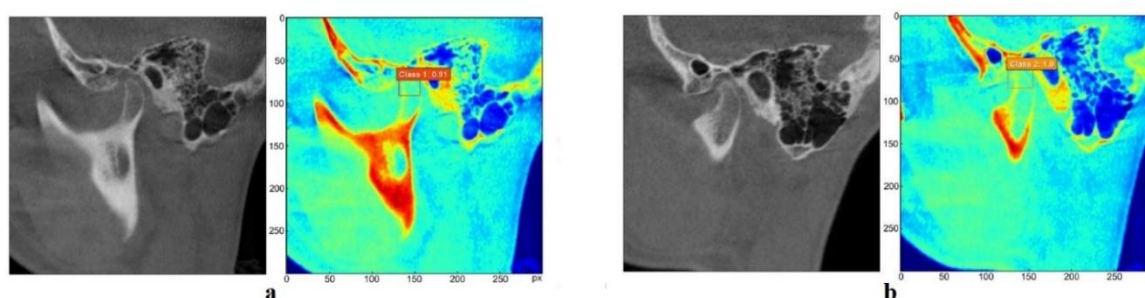


شکل ۴. تغییرات استئوآرتریت در توموگرافی کامپوتری با پرتو مخروطی مفصل گیجگاهی فکی: (a) کیست زیر قشری، (b) زائده استخوانی، (c) اسکروز زیر قشری، (d) اسکروز عمومی، (e) صاف شدن سطح مفصلی، (f) سائیدگی [۱۰]

دوماست و همکاران یک سیستم مبتنی بر وب برای ذخیره، یکپارچه‌سازی و محاسبه داده‌های زیست‌پزشکی ساختند. آن‌ها مدل‌های سطح‌کندیل سه‌بعدی را از CBCT ساختند. سپس از تحلیل گر تغییر شکل و طبقه‌بندی شبکه عصبی عمیق برای تشخیص استئوآرتریت مفصل گیجگاهی فکی استفاده کردند و نهایتاً به توافق ۹۱٪ بین پزشک و طبقه‌بندی کننده دست یافتند [۵].

لی و همکاران یک ابزار تشخیصی متشکل از هوش مصنوعی با مدل تشخیص شی‌تک شات، برای شناسایی خودکار TMJOA معمولی، نامعین برای TMJOA در تصاویر CBCT استفاده کردند (شکل ۵). دقت این مدل ۰/۸۵ بود که نشان‌دهنده پایداری آن می‌باشد [۱۱].

از الگوریتم‌های DL برای تشخیص TMJOA با تشخیص تغییرات شکل‌کندیل با استفاده از تصاویر CBCT استفاده شده است [۴].

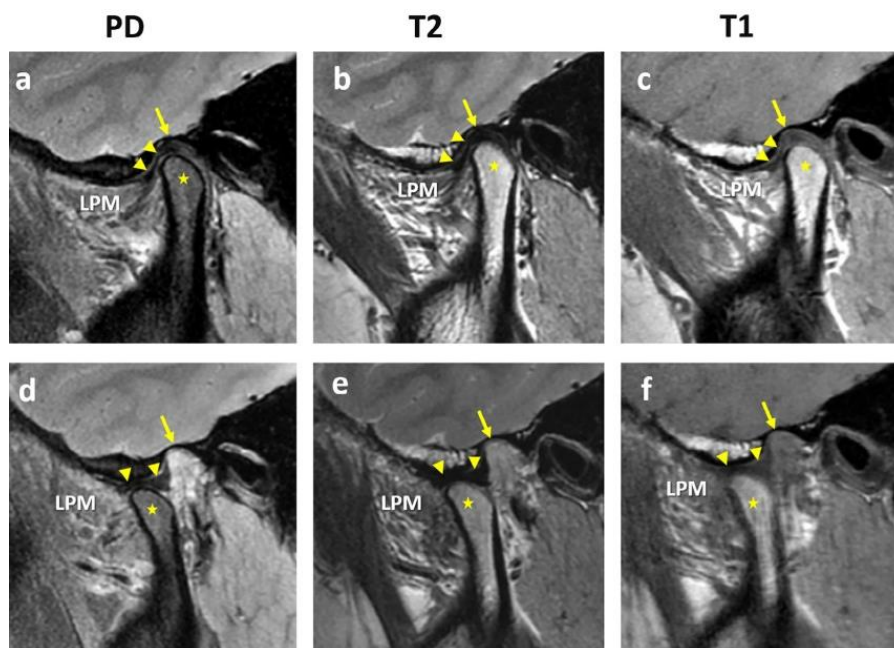


شکل ۵. نتایج مدل هوش مصنوعی لی و همکاران: (a) شناسایی سر کندیل (جعبه قرمز) و طبقه‌بندی آن به‌عنوان نامشخص (b) شناسایی سر کندیل (جعبه نارنجی) و طبقه‌بندی آن به‌عنوان TMJOA [۱۱]

MRI^۱

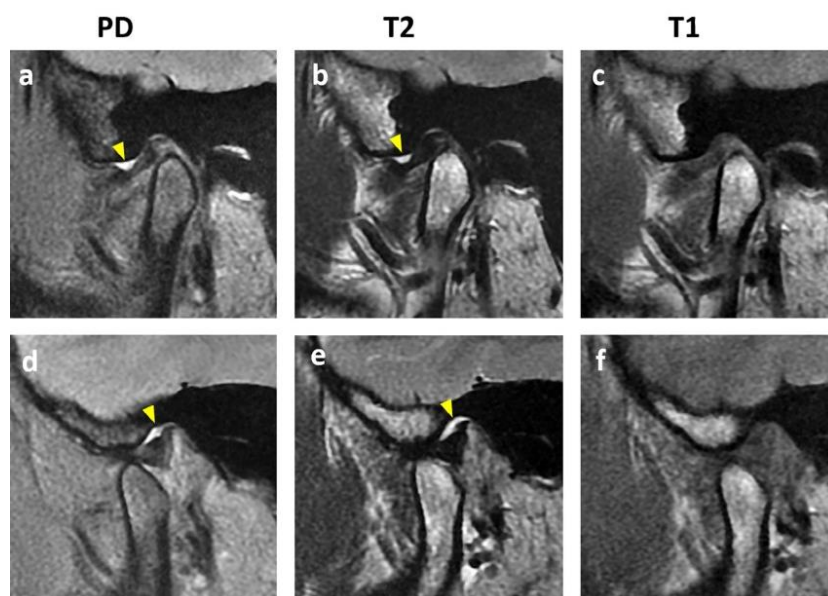
اصل تشدید مغناطیسی هسته‌ای همان چیزی است که MRI از آن استفاده می‌کند. فرکانس رادیویی، هسته‌های درون یک میدان مغناطیسی خارجی را برای تولید سیگنال و تبدیل آن به تصویر پزشکی، تحریک می‌کند [۹]. MRI معمولی TMD معمولاً با اسکن‌های ۱/۵ یا ۳/۰ تسلا با سیم‌پیچ سر یا سیم‌پیچ سطحی TMJ انجام می‌شود. معاینه بالینی اغلب شامل تصویربرداری استاتیک با وزن T₁، تصویربرداری با وزن T₂ و تصویربرداری با وزن تراکم پروتون (PD^۲) در موقعیت‌های دهان باز و بسته است که معمولاً توسط یک توالی اسپینکو سریع (FSE^۳) ایجاد می‌شود [۷]. اسکن دهان بسته با هدف تعیین موقعیت عملکردی کندیل در حفره فک پایین انجام می‌شود، موقعیتی که با معیارهای دندان‌دانی تعریف می‌شود. از سوی دیگر، اسکن دهان باز برای تعیین میزان حرکت سر کندیل در حین باز شدن دهان عمل می‌کند [۶]. به‌طور معمول، دیسک نرمال TMJ از دو سمت مقرر است که در T₁، T₂ و PD به‌صورت کم‌شدت ظاهر می‌شود. بافت‌های نرم ناحیه دولامینار و عضله پتریگوئید جانبی سیگنال متوسطی را در T₂ نشان می‌دهند اما همچنان کمتر از T₁ در یک TMJ طبیعی است. علاوه بر این، قشر کندیل و برجستگی مفصلی هیچ سیگنالی در MRI نشان نمی‌دهد، درحالی‌که مغز استخوان، سیگنال نسبتاً بالایی را به‌دلیل محتوای چربی بالاتر نشان می‌دهد (شکل ۶).

1. magnetic resonance imaging
2. proton density
3. fast spin echo



شکل ۶. MRI معمولی TMJ طبیعی در موقعیت دهان بسته (a-c) و موقعیت دهان باز (d-f)، آناتومی استاتیک TMJ و عضلات مربوطه را نشان می‌دهد. دیسک TMJ (مثلث)، حفره مندیبل (فلش)، کندیل فک پایین (ستاره) و عضله پتریگوئید جانبی (LPM) [۶].

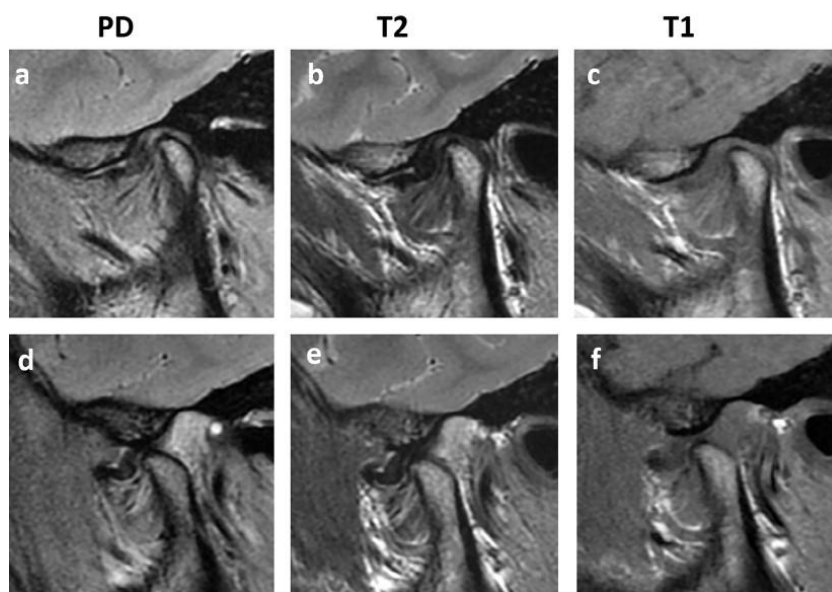
جابه‌جایی دیسک، شکل غیرطبیعی دیسک و افیوژن مفصل نیز در MRI معمولی قابل تشخیص است. دیسک مفصلی اغلب به سمت جلو جابه‌جا می‌شود و معمولاً با تجزیه و تحلیل موقعیت نسبی دیسک و کندیل در صفحه ساژیتال و موقعیت دهان باز و بسته در دو حالت جابه‌جایی دیسک با کاهش (DDwR^۱) و جابه‌جایی دیسک بدون کاهش (DDw/oR^۲) طبقه‌بندی می‌شود (شکل‌های ۷ و ۸).



شکل ۷. MRI معمولی یک بیمار با افیوژن مفصل (مثلث) و جابه‌جایی دیسک با کاهش (DDWR) درد و موقعیت دهان بسته (a-c) و دهان باز (d-f) [۱۰].

1. disc displacement with reduction
2. disc displacement without reduction

علاوه بر این، تغییرات مادرزادی و پاتولوژیک شکل دیسک را می‌توان به خوبی در MRI با تغییرات غیرطبیعی دو محدب، شکل چین خورده، شکل نامنظم و غیره به تصویر کشید (شکل ۷).



شکل ۸. MRI معمولی از یک بیمار با شکل غیرطبیعی دیسک و جابه‌جایی دیسک بدون کاهش (DDw/oR) در موقعیت دهان بسته (a-c) و موقعیت دهان باز (d-f) [۱۰]

علی‌رغم مزایای فراوان توموگرافی رزونانس مغناطیسی، گروهی از موارد منع مطلق وجود دارد که از انجام این آزمایش جلوگیری می‌کند، ازجمله: ضربان‌سازهای قابل کاشت، گیره‌های جراحی فرومغناطیسی روی عروق مغزی، محرک‌های عصبی، کاشت حلزون، دستگاه‌های دارورسانی زیرجلدی کاشته شده، برخی از انواع قلب دریچه‌ها، اجسام خارجی فلزی در داخل چشم، دستگاه‌های فعال شده مغناطیسی، یا پروتزهای مفصلی فرومغناطیسی [۱۰].

تحقیقات اخیر توسط لی و همکاران بیان کرد که تکنیک MRI با زمان اکو صفر (EZT)^۱ ممکن است از نظر بالینی برای ارزیابی تغییرات استخوانی در اختلالات مفصل گیجگاهی فکی مفید باشد. نویسندگان از یک اسکنر ۳ تسلا با سیم‌پیچ سر ۲۱ کانال استفاده کردند. اگرچه معاینه براساس گروه کوچکی از بیماران (۲۰ نفر) بود، اما توالی ZTE در ارزیابی هم‌زمان دیسک TMJ و تغییرات استخوانی امیدوارکننده به نظر می‌رسید [۳].

در مطالعه‌ای توسط اورهان و همکاران اثربخشی یک مدل ML پیشنهادی در طبقه‌بندی آسیب‌شناسی TMJ بر روی تصاویر MR بررسی شد [۶].

کوهن و همکاران تصویربرداری را در ۷ تسلا در مقابل ۳ تسلا تجزیه و تحلیل کردند و دریافتند اگرچه هر دو روش نسبت سیگنال به نویز مشابهی داشتند، اما دید دیسک مفصلی در تصویربرداری ۷ تسلا به‌طور قابل توجهی بهتر بود [۱۰]. جئون و همکاران یک رویکرد ردیابی خودکار حرکت را برای تجزیه و تحلیل ویدئوهای باز و بسته شدن دهان معرفی کردند و رابطه بین نتایج به‌دست آمده از این سیستم و موقعیت دیسک در MRI را بررسی کردند. سیستمی که آن‌ها ابداع کردند شامل دو مرحله اصلی بود: تشخیص خودکار نشانک لب‌های بالا و پایین از روی فیلم‌ها و نمایش گرافیکی مکان‌های شناسایی شده با نتایج نظارت خودکار محاسبه شده (ارتفاع و عرض). گروه‌های موقعیت دیسک تعیین شده از داده‌های MRI به‌منظور ارزیابی تمام نتایج نظارت شده استفاده شد. براساس نتایج به‌دست آمده، سیستم قابل اعتماد تلقی شد [۱۲].

روش‌های تصویربرداری غیرتهاجمی OPG، CBCT و MRI به‌طور گسترده در تشخیص TMD استفاده می‌شود. انتخاب روش مناسب تصویربرداری در مراحل مختلف تشخیص بیماری حائز اهمیت است. MRI و CBCT برای ارزیابی دقیق ساختار مفصل گیجگاهی فکی انتخاب می‌شوند زیرا می‌توانند تغییرات استخوانی مانند سائیدگی، زائده‌های استخوانی و اسکروز را شناسایی کنند. CBCT روش ارجح ارزیابی استخوان در مقایسه با MRI است و در تشخیص آرتروز TMJ بهتر عمل می‌کند. MRI همچنین به‌دلیل مزایایی که در ارزیابی استخوان دارد، اغلب در مطالعات TMJOA استفاده می‌شود. MRI نه‌تنها مورفولوژی کندیل را ارزیابی می‌کند، بلکه ناهنجاری‌های مغزاستخوان را نیز شناسایی می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که CBCT در تشخیص تغییرات دژنراتیو استخوان نسبت به MRI و OPG دقت بالاتری دارد [۸]. CBCT نسبت به MRI در ارزیابی قشر مفصلی برتری دارد، اما همچنین مشخص شده است که دقت MRI به استاندارد تجهیزات و نیز به تجربه ناظر بستگی زیادی دارد [۲].

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعات نشان می‌دهد که الگوریتم‌های هوش مصنوعی توسعه‌یافته برای تشخیص خودکار TMD می‌تواند به‌عنوان یک ابزار پشتیبانی تصمیم برای پزشکان استفاده شود. اگرچه هوش مصنوعی همچنان در تشخیص خودکار کاستی‌هایی دارد و مدل‌های مختلف در دقت متفاوت هستند، اما میانگین دقت بالا همچنان آن را به ابزاری کمکی برای جلوگیری از تشخیص اشتباه یا تشخیص نادرست تبدیل می‌کند.

منابع

1. Festa F, Rotelli C, Scarano A, Navarra R, Caulo M, Macrì M. Functional magnetic resonance connectivity in patients with temporomandibular joint disorders. *Front Neurol*. 2021;12:629211.
2. Whyte A, Boeddinghaus R, Bartley A, Vijayaendra R. Imaging of the temporomandibular joint. *Clin Radiol*. 2020.
3. Lee C, Jeon KJ, Han SS, Kim YH, Choi YJ, Lee A, et al. CT-like MRI using the zero-TE technique for osseous changes of the TMJ. *Dentomaxillofac Radiol*. 2020;49:20190272.
4. Jha N, Lee KS, Kim YJ. Diagnosis of temporomandibular disorders using artificial intelligence technologies: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2022;17(8):e0272715.
5. Almășan O, Leucuța DC, Hedeșiu M, Mureșanu S, Popa SL. Temporomandibular joint osteoarthritis diagnosis employing artificial intelligence: Systematic review and meta-analysis. *J Clin Med*. 2023;12:942.
6. Ozsari S, Güzel MS, Yılmaz D, Kamburoğlu K. A comprehensive review of artificial intelligence based algorithms regarding temporomandibular joint related diseases. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13:2700.
7. Xiong X, Ye Z, Tang H, Wei Y, Nie L, Wei X, et al. MRI of temporomandibular joint disorders: Recent advances and future directions. In: 2020 International Society for Magnetic Resonance in Medicine; 2020.
8. Xu L, Chen J, Qiu K, Yang F, Wu W. Artificial intelligence for detecting temporomandibular joint osteoarthritis using radiographic image data: A systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy. 2023.
9. Choi E, Kim D, Lee JY, et al. Artificial intelligence in detecting temporomandibular joint osteoarthritis on orthopantomogram. *Sci Rep*. 2021;11:10246.
10. Derwich M, Mitus-Kenig M, Pawłowska E. Interdisciplinary approach to the temporomandibular joint osteoarthritis—Review of the literature. 2020.
11. Lee KS, Kwak HJ, Oh JM, Jha N, Kim YJ, Kim W, et al. Automated detection of TMJ osteoarthritis based on artificial intelligence. *J Dent Res*. 2020;99:1363-7.

12. Jeon KJ, Kim YH, Ha EG, Choi HS, Ahn HJ, Lee JR, et al. Quantitative analysis of the mouth opening movement of temporomandibular joint disorder patients according to disc position using computer vision: A pilot study. Quant Imaging Med Surg. 2022;12:1909.

