دانشنامه علمی چاوش طب آذین · chavoshteb.ir · به‌روزرسانی ۲۷ آبان ۱۴۰۵

# پوسیدگی ثانویه در مجاورت ترمیم‌ها: دقت روش‌های رادیوگرافیک و هوش مصنوعی

پوسیدگی ثانویه در فراتحلیل ۲۳ مطالعه با روش‌های بصری، رادیوگرافیک و فلورسانس لیزری با حساسیت ۰٫۵۰ تا ۰٫۵۹ و ویژگی ۰٫۷۸ تا ۰٫۸۳ تشخیص داده شد. رادیواپاسیته ماده ترمیمی بر تشخیص مثبت کاذب اثر دارد و در فراتحلیل هوش مصنوعی، حساسیت تجمیعی ۷۶٫۸۳٪ و ویژگی ۸۴٫۴۳٪ با شواهد محدود و ناهمگون گزارش شد.

**نکات کلیدی این مقاله**

- در فراتحلیل ۲۳ مطالعه، روش‌های بصری، رادیوگرافیک و فلورسانس لیزری حساسیت ۰٫۵۰ تا ۰٫۵۹ و ویژگی ۰٫۷۸ تا ۰٫۸۳ داشتند.[۱]
- بیشتر مطالعات دقت، آزمایشگاهی بودند و خطر سوگیری بالا داشتند.[۱]
- ماده ترمیمی بر تشخیص رادیوگرافیک اثر داشت، اما سامانه تصویربرداری اثری نداشت.[۳]
- الگوریتم یادگیری عمیق روی ۴۲۵ بایت‌وینگ، برای پوسیدگی ثانویه به سطح زیر منحنی FROC ۰٫۸۰۴ رسید.[۲]
- در فراتحلیل ۹ مطالعه هوش مصنوعی، حساسیت تجمیعی ۷۶٫۸۳٪ و ویژگی ۸۴٫۴۳٪ بود.[۶]

پوسیدگی ثانویه عارضه دیررس اصلی ترمیم‌های دندانی است که عمر ترمیم را محدود می‌کند و با مداخله‌های مکرر هزینه ایجاد می‌کند.[۱] تشخیص دقیق آن برای برآورد بار واقعی بیماری و انتخاب درمان مناسب ضروری است، اما مرز ماده ترمیمی و ساختار دندان در رادیوگرافی، تفسیر را دشوار می‌کند. این مقاله شواهد دقت روش‌ها را برای رادیولوژیست دهان و فک مرور می‌کند.

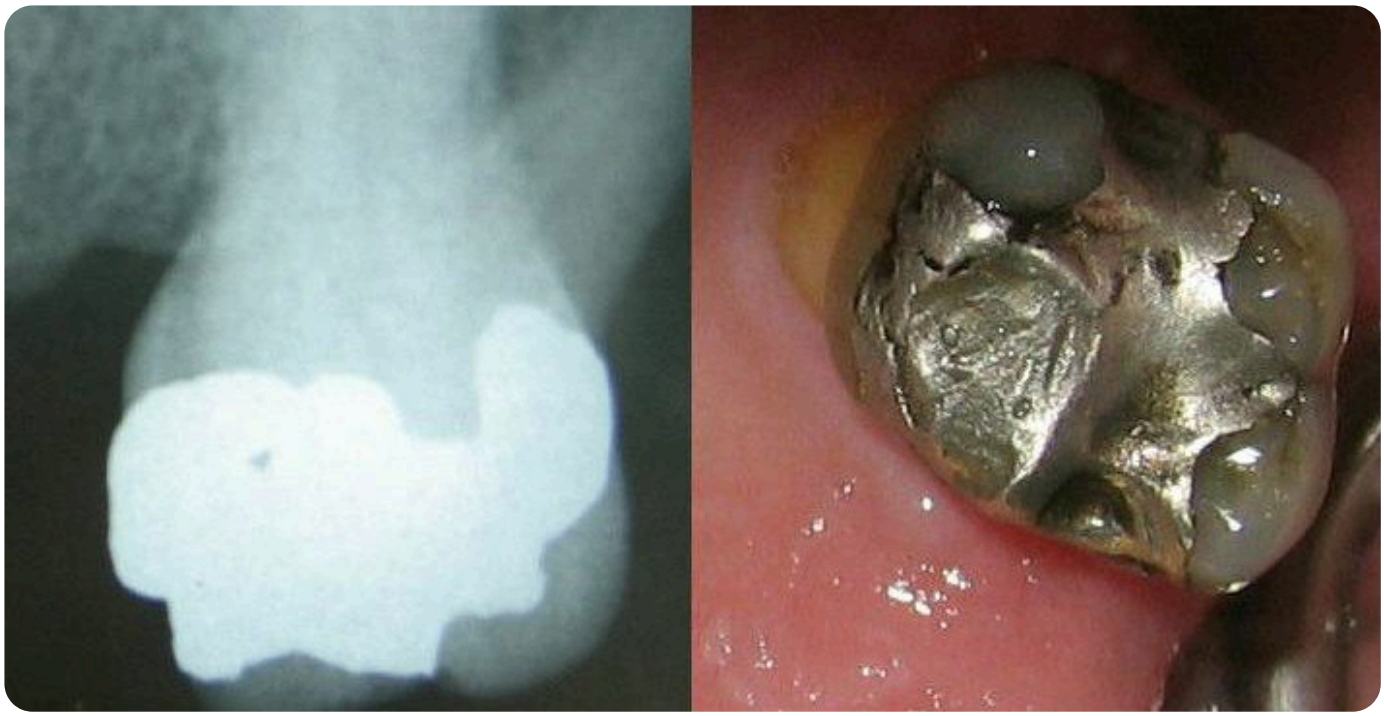
**فهرست مطالب**

1. پوسیدگی ثانویه و اهمیت تشخیص آن
2. دقت روش‌های تشخیص در فراتحلیل
3. اثر ماده ترمیمی بر تفسیر رادیوگرافیک

4. ارتباط بالینی مطالعات دقت
5. هوش مصنوعی در تشخیص پوسیدگی ثانویه
6. نکات تفسیر و گزارش پوسیدگی ثانویه
7. جدول جمع‌بندی نکات
8. پرسش‌های متداول
9. جمع‌بندی
10. مطالعه مرتبط در دانشنامه
11. منابع

## پوسیدگی ثانویه و اهمیت تشخیص آن

Chaves و همکاران پوسیدگی ثانویه در مجاورت ترمیم‌ها را از علل اصلی شکست ترمیم دانستند که برای پیامد درمانی مطلوب به روش‌های تشخیصی دقیق نیاز دارد. راهبرد سنتی تشخیص بر معاینه بصری و تکمیل آن با رادیوگرافی تکیه دارد.[۲]



ترمیم آمالگام گسترده؛ مواد ترمیمی رادیواپک می‌توانند تشخیص رادیوگرافیک پوسیدگی ثانویه در لبه ترمیم را دشوار کنند. تصویر: DRosenbach، Wikimedia Commons؛ مالکیت عمومی، با برش و تغییر اندازه.

## دقت روش‌های تشخیص در فراتحلیل

Brouwer و همکاران از ۱۱۷۹ مطالعه غربال‌شده، ۲۳ مطالعه را وارد کردند. بیشتر مطالعات آزمایشگاهی و روی دندان‌های خلفی دائمی بودند و خطر سوگیری بالا یا نگرانی کاربردپذیری داشتند. ضایعات در ۱۴ مطالعه پروگزیمال بودند و در ۱۶ مطالعه در مجاورت آمالگام قرار داشتند.[1]

روش‌های بصری (۱۱ مطالعه)، رادیوگرافیک (۱۳ مطالعه) و فلورسانس لیزری (۸ مطالعه) حساسیت مشابه ۰٫۵۰ تا ۰٫۵۹ و ویژگی ۰٫۷۸ تا ۰٫۸۳ داشتند. ارزیابی لمسی دقت پایینی داشت و فلورسانس نوری کمّی روی سطوح غیرپروگزیمال حساس اما با ویژگی پایین بود.[1]

**دقت روش‌های تشخیص پوسیدگی ثانویه در فراتحلیل**

| روش | تعداد مطالعات | یافته |
|---|---|---|
| **بصری** | ۱۱ | حساسیت ۰٫۵۰ تا ۰٫۵۹؛ دقیق‌تر روی سطوح غیرپروگزیمال |
| **رادیوگرافیک** | ۱۳ | حساسیت ۰٫۵۰ تا ۰٫۵۹؛ ویژگی ۰٫۷۸ تا ۰٫۸۳ |
| **فلورسانس لیزری** | ۸ | دقیق‌تر در مجاورت کامپوزیت |
| **لمسی** | ۷ | دقت پایین |
| **فلورسانس نوری کمّی** | ۳ | حساس روی سطوح غیرپروگزیمال، ویژگی پایین |

منبع: Brouwer و همکاران، J Dent Res 2016؛ بازه حساسیت و ویژگی برای سه روش بصری، رادیوگرافیک و فلورسانس لیزری مشترک گزارش شده است.

> «با وجود اینکه پوسیدگی ثانویه مشکل بالینی و بهداشت عمومی دندان قابل‌توجهی است، تشخیص آن تنها در چند مطالعه با اعتبار و کاربردپذیری محدود ارزیابی شده است.»
>
> “Despite being a significant clinical and dental public health problem, detection of secondary caries lesions has been assessed by only a few studies with limited validity and applicability.”
>
> — Brouwer و همکاران، J Dent Res 2016[1]

## اثر ماده ترمیمی بر تفسیر رادیوگرافیک

### رادیواپاسیته و تشخیص مثبت کاذب

Pedrosa و همکاران در مطالعه آزمایشگاهی روی حفره‌های کلاس II مولرهای سوم سالم، اثر لاینرهای رزینی مختلف را بر تشخیص مثبت کاذب پوسیدگی ثانویه در فیلم و دو سامانه دیجیتال بررسی کردند. گروهی که بیشترین تشخیص پوسیدگی ثانویه را داشت، کمترین پاسخ صحیح را نیز داشت، در حالی که سامانه‌های تصویربرداری برای هر ماده نتایج مشابهی دادند.[۳]

> «ماده ترمیمی بر تشخیص تصویربرداری ضایعات پوسیدگی ثانویه اثر داشت؛ سامانه تصویربرداری اثری نداشت. موادی با رادیواپاسیته بیشتر از مینا برای تشخیص منفی واقعی مطلوب بودند.»
>
> “The restorative material was found to have an influence on the diagnosis of secondary caries lesions by imaging. The imaging system had no influence. Materials with greater radiopacity, higher than that of enamel, were favourable for a true-negative diagnosis.”
>
> — Pedrosa و همکاران، Dentomaxillofac Radiol 2011[۳]

### اثر باند ماخ در مرز ترمیم و دندان

Yeung در تحلیل ۷۷ انتشار دندانی نشان داد که اثر باند ماخ بیشتر در بخش بحث مقالات و در ارتباط با تشخیص پوسیدگی در اتصال مینا و عاج و مرز ماده ترمیمی و ساختار دندان ذکر شده است. تنها ۸ انتشار تصویر رادیوگرافیک این اثر را نشان دادند و ۳ مورد آن را مستقیماً بررسی کردند.[۴]

## ارتباط بالینی مطالعات دقت

Signori و همکاران ۱۹ مطالعه از ۳۰۸۹ مطالعه جست‌وجوشده را بررسی کردند. معیارهای تشخیصی متفاوت بود، تنها حدود نیمی از مطالعات تشخیص را به تصمیم درمانی مرتبط کردند و پیامدهای بیمارمحور بررسی نشده بود. ضایعات مینایی در ۲۸٫۶٪ مطالعات به روش رادیوگرافیک و در ۶۹٫۲٪ به روش بصری ارزیابی شدند.[۵]

## هوش مصنوعی در تشخیص پوسیدگی ثانویه

Chaves و همکاران با ۴۲۵ بایت‌وینگ از ۳۸۳ بیمار در ۷ مطب عمومی، الگوریتمی بر پایه معماری Mask-RCNN با ستون Swin Transformer توسعه دادند. سطح زیر منحنی FROC برای پوسیدگی اولیه و ثانویه ۰٫۸۰۶ و ۰٫۸۰۴ و امتیاز F1 به ترتیب ۰٫۶۸۹ و ۰٫۷۱۹ بود.[۲]

دانشنامه علمی چاوش طب آذین

## عملکرد یادگیری عمیق در تشخیص پوسیدگی روی بایت‌وینگ

مقادیر گزارش‌شده در مطالعه Chaves (۲۰۲۴)




منبع: Chaves و همکاران، J Dent 2024 (۴۲۵ بایت‌وینگ از ۳۸۳ بیمار).

عملکرد الگوریتم یادگیری عمیق در تشخیص پوسیدگی اولیه و ثانویه؛ نمودار تحریریه بر پایه Chaves (۲۰۲۴).

Sachdeva و همکاران در مرور سیستماتیک و فراتحلیل ۹ مطالعه از ۱۱۶ مقاله غربال‌شده، حساسیت تجمیعی ۷۶٫۸۳٪ و ویژگی ۸۴٫۴۳٪ را گزارش کردند. فاصله اطمینان ویژگی بسیار گسترده (۲۹٫۰۶٪ تا ۹۸٫۶۳٪) بود، سطح زیر منحنی ۰٫۸۵ و ناهمگونی ۵۹٫۴۷٪ گزارش شد و سه مطالعه در حوزه آزمون شاخص خطر سوگیری بالا داشتند.[۶]

### شواهد هوش مصنوعی در تشخیص پوسیدگی ثانویه

| مطالعه | داده | نتیجه اصلی |
|---|---|---|
| **Chaves ۲۰۲۴** | ۴۲۵ بایت‌وینگ، ۳۸۳ بیمار | FROC ۰٫۸۰۴ و F1 ۰٫۷۱۹ برای پوسیدگی ثانویه |
| **Sachdeva ۲۰۲۶** | ۹ مطالعه در فراتحلیل | حساسیت ۷۶٫۸۳٪، ویژگی ۸۴٫۴۳٪، سطح زیر منحنی ۰٫۸۵ |
| **Sachdeva ۲۰۲۶، کیفیت** | QUADAS-2 | ۳ مطالعه با خطر سوگیری بالا در آزمون شاخص |

منبع: مطالعات فهرست‌شده در همین مقاله.

«با توجه به شواهد محدود و ناهمگون، کاربرد بالینی آن همچنان امیدوارکننده اما به‌قدر کافی اعتبارسنجی‌نشده است.»

“given the limited and heterogeneous evidence base, its clinical use remains promising yet insufficiently validated.”

— Sachdeva و همکاران، Caries Res 2026[۶]

## نکات تفسیر و گزارش پوسیدگی ثانویه

برداشت تحریریه از این شواهد:[۱، ۳، ۴، ۶]

- رادیولوسنسی مرز ترمیم را بدون توجه به نوع ماده ترمیمی و لاینر تفسیر نکنید؛ لاینرهای کم‌رادیواپاسیته می‌توانند مثبت کاذب ایجاد کنند.[۳]
- اثر باند ماخ در مرز ترمیم و دندان را در تشخیص افتراقی در نظر بگیرید.[۴]
- حساسیت حدود ۰٫۵ روش رادیوگرافیک یعنی رادیوگرافی منفی، پوسیدگی ثانویه را رد نمی‌کند و معاینه بصری مکمل لازم است.[۱]
- خروجی ابزارهای هوش مصنوعی را به‌عنوان نظر دوم و با بازبینی متخصص به کار ببرید.[۶]

## جدول جمع‌بندی نکات

**نکات کاربردی تشخیص پوسیدگی ثانویه**

| محور | نکته کلیدی |
|---|---|
| **حساسیت روش‌های رایج** | ۰٫۵۰ تا ۰٫۵۹ در فراتحلیل |
| **کیفیت شواهد** | بیشتر آزمایشگاهی با خطر سوگیری بالا |
| **ماده ترمیمی** | رادیواپاسیته بیشتر از مینا مطلوب‌تر |
| **باند ماخ** | عامل خطای تفسیر در مرز ترمیم |

| محور | نکته کلیدی |
| --- | --- |
| **هوش مصنوعی** | حساسیت ۷۶٫۸۳٪، ویژگی ۸۴٫۴۳٪ |
| **گزارش** | رادیوگرافی منفی، پوسیدگی را رد نمی‌کند |

منبع: جمع‌بندی تحریریه بر پایه منابع فهرست‌شده در همین مقاله.

## پرسش‌های متداول

### پوسیدگی ثانویه چرا اهمیت دارد؟

پوسیدگی ثانویه عارضه دیررس اصلی ترمیم‌ها است که عمر آن‌ها را محدود می‌کند و هزینه مداخله‌های مکرر ایجاد می‌کند.[۱]

### دقت رادیوگرافی در تشخیص پوسیدگی ثانویه چقدر است؟

در فراتحلیل Brouwer، روش‌های بصری، رادیوگرافیک و فلورسانس لیزری حساسیت ۰٫۵۰ تا ۰٫۵۹ و ویژگی ۰٫۷۸ تا ۰٫۸۳ داشتند.[۱]

### آیا نوع سنسور یا فیلم بر تشخیص اثر دارد؟

در مطالعه Pedrosa، سامانه تصویربرداری اثری نداشت اما ماده ترمیمی بر تشخیص اثر گذاشت.[۳]

### کدام ماده ترمیمی تفسیر را آسان‌تر می‌کند؟

موادی با رادیواپاسیته بیشتر از مینا برای تشخیص منفی واقعی مطلوب‌تر بودند.[۳]

### هوش مصنوعی در تشخیص پوسیدگی ثانویه چقدر دقیق است؟

فراتحلیل ۹ مطالعه حساسیت ۷۶٫۸۳٪ و ویژگی ۸۴٫۴۳٪ گزارش کرد، اما شواهد محدود و ناهمگون است.[۶]

### آیا مطالعات دقت فعلی به تصمیم درمانی کمک می‌کنند؟

در مرور Signori تنها حدود نیمی از مطالعات تشخیص را به تصمیم درمانی مرتبط کردند و پیامدهای بیمارمحور بررسی نشده بود.[۵]

## جمع‌بندی

تشخیص پوسیدگی ثانویه در مجاورت ترمیم‌ها با همه روش‌های رایج حساسیت متوسطی دارد و شواهد موجود بیشتر آزمایشگاهی و پرخطر از نظر سوگیری است. ماده ترمیمی و لاینر، و نیز اثر باند ماخ، بر تفسیر رادیوگرافیک اثر دارند. هوش مصنوعی روی بایت‌وینگ نتایج امیدوارکننده‌ای نشان داده، اما تا اعتبارسنجی بالینی گسترده‌تر باید به‌عنوان ابزار کمکی و با بازبینی متخصص به کار رود.

## مطالعه مرتبط در دانشنامه

- رادیوگرافی بایت‌وینگ: تکنیک و اندیکاسیون
- تشخیص زودهنگام پوسیدگی
- اعتبارسنجی هوش مصنوعی پوسیدگی
- عمق بیت و پردازش تصویر در رادیوگرافی دیجیتال
- فشرده‌سازی تصاویر رادیوگرافی دندانی
- کولیماسیون مستطیلی در رادیوگرافی داخل دهانی

## منابع

شماره‌های بالانویس در متن به همین فهرست پیوند دارند؛ هر منبع با شناسه DOI یا نشانی رسمی ناشر قابل بررسی است.


1. Brouwer F, Askar H, Paris S, Schwendicke F. Detecting Secondary Caries Lesions: A Systematic Review and Meta-analysis. J Dent Res. 2016;95(2):143-51. DOI PubMed

2. Chaves ET, Vinayahalingam S, van Nistelrooij N, Xi T, Romero VHD, Flügge T, et al. Detection of caries around restorations on bitewings using deep learning. J Dent. 2024;143:104886. DOI PubMed

3. Pedrosa RF, Brasileiro IV, dos Anjos Pontual ML, dos Anjos Pontual A, da Silveira MM. Influence of materials radiopacity in the radiographic diagnosis of secondary caries: evaluation in film and two digital systems. Dentomaxillofac Radiol. 2011;40(6):344-50. DOI PubMed PMC

4. Yeung AWK. The Diagnostic Relevance and Interfaces Covered by Mach Band Effect in Dentistry: An Analysis of the Literature. Healthcare (Basel). 2022;10(4):632. DOI PubMed PMC

5. Signori C, Gimenez T, Mendes FM, Huysmans MDNJM, Opdam NJM, Cenci MS. Clinical relevance of studies on the visual and radiographic methods for detecting secondary caries lesions - A systematic review. J Dent. 2018;75:22-33. DOI PubMed

6. Sachdeva A, Kumar YP, Chawla A, Kumar V, Sharma S, Upadhyay AD, et al. Artificial Intelligence for Detecting Secondary Caries: A Systematic Review and Meta-Analysis of Diagnostic Test Accuracy. Caries Res. 2026. DOI PubMed

---

**درباره نویسنده: تیم تحریریه علمی چاوش طب آذین**

این مقاله را تیم تحریریه علمی چاوش طب آذین بر پایه منابع داوری‌شده و بیانیه‌های رسمی فهرست‌شده تهیه کرده است؛ ادعای بازبینی بالینی مستقل ندارد و جایگزین قضاوت متخصص نیست. آخرین به‌روزرسانی: ۲۷ آبان ۱۴۰۵.