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

بعد فرکتال در رادیوگرافی دندانی: اصول تحلیل ترابکولار و شواهد کاربرد بالینی

بعد فرکتال در متاآنالیز ۴ مطالعه با ۷۴۷ بیمار، پوکی استخوان را با حساسیت ۸۶٫۱۷٪ و اختصاصیت ۷۲٫۶۸٪ غربال کرد، اما قطعیت شواهد بسیار پایین تا متوسط بود. مقدار این شاخص در پانورامیک کمتر از پری‌اپیکال است و به فک، روش دوتایی‌سازی و ناحیه مورد بررسی بستگی دارد؛ بنابراین مقایسه اعداد میان مطالعات با احتیاط انجام شود.

نکات کلیدی این مقاله

- در متاآنالیز ۴ مطالعه با ۷۴۷ بیمار، حساسیت بعد فرکتال برای غربالگری پوکی استخوان ۸۶٫۱۷٪ و اختصاصیت ۷۲٫۶۸٪ بود.[۲]
- قطعیت شواهد این متاآنالیز بسیار پایین تا متوسط ارزیابی شد.[۲]
- در ۲۸۱ بیمار بالای ۶۰ سال، بعد فرکتال در پانورامیک کمتر از پری‌اپیکال و در مندیبل کمتر از ماگزیلا بود.[۴]
- نسخه بازنگری‌شده روش White و Rudolph با حذف نویز غیرترابکولار، ترابکول‌ها را بهتر اسکلتی کرد.[۳]
- در بیماران تالاسمی، بعد فرکتال و ضخامت کورتکس مندیبل کمتر از گروه کنترل بود، با قطعیت شواهد بسیار پایین.[۵]

تحلیل بعد فرکتال روشی کمّی برای توصیف ساختار استخوان ترابکولار در رادیوگرافی‌های روتین دندانی است و در دندانپزشکی کاربرد گسترده‌ای در مطالعه تصاویر یافته است.[۱] بیشترین پرسش بالینی درباره نقش آن در غربالگری پوکی استخوان است.[۲] این مقاله اصول پردازش تصویر، متغیرهای اثرگذار و شواهد کاربرد بالینی را مرور می‌کند.

فهرست مطالب

1. بعد فرکتال چیست و چرا در رادیولوژی دهان کاربرد دارد؟
2. اصول پردازش تصویر در تحلیل بعد فرکتال
3. متغیرهای اثرگذار بر مقدار بعد فرکتال
4. غربالگری پوکی استخوان با بعد فرکتال

5. کاربردهای دیگر: التهاب پری‌اپیکال و تالاسمی
6. نکات کاربردی برای گزارش و پژوهش
7. جدول جمع‌بندی نکات
8. پرسش‌های متداول
9. جمع‌بندی
10. مطالعه مرتبط در دانشنامه
11. منابع

بعد فرکتال چیست و چرا در رادیولوژی دهان کاربرد دارد؟

بعد فرکتال پیچیدگی الگوی ترابکول‌های استخوان را در یک عدد خلاصه می‌کند و از تصاویری محاسبه می‌شود که در درمان روتین دندانپزشکی تهیه شده‌اند. مرور Azhari و همکاران نشان داد که رادیوگرافی پری‌اپیکال پرکاربردترین تصویر و نرم‌افزار ImageJ و روش تحلیل فرکتال رایج‌ترین ابزار مطالعات بوده‌اند.[۱]

اصول پردازش تصویر در تحلیل بعد فرکتال

انتخاب ناحیه مورد بررسی

در مطالعات، ناحیه مورد بررسی با اندازه‌ها و محل‌های مختلف تعریف شده است؛ برای مثال زیر ریشه دندان‌ها و در نواحی بی‌دندان.[۳،۱] این تنوع یکی از دلایل دشواری مقایسه اعداد میان مطالعات است.[۱]

دوتایی‌سازی و اسکلتی کردن ترابکول‌ها

da Silva و همکاران روش اصلی White و Rudolph را با نسخه بازنگری‌شده آن در ۳۷ بیمار مقایسه کردند. در نسخه بازنگری‌شده، مقادیر پرت پیش از دوتایی‌سازی حذف شدند و تعداد ترابکول، شاخه و محل اتصال کمتری نسبت به روش اصلی به دست آمد (P کمتر از ۰/۰۰۰۱).[۳]

> «نسخه بازنگری‌شده با حذف نویز غیرترابکولار، در آشکار کردن ترابکول‌های اسکلتی‌شده استخوان مؤثر بود.»
>
> “WR.r was effective in revealing skeletonized bone trabeculae by removing non-trabecular noise.”
>
> — da Silva و همکاران، Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol 2023[۳]

در همین مطالعه، بعد فرکتال محاسبه‌شده با روش بازنگری‌شده و روش مبتنی بر سطوح خاکستری توافق خوبی داشتند و پارامترهای هیستوگرام و لاکونارتی بر حسب وضعیت دندانی، محل فک و جنس متفاوت بودند.[۳]

متغیرهای اثرگذار بر مقدار بعد فرکتال

Bollen و همکاران در ۲۸۱ بیمار بالای ۶۰ سال که پری‌اپیکال و پانورامیک در یک روز داشتند، نشان دادند که بعد فرکتال در مندیبل کمتر از ماگزیلا و در پانورامیک کمتر از پری‌اپیکال است. همبستگی اندازه‌گیری‌ها در یک فک بیشتر از اندازه‌گیری‌ها در یک سمت بود.[۴]

متغیرهای گزارش‌شده که بر بعد فرکتال اثر دارند

متغیر	یافته	منبع
نوع رادیوگرافی	در پانورامیک کمتر از پری‌اپیکال	Bollen ۲۰۰۱
فک (پری‌اپیکال و پانورامیک)	در مندیبل کمتر از ماگزیلا	Bollen ۲۰۰۱
فک (روش سطوح خاکستری)	در مندیبل بیشتر از ماگزیلا	da Silva ۲۰۲۳
جنس	در مردان بیشتر	da Silva ۲۰۲۳
روش دوتایی‌سازی	ترابکول کمتر در نسخه بازنگری‌شده	da Silva ۲۰۲۳

منبع: مطالعات فهرست‌شده در همین مقاله.

جدول نشان می‌دهد که جهت تفاوت میان فک‌ها در دو مطالعه با روش‌های متفاوت یکسان نبوده است؛ برداشت تحریریه این است که مقدار مطلق بعد فرکتال فقط در یک پروتکل یکسان قابل مقایسه است.[۳، ۴]

غربالگری پوکی استخوان با بعد فرکتال

Cavalcante و همکاران از ۱۰۳۴ رکورد، ۴ مطالعه با ۷۴۷ بیمار (۱۳۶ بیمار مبتلا به پوکی استخوان و ۶۱۱ کنترل) را وارد کردند. خطر سوگیری با QUADAS-2 و قطعیت شواهد با GRADE ارزیابی شد.[۲]

دانشنامه علمی چاوش طب آذین

دقت بعد فرکتال در غربالگری پوکی استخوان

درصد، برآورد تجمیعی متاآنالیز ۴ مطالعه (Cavalcante ۲۰۲۲)



منبع: Cavalcante و همکاران، Dentomaxillofac Radiol 2022.

حساسیت و اختصاصیت بعد فرکتال؛ نمودار تحریریه بر پایه متاآنالیز Cavalcante (۲۰۲۲).

> «بعد فرکتال مرتبط با فک حساسیت و اختصاصیت بالاتر از ۷۰٪ داشت و حساسیت آن در غربالگری پوکی استخوان پارامتر بهتری از اختصاصیت بود.»
>
> “the jaw-related FD presented sensitivity and specificity values higher than 70%, and its sensitivity in osteoporosis screening was a better parameter than specificity.”
>
> — Cavalcante و همکاران، Dentomaxillofac Radiol 2022[۲]

Bollen و همکاران نیز گزارش کردند که بعد فرکتال در افراد با کورتکس نازک و شدیداً فرسوده مندیبل و سابقه شکستگی استئوپروتیک بالاتر بود و این یافته را هم‌سو با گزارش‌های افزایش بعد فرکتال هنگام کاهش توده استخوان دانستند.[۴]

کاربردهای دیگر: التهاب پری‌اپیکال و تالاسمی

مرور Azhari پنج مقاله را یافت که بعد فرکتال را برای ارزیابی ضایعات پری‌اپیکال غیرقابل تشخیص با چشم، التهاب آپیکال و ساختار ترابکولار اطراف آن به کار برده بودند.[۱] مرور da Silva درباره تالاسمی سه مطالعه مقطعی با ۱۲۹ بیمار را وارد کرد و بعد فرکتال و ضخامت کورتکس مندیبل را در این بیماران کمتر از کنترل‌ها گزارش کرد، اما قطعیت شواهد به دلیل نقص‌های روش‌شناختی بسیار پایین بود.[۵]

شواهد کاربرد بالینی بعد فرکتال

کاربرد	شواهد	قطعیت یا محدودیت
غربالگری پوکی استخوان	۴ مطالعه، ۷۴۷ بیمار؛ حساسیت ۸۶٫۱۷٪	بسیار پایین تا متوسط
التهاب پری‌اپیکال	۵ مقاله؛ پری‌اپیکال و ImageJ	ناحیه‌های متنوع
تالاسمی	۳ مطالعه، ۱۲۹ بیمار؛ کاهش بعد فرکتال	بسیار پایین

منبع: Cavalcante 2022؛ Azhari 2025؛ da Silva 2025.

نکات کاربردی برای گزارش و پژوهش

برداشت تحریریه از این شواهد:[۲، ۴، ۳، ۱]

- بعد فرکتال را ابزار غربالگری و ارجاع بدانید، نه جایگزین سنجش تراکم استخوان.[۲]
- نوع تصویر، فک و ناحیه مورد بررسی را ثابت نگه دارید و در گزارش ذکر کنید.[۴، ۱]
- روش دوتایی‌سازی و نرم‌افزار را دقیق گزارش کنید، زیرا تعداد ترابکول‌های شناسایی‌شده به روش وابسته است.[۳]
- تصاویر فشرده یا پردازش‌شده ممکن است الگوی ترابکولار را تغییر دهند؛ برای تحلیل، تصویر اصلی را ترجیح دهید (برداشت تحریریه).

جدول جمع‌بندی نکات

نکات کاربردی تحلیل بعد فرکتال

محور	نکته کلیدی
پوکی استخوان	حساسیت ۸۶٫۱۷٪، اختصاصیت ۷۲٫۶۸٪
قطعیت شواهد	بسیار پایین تا متوسط

محور	نکته کلیدی
نوع تصویر	پانورامیک کمتر از پری‌اپیکال
روش پردازش	نسخه بازنگری‌شده White و Rudolph نویز را حذف می‌کند
نرم‌افزار رایج	ImageJ
گزارش	پروتکل و ناحیه را ثابت و شفاف ذکر کنید

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

پرسش‌های متداول

بعد فرکتال در رادیوگرافی دندانی چه چیزی را می‌سنجد؟

پیچیدگی الگوی ترابکول‌های استخوان را به‌صورت یک عدد کمّی توصیف می‌کند.[۱]

دقت بعد فرکتال در غربالگری پوکی استخوان چقدر است؟

در متاآنالیز ۴ مطالعه، حساسیت ۸۶٫۱۷٪ و اختصاصیت ۷۲٫۶۸٪ بود.[۲]

آیا شواهد برای استفاده بالینی کافی است؟

قطعیت شواهد بسیار پایین تا متوسط بود و شاخص بیشتر برای غربالگری مطرح است.[۲]

آیا پانورامیک برای محاسبه بعد فرکتال مناسب است؟

Bollen پانورامیک را جایگزین احتمالی پری‌اپیکال دانست، اما مقادیر آن کمتر از پری‌اپیکال است.[۴]

چرا اعداد مطالعات مختلف قابل مقایسه نیستند؟

روش دوتایی‌سازی، نوع تصویر، فک و ناحیه مورد بررسی بر مقدار بعد فرکتال اثر دارند.[۱، ۳، ۴]

چه نرم‌افزاری بیشتر استفاده می‌شود؟

در مرور مطالعات التهاب پری‌اپیکال، ImageJ پرکاربردترین نرم‌افزار بود.[۱]

جمع‌بندی

بعد فرکتال شاخصی ارزان و قابل استخراج از رادیوگرافی‌های روتین است که در غربالگری پوکی استخوان حساسیت قابل‌توجهی نشان داده است. با این حال قطعیت شواهد پایین است و مقدار شاخص به نوع تصویر، فک، ناحیه و روش پردازش وابسته است. استفاده از پروتکل ثابت و گزارش شفاف روش، شرط مقایسه‌پذیری نتایج است.

مطالعه مرتبط در دانشنامه

- مقادیر خاکستری CBCT و تراکم استخوان
- یافته‌های اتفاقی در رادیوگرافی پانورامیک
- عمق بیت و پردازش تصویر در رادیوگرافی دیجیتال
- فشرده‌سازی تصاویر رادیوگرافی دندانی
- تحلیل استخوان پریودنتال در تصویربرداری
- تصویربرداری اندودانتیکس از پری‌اپیکال تا CBCT

منابع

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

1. Azhari, Epsilawati L, Wulansari DP, Asykarie INA. Fractal Dimension Approach for Quantitative Analysis Radiograph in Periapical Inflammation: A Systematic Review. Acta Med Philipp. 2025;59(3):125-130. DOI PubMed PMC

2. Cavalcante DS, Silva PGB, Carvalho FSR, Quidute ARP, Kurita LM, Cid AMPL, et al. Is jaw fractal dimension a reliable biomarker for osteoporosis screening? A systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy studies. Dentomaxillofac Radiol. 2022;51(4):20210365. DOI PubMed PMC

3. da Silva MEB, Dos Santos HS, Ruhland L, Rabelo GD, Badaró MM. Fractal analysis of dental periapical radiographs: A revised image processing method. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2023;135(5):669-677. DOI PubMed

4. Bollen AM, Taguchi A, Hujoel PP, Hollender LG. Fractal dimension on dental radiographs. Dentomaxillofac Radiol. 2001;30(5):270-5. DOI PubMed

5. da Silva LC, Marques PAC, Oliveira Dos Santos BC, Cruz TCSDS, de Andrade BAB, Ortega KL, et al. Mandibular bone imaging assessment in thalassemia - a systematic review. Spec Care Dentist.

2025;45(1):e13076. 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.