دانشنامه علمی چاوش طب آذین · chavoshteb.ir · به‌روزرسانی ۲۴ آبان ۱۴۰۵

نسبت کنتراست به نویز (CNR) در CBCT: عوامل مؤثر و ارتباط با کیفیت تشخیصی

نسبت کنتراست به نویز (CNR) در CBCT با افزایش kVp، mA و اندازه وکسل بالا می‌رود و با دیده‌شدن ساختارهای آناتومیک همبستگی دارد. در یک مطالعه فانتومی، دیده‌شدن ساختارها پس از CNR حدود ۲۹ تا ۳۷ دیگر بهتر نشد و در ۸۴٪ پروتکل‌ها، حتی با پارامترهای پایین‌تر، کیفیت قابل قبول ماند؛ یعنی فرصت کاهش دوز وجود دارد.

نکات کلیدی این مقاله

- با افزایش CNR، دیده‌شدن ساختارهای آناتومیک افزایش یافت، اما در بازه CNR حدود ۲۹٫۴ تا ۳۶٫۵ به نقطه تغییر رسید.[۱]
- در ۸۴٪ از ۲۵ پروتکل، دیده‌شدن ساختارها حتی با پارامترهای پایین‌تر قابل قبول ماند.[۱]
- mA اثرگذارترین عامل بر CNR در همه FOVها بود و با وکسل ۸۰ میکرونی، mA و kVp حدود ۴۷٪ تغییرات CNR را توضیح دادند.[۳]
- جریان تیوب اثر اصلی را بر کیفیت بالینی تصویر داشت و CNR و MTF10 با پذیرش تصویر مرتبط بودند.[۲]
- در پنج دستگاه، FOV کوچک‌تر CNR کمتری داشت و FOVهای هم‌اندازه دستگاه‌های مختلف CNR متفاوت داشتند.[۵]

در بهینه‌سازی پروتکل CBCT، رادیولوژیست باید کیفیت تصویر را به زبانی قابل اندازه‌گیری تبدیل کند. نسبت کنتراست به نویز یکی از پرکاربردترین شاخص‌های فیزیکی برای این کار است، زیرا هم کنتراست میان دو ماده و هم نویز زمینه را در یک عدد خلاصه می‌کند. این مقاله شواهد مطالعات فانتومی درباره عوامل مؤثر بر CNR و ارتباط آن با کیفیت بالینی را مرور می‌کند.[۱،۲]

فهرست مطالب

1. نسبت کنتراست به نویز در CBCT و تعریف آن
2. اثر پارامترهای اکسپوژر بر CNR

3. رابطه CNR با دیده‌شدن ساختارهای آناتومیک
4. کاربرد CNR در بهینه‌سازی پروتکل و دوز
5. جدول جمع‌بندی نکات
6. پرسش‌های متداول
7. جمع‌بندی
8. مطالعه مرتبط در دانشنامه
9. منابع

نسبت کنتراست به نویز در CBCT و تعریف آن

در بسیاری از مطالعات کیفیت تصویر، CNR به‌صورت اختلاف میانگین مقدار خاکستری دو ناحیه مورد نظر، تقسیم بر انحراف معیار نویز در زمینه محاسبه می‌شود. فانتوم کیفیت تصویر SEDENTEXCT IQ و نرم‌افزار ImageJ ابزار رایج این اندازه‌گیری در مطالعات CBCT دندانی بوده‌اند.[۱، ۳]

CNR شاخصی برای تمایز کنتراست پایین است و جایگزین وضوح فضایی نیست. به همین دلیل مطالعات معمولاً آن را کنار MTF، نویز و آرتیفکت فلز گزارش می‌کنند.[۲، ۴]



دستگاه CBCT دندانی؛ انتخاب FOV، ولتاژ، جریان و اندازه وکسل روی این دستگاه، نسبت کنتراست به نویز تصویر را تعیین می‌کند. عکس: cottonbro studio در Pexels؛ مجوز Pexels.

تفاوت CNR با SNR و نویز

نویز به تنهایی تغییرپذیری مقدار پیکسل را نشان می‌دهد و SNR نسبت سیگنال یک ناحیه به نویز است؛ اما CNR به این پرسش پاسخ می‌دهد که آیا دو بافت مجاور، مانند استخوان کورتیکال و اسفنجی یا ماده با چگالی کم، از هم قابل تشخیص‌اند. این تمایز برای وظایفی مانند دیدن کانال مندیبولار یا ضایعات کم‌کنتراست اهمیت دارد.

شاخص‌های فیزیکی کیفیت تصویر در CBCT

شاخص	آنچه می‌سنجد	کاربرد
نویز	تغییرپذیری مقدار وکسل در ناحیه یکنواخت	پایش ثبات دستگاه
CNR	تمایز دو ماده نسبت به نویز	وظایف کم‌کنتراست و بهینه‌سازی mA
MTF	وضوح فضایی و انتقال جزئیات	وظایف وابسته به جزئیات ظریف

شاخص	آنچه می‌سنجد	کاربرد
آرتیفکت فلز	افزوده مقدار خاکستری کاذب	ارزیابی در حضور ترمیم و ایمپلنت

منبع: جمع‌بندی تحریریه بر پایه Park 2019 و Alawaji 2018.

اثر پارامترهای اکسپوژر بر CNR

Park و همکاران تصاویر یک دستگاه CBCT را در ۷۸ تا ۹۰ kVp و ۲ تا ۸ mA با فانتوم SEDENTEXCT IQ و فانتوم جمجمه واقعی بررسی کردند. شش رادیولوژیست دهان و فک هر تنظیم را برای وظایف مختلف قابل قبول یا غیرقابل قبول ارزیابی کردند. در تشخیص پری‌اپیکال و برنامه‌ریزی ایمپلنت، جریان تیوب تصاویر قابل قبول به‌طور معنادار بیشتر بود.[۲]

> «جریان تیوب اثر عمده‌ای بر کیفیت بالینی تصویر داشت. CNR و MTF 10 عوامل فیزیکی مفیدی بودند که ارتباط معناداری با کیفیت بالینی تصویر نشان دادند.»
>
> “Tube current had a major influence on clinical image quality. CNR and MTF 10 were useful physical factors that showed significantly associations with clinical image quality.”
>
> — Park و همکاران، Imaging Sci Dent 2019[۲]

FOV و اندازه وکسل

Özer و همکاران فانتوم SedentexCT را با سه FOV (۶۰×۶۰، ۴۰×۴۰ و ۸۰×۸۰ میلی‌متر) و وکسل ۸۰ تا ۲۵۰ میکرون اسکن کردند. در FOVهای ۴۰ و ۸۰ میلی‌متری، kVp، mA و اندازه وکسل بر CNR اثر داشتند (R^2 به ترتیب ۰٫۵۵۱ و ۰٫۵۵۰) و در FOV ۶۰ میلی‌متری، mA و kVp عامل معنادار بودند (R^2 برابر ۰٫۳۸۹).[۳]

با وکسل ثابت ۸۰ میکرون، mA و kVp هر دو بر CNR اثر معنادار داشتند (R^2 برابر ۰٫۴۶۷)، اما FOV و زاویه چرخش اثر قابل توجهی نشان ندادند. mA اثرگذارترین عامل در همه FOVها بود.[۳]

دانشنامه علمی چاوش طب آذین

سهم پارامترهای اکسپوژر در تغییرات CNR

ضریب تعیین (R^2) مدل رگرسیون در هر FOV



منبع: Özer و همکاران، Imaging Sci Dent 2024.

سهم پارامترهای اکسپوژر در تغییرات CNR؛ نمودار تحریریه بر پایه Özer و همکاران (۲۰۲۴).

در مقابل، Niktash و همکاران در پنج دستگاه CBCT کاهش معنادار CNR را در FOVهای کوچک‌تر یافتند و نشان دادند FOVهای هم‌اندازه در دستگاه‌های مختلف نیز CNR متفاوتی دارند؛ به گفته نویسندگان، تفاوت پارامترهای اکسپوژر این دستگاه‌ها عامل این تفاوت بود.[۵] این ناهمسویی نشان می‌دهد اثر FOV را نمی‌توان مستقل از دستگاه، پارامترهای همراه و اندازه وکسل تفسیر کرد.

رابطه CNR با دیده‌شدن ساختارهای آناتومیک

Wang و همکاران ۲۵ پروتکل اکسپوژر را روی فانتوم انسان‌نما با اسکلت واقعی بررسی کردند و دیده‌شدن هشت ساختار آناتومیک را با پنج مشاهده‌گر سنجیدند. با افزایش CNR، دیده‌شدن ساختارها نیز افزایش یافت، اما نقطه تغییری در بازه CNR ۲۹٫۴۲ تا ۳۶٫۵۱ دیده شد که پس از آن افزایش CNR دیگر دیده‌شدن را بهتر نکرد.[۱]

> «اگرچه CNR در پارامترهای اکسپوژر پایین‌تر کاهش می‌یابد، کیفیت تصویر اغلب در سطوح اکسپوژر پایین‌تر از تنظیمات توصیه‌شده سازنده قابل قبول باقی ماند.»
>
> “Although CNR decrease under a lower exposure parameter, the image quality often remained acceptable at exposure levels below the manufacture's recommended settings.”
>
> — Wang و همکاران، Dentomaxillofac Radiol 2020[۱]

همین مطالعه تأکید می‌کند که به دلیل تفاوت دستگاه‌ها و وظایف تشخیصی، تعیین یک مقدار CNR ثابت از پیش ممکن نیست.[۱]

کاربرد CNR در بهینه‌سازی پروتکل و دوز

Alawaji و همکاران در FOV ۱۰×۵ سانتی‌متر برای برنامه‌ریزی ایمپلنت نشان دادند که لندمارک‌های ماگزیلا در همه kVpها کیفیت خوبی داشتند، اما لندمارک‌های مندیبل پارامترهای اکسپوژر بالاتری لازم داشتند. شاخص‌های کمّی کیفیت در همه تنظیمات منتخب قابل قبول بود و کیفیت تصویر با تنظیمات و دوز کمتر از پیش‌فرض قابل بهینه‌سازی بود.[۴]

خلاصه مطالعات فانتومی CNR در CBCT

مطالعه	طراحی	یافته اصلی
Wang ۲۰۲۰	۲۵ پروتکل، هشت ساختار، پنج مشاهده‌گر	نقطه تغییر CNR ۲۹٫۴۲ تا ۳۶٫۵۱
Park ۲۰۱۹	۷۸ تا ۹۰ kVp و ۲ تا ۸ mA	جریان تیوب عامل اصلی کیفیت بالینی
Özer ۲۰۲۴	سه FOV و وکسل ۸۰ تا ۲۵۰ میکرون	mA اثرگذارترین عامل
Niktash ۲۰۲۲	پنج دستگاه و ۳ تا ۵ FOV	CNR کمتر در FOV کوچک‌تر
Alawaji ۲۰۱۸	FOV ۱۰×۵ سانتی‌متر برای ایمپلنت	بهینه‌سازی در دوز کمتر از پیش‌فرض

منبع: چکیده‌های منتشرشده مطالعات؛ فهرست منابع همین مقاله.

برای مرکز تصویربرداری، این یافته‌ها به معنای ثبت CNR پایه در آزمون پذیرش و کنترل کیفی دوره‌ای، و سپس سنجش کاهش تدریجی mA برای هر وظیفه تشخیصی با ارزیابی بالینی است؛ نه حذف یکباره تنظیمات سازنده.

جدول جمع‌بندی نکات

نکات کاربردی نسبت کنتراست به نویز در CBCT

محور	نکته کلیدی

محور	نکته کلیدی
عامل اصلی	mA اثرگذارترین پارامتر بر CNR
نقطه تغییر	بازه CNR حدود ۲۹ تا ۳۷ در یک مطالعه
اکسپوژر پایین‌تر	کیفیت قابل قبول در ۸۴٪ پروتکل‌ها
FOV	اثر وابسته به دستگاه و وکسل
کاربرد	پایه کنترل کیفی و بهینه‌سازی دوز

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

پرسش‌های متداول

نسبت کنتراست به نویز در CBCT چه چیزی را نشان می‌دهد؟

توان تمایز دو ناحیه با مقدار خاکستری متفاوت را نسبت به نویز زمینه نشان می‌دهد و معمولاً با فانتوم کیفیت تصویر اندازه‌گیری می‌شود.[۱]

کدام پارامتر بیشترین اثر را بر CNR دارد؟

در مطالعه فانتومی، mA اثرگذارترین عامل در همه FOVها بود.[۳]

آیا CNR بیشتر همیشه تصویر بهتری می‌دهد؟

خیر؛ پس از بازه CNR حدود ۲۹ تا ۳۷، افزایش بیشتر دیده‌شدن ساختارها را بهتر نکرد.[۱]

آیا FOV کوچک‌تر CNR را کاهش می‌دهد؟

در یک مطالعه پنج‌دستگاهی، FOV کوچک‌تر CNR کمتری داشت؛ اما در مطالعه‌ای دیگر با وکسل ثابت، FOV اثر قابل توجهی نداشت.[۵، ۳]

آیا می‌توان دوز را کمتر از تنظیمات سازنده کرد؟

در مطالعات فانتومی، کیفیت اغلب در اکسپوژر پایین‌تر از تنظیمات توصیه‌شده قابل قبول ماند.[۱، ۴]

آیا یک عدد CNR مرجع برای همه دستگاه‌ها وجود دارد؟

خیر؛ به دلیل تفاوت دستگاه‌ها و وظایف تشخیصی، تعیین یک مقدار ثابت ممکن نیست.[1]

جمع‌بندی

نسبت کنتراست به نویز شاخص فیزیکی ساده و تکرارپذیری برای پایش کیفیت تصویر CBCT است که با mA، kVp و اندازه وکسل تغییر می‌کند و با دیده‌شدن ساختارها و پذیرش بالینی تصویر ارتباط دارد. با این حال، CNR آستانه جهانی ندارد و اثر FOV به دستگاه و پارامترهای همراه وابسته است. استفاده درست از آن، ثبت مقدار پایه هر دستگاه و بهینه‌سازی تدریجی پروتکل برای هر وظیفه تشخیصی است.

مطالعه مرتبط در دانشنامه

- پارامترهای اکسپوژر CBCT: kVp، mA و زمان اسکن
- فیزیک CBCT و اصول تشکیل تصویر
- کنترل کیفی CBCT با پروتکل EFOMP-ESTRO-IAEA
- فناوری کم‌دوز CBCT
- MTF سنسور دندانی و رزولوشن فضایی
- ماتریس FOV و اندیکاسیون در OP 3D

منابع

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

1. Wang MF, Xie X, Li G, Zhang Z. Relationship between CNR and visibility of anatomical structures of cone-beam computed tomography images under different exposure parameters. Dentomaxillofac Radiol. 2020;49(5):20190336. DOI PubMed متن کامل PMC

2. Park HN, Min CK, Kim KA, Koh KJ. Optimization of exposure parameters and relationship between subjective and technical image quality in cone-beam computed tomography. Imaging Sci Dent. 2019;49(2):139-151. DOI PubMed متن کامل PMC

3. Özer NE, Ulusoy AC, İlhan B, Lindfors N, Boyacıoğlu H, Gröndahl HG. The influence of the field of view and voxel size on the contrast-to-noise ratio in cone-beam computed tomography imaging. Imaging

Sci Dent. 2024;54(4):362-369. DOI PubMed متن کامل PMC

4. Alawaji Y, MacDonald DS, Giannelis G, Ford NL. Optimization of cone beam computed tomography image quality in implant dentistry. Clin Exp Dent Res. 2018;4(6):268-278. DOI PubMed متن کامل PMC

5. Niktash A, Mehralizadeh S, Talaeipour A. The Effect of Different Field of View Sizes on Contrast-to-Noise Ratio of Cone-Beam Computed Tomography Units: An In-Vitro Study. Front Dent. 2022;19:32. DOI PubMed متن کامل PMC

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: ۲۴ آبان ۱۴۰۵.