دانشنامه علمی چاوش طب آذین · chavoshteb.ir · به‌روزرسانی ۱۷ آبان ۱۴۰۵

# پارامترهای اکسپوژر CBCT: نقش kVp، mA و زمان اسکن

در CBCT، حاصل‌ضرب mA در زمان اسکن (mAs) تعداد فوتون‌ها و در نتیجه دوز و نویز را تعیین می‌کند، در حالی که kVp انرژی پرتو، نفوذ و کنتراست را تغییر می‌دهد. داده‌های منتشرشده نشان می‌دهد دوز مؤثر CBCT بین دستگاه‌ها و پروتکل‌ها تا ده‌ها برابر متفاوت است؛ بنابراین هیچ «تنظیم استاندارد» واحدی وجود ندارد و هر پروتکل باید برای وظیفه تشخیصی، اندازه بیمار و همان دستگاه بهینه شود.

**نکات کلیدی این مقاله**

- mA و زمان اسکن با هم mAs را می‌سازند؛ دوز تقریباً به‌طور خطی با mAs تغییر می‌کند و نویز با افزایش آن کاهش می‌یابد.
- kVp کیفیت پرتو را تغییر می‌دهد؛ افزایش آن نفوذ را بیشتر و کنتراست ذاتی بافت را کمتر می‌کند.
- میانگین دوز مؤثر بزرگسالان در فراتحلیل لادلو برای FOV بزرگ، متوسط و کوچک به ترتیب ۲۱۲، ۱۷۷ و ۸۴ میکروسیورت بود.
- افزودن فیلتر مس همراه با تنظیم kVp در یک دستگاه، دوز مؤثر را به‌طور میانگین ۴۳ درصد کاهش داد.
- بهینه‌سازی باید وظیفه‌محور باشد: کوچک‌ترین FOV کافی، کمترین mAs قابل‌قبول و kVp متناسب با اندازه بیمار.

دوز مؤثر و کیفیت تصویر در CBCT دو روی یک تصمیم‌اند. مرور سیستماتیک دا سیلوا مورا و همکاران سیزده عامل مؤثر بر دوز مؤثر را شناسایی کرد که kV، mA، زمان اکسپوژر و ابعاد FOV از پربررسی‌ترین آن‌ها بودند.[1] این مقاله سهم هر پارامتر را از دید فیزیک تصویربرداری و داده‌های دوزیمتری توضیح می‌دهد.

**فهرست مطالب**

1. پارامترهای اکسپوژر CBCT و زنجیره تصویر
2. جریان تیوب و زمان اسکن
3. ولتاژ تیوب و کیفیت پرتو
4. داده‌های دوز مؤثر در CBCT دندانی

5. بهینه‌سازی وظیفه‌محور پروتکل
6. محدودیت‌های تفسیر شواهد دوزیمتری
7. جدول جمع‌بندی نکات
8. پرسش‌های متداول
9. جمع‌بندی
10. مطالعه مرتبط در دانشنامه
11. منابع

## پارامترهای اکسپوژر CBCT و زنجیره تصویر

در هر اسکن CBCT، تیوب پرتو ایکس در طول یک چرخش، صدها پروجکشن دوبعدی تولید می‌کند و الگوریتم بازسازی از آن‌ها حجم سه‌بعدی می‌سازد. پاولز و همکاران در مرور فنی خود اجزای این زنجیره، از تیوب و آشکارساز تا بازسازی و بهینه‌سازی پروتکل، را شرح داده‌اند.[۲] پارامترهای اکسپوژر در ابتدای همین زنجیره قرار دارند و کیفیت هر مرحله بعدی را محدود می‌کنند.

سه پارامتر اصلی قابل‌تنظیم در اغلب دستگاه‌ها عبارت‌اند از ولتاژ تیوب (kVp)، جریان تیوب (mA) و زمان اسکن یا زمان مؤثر تابش. در کنار آن‌ها، ابعاد FOV، فیلتراسیون، تعداد پروجکشن‌ها و حالت تابش پالسی یا پیوسته نیز بر دوز و کیفیت اثر دارند.[۱]

## جریان تیوب و زمان اسکن

جریان تیوب تعداد الکترون‌های عبوری از تیوب در واحد زمان را تعیین می‌کند و حاصل‌ضرب آن در زمان تابش، کمیت mAs را می‌سازد. در یک kVp ثابت، تعداد فوتون‌ها و دوز جذب‌شده تقریباً متناسب با mAs است؛ در مقابل، نویز کوانتومی با جذر تعداد فوتون‌ها کاهش می‌یابد. بنابراین دو برابر کردن mAs دوز را حدوداً دو برابر می‌کند، اما نسبت سیگنال به نویز را تنها حدود ۱٫۴ برابر بهتر می‌کند.

این رابطه غیرخطی دلیل اصلی آن است که افزایش mAs بیش از نیاز وظیفه تشخیصی، دوز را بدون سود متناسب بالا می‌برد. بیانیه AAE و AAOMR برای وظایف اندودانتیک، کمترین تنظیم mA و کوتاه‌ترین زمان اکسپوژر را همراه با تابش پالسی توصیه می‌کند.[۳]

### زمان اسکن و آرتیفکت حرکتی

زمان اسکن طولانی‌تر، علاوه بر افزایش دوز، احتمال حرکت بیمار را بیشتر می‌کند. در دستگاه‌های پالسی، زمان کل چرخش با زمان مؤثر تابش برابر نیست؛ بنابراین در مقایسه پروتکل‌ها باید به mAs یا شاخص دوز ثبت‌شده دستگاه توجه کرد، نه فقط به مدت چرخش.[۲]

## ولتاژ تیوب و کیفیت پرتو

kVp حداکثر انرژی فوتون‌ها را تعیین می‌کند. افزایش آن، نفوذ پرتو و بازده تولید فوتون را بیشتر می‌کند و در بیماران درشت‌تر یا در حضور فلز، نویز و آرتیفکت سخت‌شدگی پرتو را کاهش می‌دهد. در مقابل، با افزایش انرژی، تفاوت جذب بافت‌ها کمتر می‌شود و کنتراست ذاتی کاهش می‌یابد.

اثر kVp بر دوز مستقل از سایر پارامترها نیست. مطالعه لادلو روی یک دستگاه CBCT نشان داد افزودن ۰٫۴ میلی‌متر فیلتر مس همراه با افزایش kVp، دوز مؤثر را در پروتکل‌های پیش‌فرض بزرگسالان به‌طور میانگین ۴۳ درصد کاهش داد.[۴] این یافته نشان می‌دهد kVp باید همراه با فیلتراسیون و mAs به‌عنوان یک مجموعه بهینه شود.

**اثر فیزیکی پارامترهای اکسپوژر CBCT**

| پارامتر | اثر بر دوز | اثر بر کیفیت تصویر |
|---|---|---|
| **mA** | تقریباً خطی با mAs | افزایش آن نویز را کاهش می‌دهد |
| **زمان اسکن** | تقریباً خطی با mAs | زمان طولانی‌تر احتمال آرتیفکت حرکتی را بیشتر می‌کند |
| **kVp** | وابسته به فیلتراسیون و mAs | نفوذ بیشتر و کنتراست ذاتی کمتر |
| **فیلتراسیون** | حذف فوتون‌های کم‌انرژی و کاهش دوز سطحی | پرتو سخت‌تر و یکنواخت‌تر |
| **ابعاد FOV** | از عوامل اصلی تعیین‌کننده دوز | FOV کوچک‌تر پراکندگی کمتر و تمرکز بر ناحیه هدف |

منبع: جمع‌بندی تحریریه بر پایه پاولز و همکاران (۲۰۱۵)، دا سیلوا مورا و همکاران (۲۰۱۹) و لادلو (۲۰۱۱).

## داده‌های دوز مؤثر در CBCT دندانی

فراتحلیل لادلو و همکاران گستره دوز مؤثر گزارش‌شده برای بزرگسالان را در FOV بزرگ ۴۶ تا ۱۰۷۳، در FOV متوسط ۹ تا ۵۶۰ و در FOV کوچک ۵ تا ۶۵۲ میکروسیورت گزارش کرد. میانگین دوز پروتکل‌های پیش‌فرض بزرگسالان برای FOV بزرگ، متوسط و کوچک به ترتیب ۲۱۲، ۱۷۷ و ۸۴ میکروسیورت بود.[۵]

پاولز و همکاران در پروژه SEDENTEXCT دوز مؤثر ۱۴ دستگاه را با فانتوم انسان‌نما اندازه‌گیری کردند و گستره ۱۹ تا ۳۶۸ میکروسیورت، یعنی تفاوتی حدود ۲۰ برابری، به دست آوردند. بیشترین سهم دوز مؤثر به بافت‌های باقی‌مانده (۳۷ درصد)، غدد بزاقی (۲۴ درصد) و تیروئید (۲۱ درصد) تعلق داشت.[۶]




گام‌های بهینه‌سازی وظیفه‌محور پروتکل CBCT؛ طراحی اختصاصی تحریریه چاوش طب آذین.

### دوز مؤثر گزارش‌شده بزرگسالان بر حسب اندازه FOV

| اندازه FOV | گستره گزارش‌شده (میکروسیورت) | میانگین پروتکل پیش‌فرض (میکروسیورت) |
|---|---|---|
| **بزرگ** | ۴۶ تا ۱۰۷۳ | ۲۱۲ |
| **متوسط** | ۹ تا ۵۶۰ | ۱۷۷ |

| اندازه FOV | گستره گزارش‌شده (میکروسیورت) | میانگین پروتکل پیش‌فرض (میکروسیورت) |
|---|---|---|
| **کوچک** | ۵ تا ۶۵۲ | ۸۴ |

منبع: لادلو و همکاران، Dentomaxillofac Radiol ۲۰۱۵؛ اعداد عیناً از چکیده مقاله نقل شده‌اند.

### نبود عدد ثابت برای دوز

هم‌پوشانی گسترده بازه‌ها نشان می‌دهد که اندازه FOV به‌تنهایی دوز را تعیین نمی‌کند؛ kVp، mAs، فیلتراسیون و موقعیت میدان نسبت به اندام‌های حساس نیز اثر قابل‌توجهی دارند. لادلو و همکاران همچنین گزارش کردند که استفاده از حاصل‌ضرب دوز در ارتفاع (DHP) خطای مطلق تخمین دوز را در مقایسه با DAP به‌طور میانگین ۴۵ درصد کاهش داد.[۵]

## بهینه‌سازی وظیفه‌محور پروتکل

پاولز و همکاران نتیجه گرفتند که بهینه‌سازی دوز باید با انتخاب مناسب پارامترهای اکسپوژر و اندازه میدان بر اساس نیاز تشخیصی انجام شود و دوز همواره در کنار کیفیت تصویر سنجیده شود.[۶] این اصل در عمل به چند گام مشخص تبدیل می‌شود:

1. تعریف دقیق وظیفه تشخیصی، مانند ارزیابی ضایعه پری‌اپیکال یا اندازه‌گیری استخوان پیش از ایمپلنت.
2. انتخاب کوچک‌ترین FOV که کل ناحیه موردنیاز را پوشش دهد.
3. تنظیم kVp بر اساس اندازه بیمار و وجود فلز، همراه با فیلتراسیون پیش‌فرض دستگاه.
4. انتخاب کمترین mAs که نویز را برای همان وظیفه در حد قابل‌قبول نگه دارد.
5. ثبت شاخص دوز دستگاه و بازبینی دوره‌ای پروتکل‌ها در برنامه کنترل کیفیت.

در کودکان و نوجوانان حساسیت پرتویی بیشتر است و پروتکل‌های کم‌دوز و FOV محدود اهمیت بیشتری دارند. بیانیه AAE و AAOMR تأکید می‌کند که تصمیم به CBCT باید بر پایه شرح حال و معاینه بالینی و به‌صورت فردی توجیه شود.[۳]

## محدودیت‌های تفسیر شواهد دوزیمتری

بیشتر داده‌های دوز مؤثر از اندازه‌گیری با دوزیمتر ترمولومینسانس در فانتوم انسان‌نما به دست آمده و به ضرایب وزنی بافتی مورد استفاده وابسته است. دا سیلوا مورا و همکاران نیز یادآوری می‌کنند که پژوهش‌های بیشتری برای تعریف الزامات کیفیت تصویر در کنار اندازه‌گیری دوز لازم است.[۱] بنابراین اعداد منتشرشده برای مقایسه نسبی پروتکل‌ها مفیدند، نه برای پیش‌بینی دقیق دوز یک بیمار خاص.

## جدول جمع‌بندی نکات

**نکات کاربردی تنظیم پارامترها**

| محور | نکته کلیدی |
|---|---|
| **mAs** | دوز تقریباً خطی؛ نویز با جذر تعداد فوتون |
| **kVp** | متناسب با اندازه بیمار و فلز؛ همراه با فیلتراسیون |
| **FOV** | کوچک‌ترین میدان کافی برای وظیفه تشخیصی |
| **داده دوز** | گستره وسیع بین دستگاه‌ها؛ عدد ثابت وجود ندارد |
| **پایش** | ثبت شاخص دوز و بازبینی دوره‌ای پروتکل |

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

## پرسش‌های متداول

### اثر mA و زمان اسکن بر دوز CBCT چیست؟

mA و زمان اسکن با هم mAs را می‌سازند و در kVp ثابت، دوز تقریباً متناسب با mAs تغییر می‌کند؛ نویز نیز با افزایش mAs کاهش می‌یابد اما با سرعتی کمتر از افزایش دوز.

### آیا افزایش kVp همیشه دوز را بیشتر می‌کند؟

نه لزوماً. اثر kVp به فیلتراسیون و mAs وابسته است؛ در مطالعه لادلو، افزودن فیلتر مس همراه با افزایش kVp دوز مؤثر را به‌طور میانگین ۴۳ درصد کاهش داد.[۴]

### میانگین دوز مؤثر CBCT دندانی چقدر است؟

در فراتحلیل لادلو و همکاران، میانگین دوز پروتکل‌های پیش‌فرض بزرگسالان برای FOV بزرگ، متوسط و کوچک به ترتیب ۲۱۲، ۱۷۷ و ۸۴ میکروسیورت بود، اما گستره بین دستگاه‌ها بسیار وسیع است.[۵]

### مهم‌ترین عامل کاهش دوز در CBCT کدام است؟

دوز به شدت به اندازه میدان وابسته است؛ انتخاب کوچک‌ترین FOV کافی همراه با کمترین mAs قابل‌قبول، مؤثرترین راهبرد عملی است.[۶]

### آیا پروتکل یک دستگاه را می‌توان به دستگاه دیگر منتقل کرد؟

خیر. دوز مؤثر دستگاه‌ها با پارامترهای مشابه نیز متفاوت است؛ پروتکل باید برای همان دستگاه، با کنترل کیفیت و ثبت شاخص دوز بهینه شود.[۱]

### برای ارزیابی دوز پروتکل کدام شاخص مفیدتر است؟

شاخص‌های ثبت‌شده دستگاه مانند DAP برای پایش مفیدند؛ لادلو و همکاران نشان دادند حاصل‌ضرب دوز در ارتفاع (DHP) خطای تخمین دوز مؤثر را در مقایسه با DAP کاهش می‌دهد.[۵]

## جمع‌بندی

پارامترهای اکسپوژر CBCT را باید به‌صورت یک مجموعه به‌هم‌پیوسته دید: mAs تعداد فوتون، دوز و نویز را تعیین می‌کند، kVp کیفیت پرتو و کنتراست را، و FOV و فیلتراسیون سهم بزرگی از دوز بیمار را. گستره وسیع دوز گزارش‌شده بین دستگاه‌ها نشان می‌دهد که بهینه‌سازی وظیفه‌محور و ثبت منظم شاخص‌های دوز، مهم‌ترین ابزار رادیولوژیست برای اجرای اصل بهینه‌سازی است.

## مطالعه مرتبط در دانشنامه

- فیزیک CBCT و اصول تشکیل تصویر
- دوزیمتری رادیولوژی دندان و فک
- مشخصات فنی CBCT و تفسیر علمی آن
- ICRP 113 و اصول حفاظت پرتویی
- کنترل کیفی CBCT بر پایه پروتکل EFOMP-ESTRO-IAEA
- دستگاه CBCT OP 3D برند DEXIS

## منابع

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

da Silva Moura W, Chiqueto K, Pithon GM, et al. Factors influencing the effective dose associated with CBCT: a systematic review. Clin Oral Investig. 2019;23(3):1319-1330. DOI PubMed

Pauwels R, Araki K, Siewerdsen JH, Thongvigitmanee SS. Technical aspects of dental CBCT: state of the art. Dentomaxillofac Radiol. 2015;44(1):20140224. DOI PubMed

American Association of Endodontists; American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Joint Position Statement: Use of Cone-Beam Computed Tomography in Endodontics. 2010. AAOMR PDF

Ludlow JB. A manufacturer's role in reducing the dose of cone beam computed tomography examinations: effect of beam filtration. Dentomaxillofac Radiol. 2011;40(2):115-122. DOI PubMed

Ludlow JB, Timothy R, Walker C, et al. Effective dose of dental CBCT: a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. Dentomaxillofac Radiol. 2015;44(1):20140197. DOI PubMed

Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, et al.; SEDENTEXCT Project Consortium. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. Eur J Radiol. 2012;81(2):267-271. 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: ۱۷ آبان ۱۴۰۵.