تیم تحریریه علمی چاوش طب آذین · آخرین به‌روزرسانی: ۱۴۰۵/۰۸/۱۰ · chavoshteb.ir/cbct-quality-control-efomp-estro-iaea



کنترل کیفی CBCT: پروتکل EFOMP-ESTRO-IAEA و آزمون‌های فانتومی

کنترل کیفی CBCT مجموعه آزمون‌های عینی و تکرارپذیری است که عملکرد زنجیره تصویربرداری را می‌سنجد و ثبات آن را در طول زمان پایش می‌کند. پروتکل مشترک EFOMP، ESTRO و IAEA این آزمون‌ها را برای همه انواع CBCT یکسان کرده است: یکنواختی، دقت هندسی، مقدار وکسل، نویز، وضوح کنتراست پایین، وضوح فضایی و خروجی پرتو.

نکات کلیدی این مقاله

- پروتکل **EFOMP-ESTRO-IAEA** با هدف یکسان‌سازی پارامترهای آزمون کیفیت تصویر و خروجی پرتو در همه انواع CBCT منتشر شده است.
- آزمون‌های کیفیت تصویر معمولاً به **فانتوم** و نرم‌افزار ارزیابی نیاز دارند؛ خروجی پرتو با KAP متر یا دوزیمتر حالت جامد برآورد می‌شود.
- در نمونه اولیه فانتوم SEDENTEXCT، انحراف اندازه‌گیری‌های تکراری ۰ تا ۳٫۳ درصد بود؛ اما عملکرد هفت دستگاه تفاوت زیادی داشت.
- Pauwels و همکاران نتیجه گرفتند که همبستگی با اعداد CT نباید جزو آزمون کنترل کیفی CBCT دندانی باشد.
- تجربه UT Health San Antonio نشان می‌دهد هسته برنامه QA، **داده پایه**، آستانه هشدار و اقدام و نمودار کنترل است.

این مقاله، **کنترل کیفی CBCT** را از منظر فیزیک پزشکی و نیاز روزمره بخش رادیولوژی دهان، فک و صورت مرور می‌کند. محور اصلی متن، گزارش خلاصه پروتکل EFOMP-ESTRO-IAEA است و در کنار آن، مطالعه Pauwels و همکاران درباره فانتوم کنترل کیفی CBCT دندانی و تجربه اجرایی دانشکده دندان‌پزشکی UT Health San Antonio بررسی می‌شود. مبانی تشکیل تصویر در مقاله اصول فیزیکی CBCT و اثر پارامترهای دستگاه در مقاله مشخصات فنی CBCT آمده است.

فهرست مطالب

- کنترل کیفی CBCT و جایگاه آن در تضمین کیفیت
  - آزمون پذیرش، آزمون ثبات و نگهداری
- پروتکل EFOMP-ESTRO-IAEA: دامنه و پارامترها
  - پارامترهای کیفیت تصویر در پروتکل
  - اندازه‌گیری خروجی پرتو
- فانتوم‌های آزمون CBCT دندانی
  - فانتوم SEDENTEXCT و درج‌های آن
  - تکرارپذیری و دامنه نتایج میان دستگاه‌ها
- پیاده‌سازی برنامه کنترل کیفی در مرکز
  - تجربه UT Health San Antonio
  - اجزای برنامه اجرایی
- کنترل کیفیت، دوز و بهینه‌سازی
  - نقش کارشناس فیزیک پزشکی
- پرسش‌های متداول
  - کنترل کیفی CBCT چیست؟
  - پروتکل EFOMP-ESTRO-IAEA چه پارامترهایی را پوشش می‌دهد؟
  - آیا برای کنترل کیفی حتماً به فانتوم نیاز است؟
  - چرا همبستگی با عدد CT در آزمون دستگاه‌های دندانی توصیه نمی‌شود؟
  - سطح اقدام در کنترل کیفی به چه معناست؟
  - داده پایه چگونه تعیین می‌شود؟
- جمع‌بندی
- منابع

کنترل کیفی CBCT و جایگاه آن در تضمین کیفیت

کنترل کیفی CBCT بخشی از برنامه گسترده‌تر تضمین کیفیت (QA) است و به اندازه‌گیری منظم پارامترهای فنی دستگاه با ابزار و روش ثابت اشاره دارد. هدف آن دو چیز است: ارزیابی عینی عملکرد دستگاه، و پایش ثبات زنجیره تصویربرداری در طول زمان تا هر افت کیفیت یا تغییر دوز پیش از اثر بر تشخیص شناسایی شود.

آژانس بین‌المللی انرژی اتمی در صفحه حفاظت بیمار در رادیولوژی دندان تأکید می‌کند که تجهیزات باید آزمون پذیرش رسمی و کنترل کیفی روتین داشته باشند، نگهداری مناسب شوند و همه امکانات استاندارد کاهش دوز را داشته باشند. در CBCT

این موضوع اهمیت بیشتری دارد، زیرا تنوع هندسه، آشکارساز و الگوریتم بازسازی میان دستگاه‌ها زیاد است و مقادیر وکسل نیز استاندارد واحدی ندارند.

> *“The chosen tests provide the means to objectively evaluate the performance and monitor the constancy of the imaging chain.”*
>
> ترجمه: «آزمون‌های انتخاب‌شده، ابزار ارزیابی عینی عملکرد و پایش ثبات زنجیره تصویربرداری را فراهم می‌کنند.»
>
> — de Las Heras Gala و همکاران، Physica Medica

آزمون پذیرش، آزمون ثبات و نگهداری

در ادبیات تضمین کیفیت، سه لایه از هم جدا می‌شوند. **آزمون پذیرش** پس از نصب و پیش از کاربرد بالینی، انطباق دستگاه با مشخصات را تأیید می‌کند. **آزمون ثبات** با تکرار دوره‌ای همان اندازه‌گیری‌ها، انحراف از داده پایه را آشکار می‌کند. نگهداری اصلاحی نیز زمانی لازم می‌شود که نتیجه آزمون از سطح اقدام فراتر رود.

پروتکل EFOMP-ESTRO-IAEA همین منطق را صریحاً بیان می‌کند: اگر خروجی پرتو یا کیفیت تصویر از مقادیر مورد انتظار منحرف شود یا از سطوح اقدام مستند دستگاه فراتر رود، تحلیل عمیق‌تر سیستم با آزمون‌های متداول و کار نگهداری اصلاحی ممکن است لازم باشد. بنابراین کنترل کیفی، یک برگه آزمون جداگانه نیست؛ حلقه‌ای از اندازه‌گیری، مقایسه و اقدام است.

پروتکل EFOMP-ESTRO-IAEA: دامنه و پارامترها

این راهنما حاصل اجماع فدراسیون اروپایی انجمن‌های فیزیک پزشکی (EFOMP)، انجمن اروپایی رادیوتراپی و انکولوژی (ESTRO) و آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (IAEA) است. هدف اعلام‌شده آن، یکسان‌سازی پارامترهای آزمون کیفیت تصویر و خروجی پرتو در همه انواع CBCT است؛ از دندان‌پزشکی و رادیولوژی مداخله‌ای تا جراحی هدایت‌شده و رادیوتراپی.

اهمیت این دامنه گسترده برای رادیولوژی دهان و فک آن است که زبان مشترکی میان کارشناس فیزیک پزشکی، سازنده و کاربر بالینی ایجاد می‌کند. وقتی پارامترها و روش اندازه‌گیری یکسان باشد، مقایسه نتایج یک دستگاه در زمان‌های مختلف و نیز مقایسه دستگاه‌ها معنادارتر می‌شود. مرور Kaasalainen و همکاران نیز ویژگی‌های فنی اسکنرها، بهینه‌سازی دوز و مسائل حل‌نشده CBCT دندانی را جمع‌بندی کرده است.



پارامترهای کیفیت تصویر و خروجی پرتو که پروتکل EFOMP-ESTRO-IAEA برای همه انواع CBCT یکسان‌سازی کرده است

پارامترهای کیفیت تصویر در پروتکل

طبق پروتکل، کیفیت تصویر بر حسب شش پارامتر ارزیابی می‌شود. جدول زیر این پارامترها را همراه با مفهوم فیزیکی و ابزار معمول اندازه‌گیری خلاصه می‌کند:

پارامترهای کیفیت تصویر در کنترل کیفی CBCT

پارامتر	مفهوم	ابزار معمول
یکنواختی	ثبات مقدار وکسل در نواحی مختلف یک ماده همگن	ناحیه همگن فانتوم
دقت هندسی	تطابق ابعاد بازسازی‌شده با ابعاد واقعی	فانتوم با فواصل معلوم
مقدار وکسل	مقادیر چگالی وکسل یا HU در صورت وجود	درج‌های مواد با چگالی مختلف
نویز	انحراف معیار مقدار وکسل در ماده همگن	ناحیه همگن فانتوم
وضوح کنتراست پایین	آشکارسازی اختلاف کم چگالی در برابر نویز	درج‌های کنتراست پایین
وضوح فضایی	توان تفکیک جزئیات ریز	سیم، لبه یا الگوی خطی

منبع: پروتکل EFOMP-ESTRO-IAEA، ۲۰۱۷؛ ستون ابزار بر پایه Pauwels و همکاران، ۲۰۱۱

اندازه‌گیری خروجی پرتو

پروتکل برای خروجی پرتو دو راه پیشنهاد می‌کند. راه نخست، اتصال **KAP متر** (سنجه حاصل‌ضرب کرما در سطح) به محفظه لوله است. راه جایگزین، قرار دادن دوزیمتر حالت جامد روی پنل تخت و محاسبه دوز در ایزوسنتر با یک رابطه هندسی ساده است.

این داده‌ها مبنای مقایسه با سطوح مرجع و پایش دوز است؛ موضوعی که در مقاله دوزیمتری رادیولوژی دندان به‌تفصیل مرور شده است. پروتکل همچنین جداول خلاصه‌ای با سطح اقدام و فاصله پیشنهادی هر آزمون ارائه می‌کند تا هر مرکز بتواند برنامه خود را بر پایه آن تنظیم کند.

فانتوم‌های آزمون CBCT دندانی

فانتوم، جسم آزمونی با ابعاد و مواد معلوم است که امکان اندازه‌گیری عینی و تکرارپذیر پارامترهای تصویر را می‌دهد. در CBCT دندانی، فانتوم باید هم تضعیف متوسط سر را شبیه‌سازی کند و هم در کوچک‌ترین FOVهای بازار قابل استفاده باشد. پروژه اروپایی SEDENTEXCT برای همین هدف یک فانتوم اختصاصی توسعه داد.

فانتوم SEDENTEXCT و درج‌های آن

نمونه اولیه این فانتوم، استوانه‌ای از جنس **PMMA** به قطر ۱۶۰ و ارتفاع ۱۶۲ میلی‌متر بود که هفت حفره در مرکز و رئوس یک شش‌ضلعی منتظم داشت. هشت درج استوانه‌ای به قطر ۳۵ و ارتفاع ۲۰ میلی‌متر برای سنجش شش پارامتر کیفیت تصویر طراحی شد؛ از جمله درج سه میله تیتانیومی برای آرتیفکت فلزی، به دلیل کاربرد روزافزون ایمپلنت تیتانیومی.

به توضیح Pauwels و همکاران، کوچک‌ترین FOV موجود در بازار (۴۰ × ۳۰ میلی‌متر) از اندازه درج (۳۵ × ۲۰ میلی‌متر) بزرگ‌تر است؛ بنابراین فانتوم روی همه دستگاه‌ها کاربرد دارد. قرار دادن درج‌ها در حفره‌های محیطی نیز از نظر بالینی معنادار است، زیرا دندان‌ها، استخوان فک، سینوس‌ها و TMJ عمدتاً در محیط سر قرار دارند.

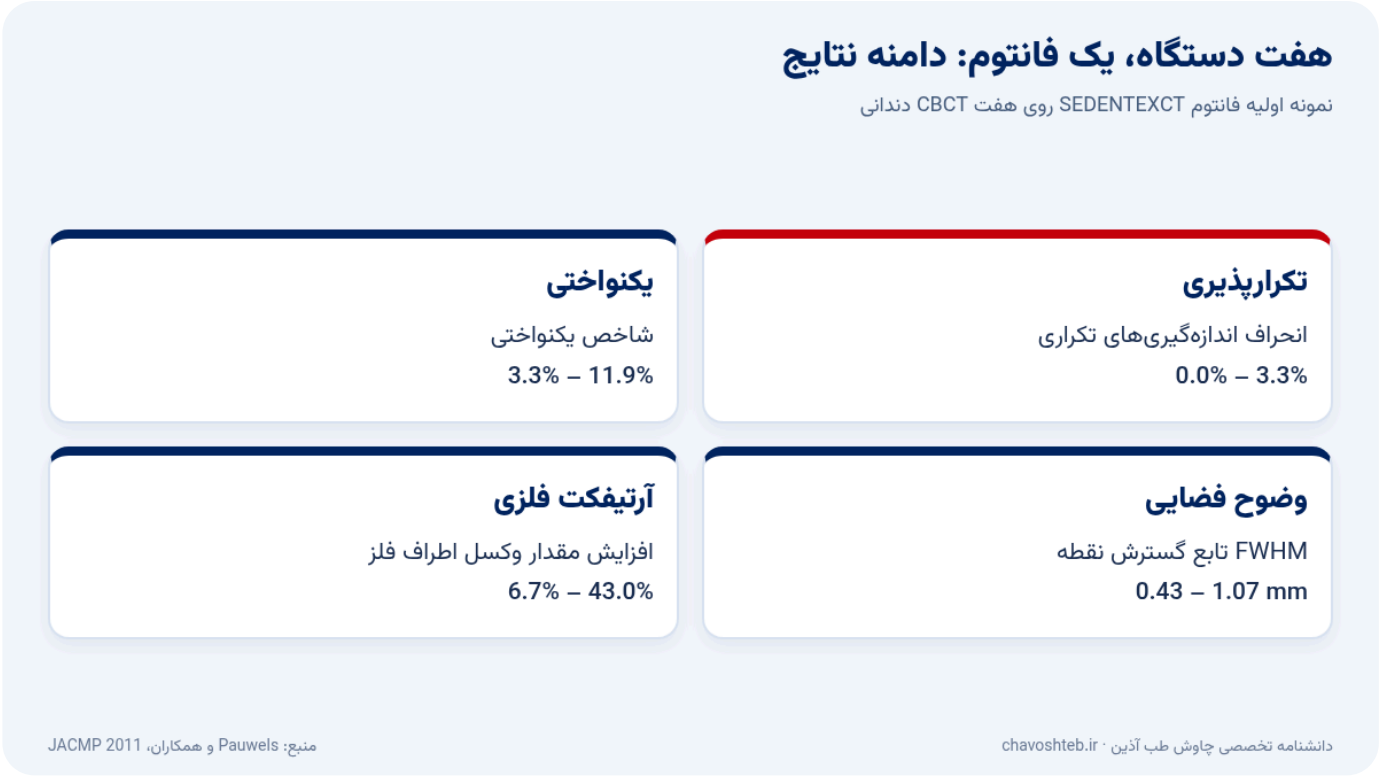


اجزای نمونه اولیه فانتوم کنترل کیفی CBCT دندانی در پروژه SEDENTEXCT

تکرارپذیری و دامنه نتایج میان دستگاه‌ها

فانتوم روی هفت دستگاه CBCT با پروتکل‌های بالینی مختلف آزمایش شد. انحراف اندازه‌گیری‌های تکراری بین ۰ تا ۳٫۳ درصد بود؛ یعنی روش اندازه‌گیری پایدار است. در مقابل، نتایج دستگاه‌ها دامنه گسترده‌ای داشت: نویز ۳۵ تا ۴۱۹، شاخص یکنواختی ۳٫۳ تا ۱۱٫۹ درصد، FWHM بین ۰٫۴۳ تا ۱٫۰۷ میلی‌متر و افزایش مقدار وکسل اطراف فلز ۶٫۷ تا ۴۳ درصد.

نسبت کنتراست به نویز برای هیدروکسی‌آپاتیت (کمتر از ۷٫۷) بسیار پایین‌تر از هوا و آلومینیوم (۵ تا ۳۲٫۸) بود و ضریب همبستگی مقدار وکسل با عدد CT میان ۰٫۶۸ تا ۱ قرار داشت. این یافته‌ها توضیح می‌دهند چرا تفسیر کمّی چگالی در CBCT محتاطانه است؛ موضوعی که در مقاله آرتیفکت CBCT نیز از منظر آرتیفکت و پراکندگی بررسی شده است.



تفاوت گسترده عملکرد هفت دستگاه CBCT در آزمون‌های فانتومی؛ تکرارپذیری اندازه‌گیری‌ها بالا بود

> *“The results demonstrate that a CT number correlation analysis should not be part of a QC procedure for dental CBCT, as many manufacturers do not claim to have an accurate correlation with CT numbers for their devices.”*
>
> ترجمه: «نتایج نشان می‌دهد تحلیل همبستگی با عدد CT نباید بخشی از روند کنترل کیفی CBCT دندانی باشد، زیرا بسیاری از سازندگان مدعی همبستگی دقیق دستگاه خود با اعداد CT نیستند.»
>
> — Pauwels و همکاران، Journal of Applied Clinical Medical Physics

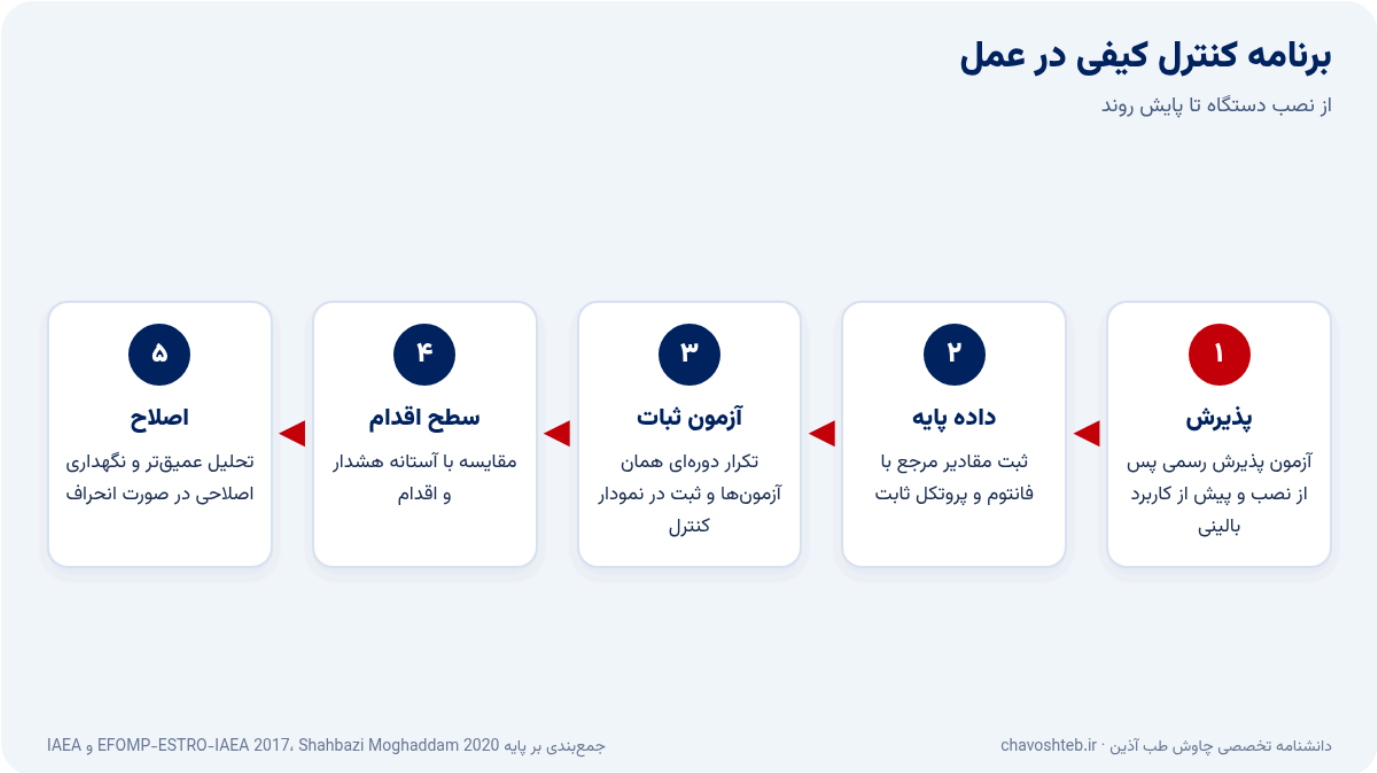
پیاده‌سازی برنامه کنترل کیفی در مرکز

اجرای موفق برنامه کنترل کیفی به سه جزء وابسته است: فانتوم و پروتکل اسکن ثابت، داده پایه معتبر برای هر دستگاه، و آستانه‌های از پیش تعریف‌شده برای هشدار و اقدام. بدون داده پایه، هیچ اندازه‌گیری دوره‌ای قابل تفسیر نیست؛ و بدون سطح اقدام، انحراف شناسایی‌شده به تصمیم عملی تبدیل نمی‌شود.

تجربه UT Health San Antonio

Shahbazi Moghaddam و همکاران پروتکل اصلاح‌شده‌ای را برای پنج دستگاه CBCT دانشکده دندان‌پزشکی UT Health San Antonio اجرا کردند و داده‌های پایه سال ۲۰۱۶ را بازتعریف کردند. پنج پارامتر آرتیفکت، نسبت کنتراست به نویز، نویز، وضوح فضایی و وضوح کنتراست با پیکربندی سفارشی درج‌ها در فانتوم کیفیت تصویر SEDENTEXCT سنجیده شد.

برای هر دستگاه، میانگین مرجع چهار اسکن تعیین و آستانه‌های هشدار و اقدام محاسبه شد. آزمون‌ها، فاصله اجرا و سطوح اقدام به‌روزرسانی و نمودارهای کنترل برای تحلیل روند آینده ایجاد شد. این الگو نشان می‌دهد که حتی در مرکزی با دستگاه‌های متنوع از سازندگان مختلف، یک فانتوم مشترک و روش ثابت امکان پایش منظم را فراهم می‌کند.



چرخه اجرایی برنامه تضمین کیفیت CBCT؛ از داده پایه تا اقدام اصلاحی

اجزای برنامه اجرایی

بر پایه منابع این مقاله، اجزای اصلی این برنامه در بخش رادیولوژی دهان و فک عبارت‌اند از:

- **فانتوم و پروتکل ثابت:** فانتوم، موقعیت‌دهی، FOV و پارامترهای اکسپوژر در همه آزمون‌ها یکسان بماند.
- **داده پایه:** مقادیر مرجع پس از آزمون پذیرش و پس از هر تعمیر اساسی یا تعویض قطعه اصلی ثبت شود.
- **پارامترهای کلیدی:** یکنواختی، دقت هندسی، نویز، وضوح کنتراست پایین، وضوح فضایی و خروجی پرتو، مطابق EFOMP-ESTRO-IAEA.
- **آستانه هشدار و اقدام:** برای هر پارامتر از پیش تعیین و مستند شود.
- **نمودار کنترل:** نتایج دوره‌ای ثبت شود تا روند تدریجی افت کیفیت قابل مشاهده باشد.

- **اقدام اصلاحی:** در صورت عبور از سطح اقدام، تحلیل عمیق‌تر و نگهداری انجام و نتیجه مستند شود.

جدول زیر، نقش هر مرحله و مبنای علمی آن را کنار هم قرار می‌دهد:

مراحل برنامه تضمین کیفیت CBCT و مبنای آن

مرحله	هدف	مبنا در منابع
آزمون پذیرش	تأیید عملکرد پیش از کاربرد بالینی	IAEA: آزمون پذیرش رسمی و کنترل کیفی روتین
داده پایه	تعیین مقادیر مرجع هر دستگاه	Shahbazi Moghaddam: میانگین مرجع چهار اسکن
آزمون ثبات	پایش پایداری زنجیره تصویربرداری	EFOMP-ESTRO-IAEA: پایش ثبات و فاصله پیشنهادی هر آزمون
مقایسه با سطح اقدام	تبدیل اندازه‌گیری به تصمیم	EFOMP-ESTRO-IAEA: جداول سطوح اقدام
اقدام اصلاحی	بازگرداندن عملکرد به محدوده مجاز	EFOMP-ESTRO-IAEA: تحلیل عمیق‌تر و نگهداری اصلاحی

منابع: Shahbazi Moghaddam ۲۰۲۰، EFOMP-ESTRO-IAEA ۲۰۱۷ و IAEA

کنترل کیفیت، دوز و بهینه‌سازی

کنترل کیفیت تنها ابزار فنی نگهداری نیست؛ پیش‌شرط بهینه‌سازی دوز است. وقتی خروجی پرتو و کیفیت تصویر هر پروتکل اندازه‌گیری و پایش شود، کاهش دوز بدون افت کیفیت تشخیصی قابل اثبات می‌شود. راهنمای اروپایی SEDENTEXCT (RP 172) نیز استانداردهای کیفیت و تضمین کیفیت را بخشی از کاربرد ایمن CBCT دندانی می‌داند.

در همین چارچوب، ICRP 129 حفاظت پرتویی در CBCT را بر پایه اصول توجیه و بهینه‌سازی تبیین می‌کند. اصول توجیه در مقاله توجیه تصویربرداری و رابطه اندازه FOV با اندیکاسیون در مقاله FOV در OP 3D LX و EX مرور شده است.

نقش کارشناس فیزیک پزشکی

آزمون‌های فانتومی، تحلیل داده و تعیین سطوح اقدام به دانش فیزیک پزشکی نیاز دارد. همکاری رادیولوژیست، کارشناس فیزیک پزشکی و نماینده فنی سازنده، این امکان را می‌دهد که نتیجه آزمون هم از نظر فنی و هم از نظر اثر تشخیصی تفسیر

شود. برای دستگاه‌هایی مانند خانواده CBCT مدل OP 3D برند DEXIS که حالت‌های وضوح و دوز متعدد دارند، آزمون هر پروتکل پرکاربرد به‌طور جداگانه ارزشمند است.

پرسش‌های متداول

کنترل کیفی CBCT چیست؟

این فرایند مجموعه آزمون‌های عینی و تکرارپذیر برای سنجش عملکرد دستگاه و پایش ثبات آن در طول زمان است. این آزمون‌ها معمولاً با فانتوم انجام می‌شوند و پارامترهایی مانند یکنواختی، دقت هندسی، نویز، وضوح و خروجی پرتو را می‌سنجند.

پروتکل EFOMP-ESTRO-IAEA چه پارامترهایی را پوشش می‌دهد؟

این پروتکل کیفیت تصویر را با یکنواختی، دقت هندسی، مقدار وکسل یا عدد هانسفیلد در صورت وجود، نویز، وضوح کنتراست پایین و وضوح فضایی می‌سنجد و خروجی پرتو را با KAP متر یا دوزیمتر حالت جامد روی پنل برآورد می‌کند.

آیا برای کنترل کیفی حتماً به فانتوم نیاز است؟

بله، طبق پروتکل EFOMP-ESTRO-IAEA آزمون‌های کیفیت تصویر معمولاً به فانتوم و نرم‌افزار ارزیابی نیاز دارند، زیرا تنها با جسم آزمون معلوم می‌توان نتایج را عینی و تکرارپذیر مقایسه کرد.

چرا همبستگی با عدد CT در آزمون دستگاه‌های دندانی توصیه نمی‌شود؟

Pauwels و همکاران نتیجه گرفتند که این تحلیل نباید بخشی از آزمون‌های دوره‌ای CBCT دندانی باشد، زیرا بسیاری از سازندگان مدعی همبستگی دقیق مقادیر وکسل با اعداد CT نیستند.

سطح اقدام در کنترل کیفی به چه معناست؟

سطح اقدام آستانه‌ای از پیش تعیین‌شده برای هر پارامتر است. اگر نتیجه آزمون از آن فراتر رود، طبق پروتکل EFOMP-ESTRO-IAEA تحلیل عمیق‌تر سیستم و نگهداری اصلاحی ممکن است لازم باشد.

داده پایه چگونه تعیین می‌شود؟

داده پایه مجموعه مقادیر مرجع هر دستگاه است که با فانتوم و پروتکل ثابت ثبت می‌شود. در مطالعه UT Health San Antonio، میانگین چهار اسکن مرجع برای هر دستگاه تعیین و آستانه‌های هشدار و اقدام بر پایه آن محاسبه شد.

جمع‌بندی

کنترل کیفی CBCT حلقه‌ای از اندازه‌گیری، مقایسه و اقدام است. پروتکل EFOMP-ESTRO-IAEA با یکسان‌سازی پارامترهای کیفیت تصویر و خروجی پرتو، زبان مشترکی برای همه انواع CBCT فراهم کرده است. فانتوم SEDENTEXCT نشان داد که اندازه‌گیری‌ها تکرارپذیرند، اما عملکرد دستگاه‌ها تفاوت زیادی دارد. تجربه UT Health San Antonio نیز نشان می‌دهد که داده پایه، سطوح هشدار و اقدام و نمودار کنترل، هسته یک برنامه پایدار تضمین کیفیت است که پیش‌شرط بهینه‌سازی دوز و اعتماد به تصویر تشخیصی به شمار می‌آید.

برای آشنایی با پیکربندی‌ها و امکانات دستگاه CBCT مدل OP 3D برند DEXIS و سایر دستگاه‌های CBCT، برای مشاوره علمی و فنی با کارشناسان چاوش طب آذین تماس بگیرید: ۰۹۱۲۲۶۱۶۱۶۷ و ۰۹۱۲۳۹۵۹۴۳۶.

نکات کلیدی

کنترل کیفی CBCT: پروتکل EFOMP-ESTRO-IAEA

1. پروتکل EFOMP-ESTRO-IAEA آزمون‌های همه انواع CBCT را یکسان می‌کند
2. یکنواختی، دقت هندسی، نویز و وضوح با فانتوم سنجیده می‌شود
3. خروجی پرتو با KAP متر یا دوزیمتر روی پنل برآورد می‌شود
4. تفاوت عملکرد دستگاه‌ها در آزمون فانتومی بسیار زیاد بود
5. داده پایه، سطح اقدام و نمودار کنترل، هسته برنامه QA است

دانشنامه تخصصی چاوش طب آذین · chavoshteb.ir

نکات کلیدی مقاله در یک نگاه

مهم‌ترین پیام‌های این مقاله را می‌توان در محورهای زیر خلاصه کرد:

نکات کلیدی در یک نگاه

محور	نکته کلیدی
تعریف	آزمون‌های عینی و تکرارپذیر برای سنجش عملکرد و پایش ثبات زنجیره تصویربرداری.
پروتکل مرجع	EFOMP-ESTRO-IAEA؛ یکسان‌سازی آزمون‌ها برای همه انواع CBCT.
پارامترها	یکنواختی، دقت هندسی، مقدار وکسل، نویز، وضوح کنتراست پایین و وضوح فضایی.
خروجی پرتو	KAP متر روی لوله یا دوزیمتر حالت جامد روی پنل و محاسبه دوز ایزوسنتر.
فانتوم	PMMA هم‌اندازه سر با درج‌های ۳۵ × ۲۰ میلی‌متری؛ تکرارپذیری ۰ تا ۳٫۳ درصد.
اجرا	داده پایه، آستانه هشدار و اقدام، نمودار کنترل و اقدام اصلاحی مستند.

منابع

1. de Las Heras Gala H, Torresin A, Dasu A, et al. Quality control in cone-beam computed tomography (CBCT) EFOMP-ESTRO-IAEA protocol (summary report). Phys Med. 2017;39:67-72. doi:10.1016/j.ejmp.2017.05.069
2. Pauwels R, Stamatakis H, Manousaridis G, et al.; SEDENTEXCT Project Consortium. Development and applicability of a quality control phantom for dental cone-beam CT. J Appl Clin Med Phys. 2011;12(4):3478. doi:10.1120/jacmp.v12i4.3478
3. Shahbazi Moghaddam A, Kats JC, Katkar R, Diogenes AR, Yeh CK, Deahl ST. Implementation of a modified quality assurance protocol for CBCT machines within UT Health San Antonio School of Dentistry. Dentomaxillofac Radiol. 2020;49(2):20190229. doi:10.1259/dmfr.20190229
4. European Commission. Radiation Protection No 172: Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology — Evidence-based guidelines (SEDENTEXCT). Luxembourg: Publications Office of the EU; 2012. op.europa.eu — RP 172 (doi:10.2768/21874)
5. International Atomic Energy Agency (IAEA). Radiation protection of patients in dental radiology — information for health professionals (RPOP). Vienna: IAEA. iaea.org — RPOP: dentistry, patients
6. Kaasalainen T, Ekholm M, Siiskonen T, Kortesniemi M. Dental cone beam CT: An updated review. Phys Med. 2021;88:193-217. doi:10.1016/j.ejmp.2021.07.007
7. ICRP; Rehani MM, Gupta R, Bartling S, et al. Radiological Protection in Cone Beam Computed Tomography (CBCT). ICRP Publication 129. Ann ICRP. 2015;44(1):9-127. doi:10.1177/0146645315575485
8. Featured image: dental imaging set-up with head phantom, UT Health San Antonio — photo by Nightryder84, CC0 1.0, via Wikimedia Commons. commons.wikimedia.org — Dental imaging UTHSCSA1.JPG

درباره نویسنده

این مقاله توسط **تیم تحریریه علمی چاوش طب آذین** تهیه شده است؛ تیمی که محتوای دانشنامه تخصصی رادیولوژی دهان، فک و صورت را بر پایه مقالات داوری‌شده، گایدلاین‌های بین‌المللی و مستندات فنی سازندگان تدوین و به‌روزرسانی می‌کند. چاوش طب آذین از سال ۲۰۱۴ در حوزه خدمات و تجهیزات تصویربرداری دندان‌پزشکی فعالیت دارد (درباره ما). سایر مقالات این دانشنامه در وبلاگ چاوش طب آذین در دسترس است. این محتوا جنبه آموزشی دارد و جایگزین قضاوت بالینی متخصص نیست.

آخرین به‌روزرسانی: ۱۴۰۵/۰۸/۱۰