دانشنامه علمی چاوش طب آذین · chavoshteb.ir · به‌روزرسانی ۲۱ آبان ۱۴۰۵

دقت جراحی ایمپلنت هدایت‌شده با گاید استاتیک: انحراف ورودی، اپکس و زاویه

متاآنالیز ۲۰ مطالعه بالینی با ۲,۲۳۸ ایمپلنت، میانگین خطای جراحی ایمپلنت هدایت‌شده با گاید استاتیک را ۱٫۲ میلی‌متر در ورودی، ۱٫۴ میلی‌متر در اپکس و ۳٫۵ درجه نشان داد. این دقت در بیشتر موقعیت‌های بالینی قابل قبول است، اما رعایت حاشیه ایمنی دست‌کم ۲ میلی‌متر از ساختارهای حیاتی همچنان ضروری است.

نکات کلیدی این مقاله

- میانگین خطای گاید استاتیک در ۲۰ مطالعه بالینی: ۱٫۲ میلی‌متر ورودی، ۱٫۴ میلی‌متر اپکس و ۳٫۵ درجه.[۱]
- دقت در بی‌دندانی پارسیل به‌طور معنادار بهتر از بی‌دندانی کامل بود.[۱]
- در ۶۷ مقاله، پروتکل کاملاً هدایت‌شده دقیق‌تر از گاید پایلوت بود و سیستم رباتیک کمترین انحراف را داشت.[۲]
- در مطالعات بالینی، روش کامپیوتری نسبت به فری‌هند ۰٫۶۵ میلی‌متر در ورودی، ۱٫۱۰ میلی‌متر در اپکس و ۳٫۸۷ درجه دقیق‌تر بود.[۳]
- حاشیه ایمنی دست‌کم ۲ میلی‌متر از ساختارهای حیاتی توصیه شده است.[۱]

جراحی ایمپلنت با گاید استاتیک، طرح مجازی ساخته‌شده روی CBCT و اسکن داخل دهانی را با یک راهنمای جراحی به دهان بیمار منتقل می‌کند. پرسش کلیدی برای رادیولوژیست و جراح این است که موقعیت نهایی ایمپلنت چقدر با طرح فاصله دارد و این فاصله چه حاشیه ایمنی را در گزارش CBCT ایجاب می‌کند.[۱] این مقاله شواهد متاآنالیزهای اخیر را مرور می‌کند.

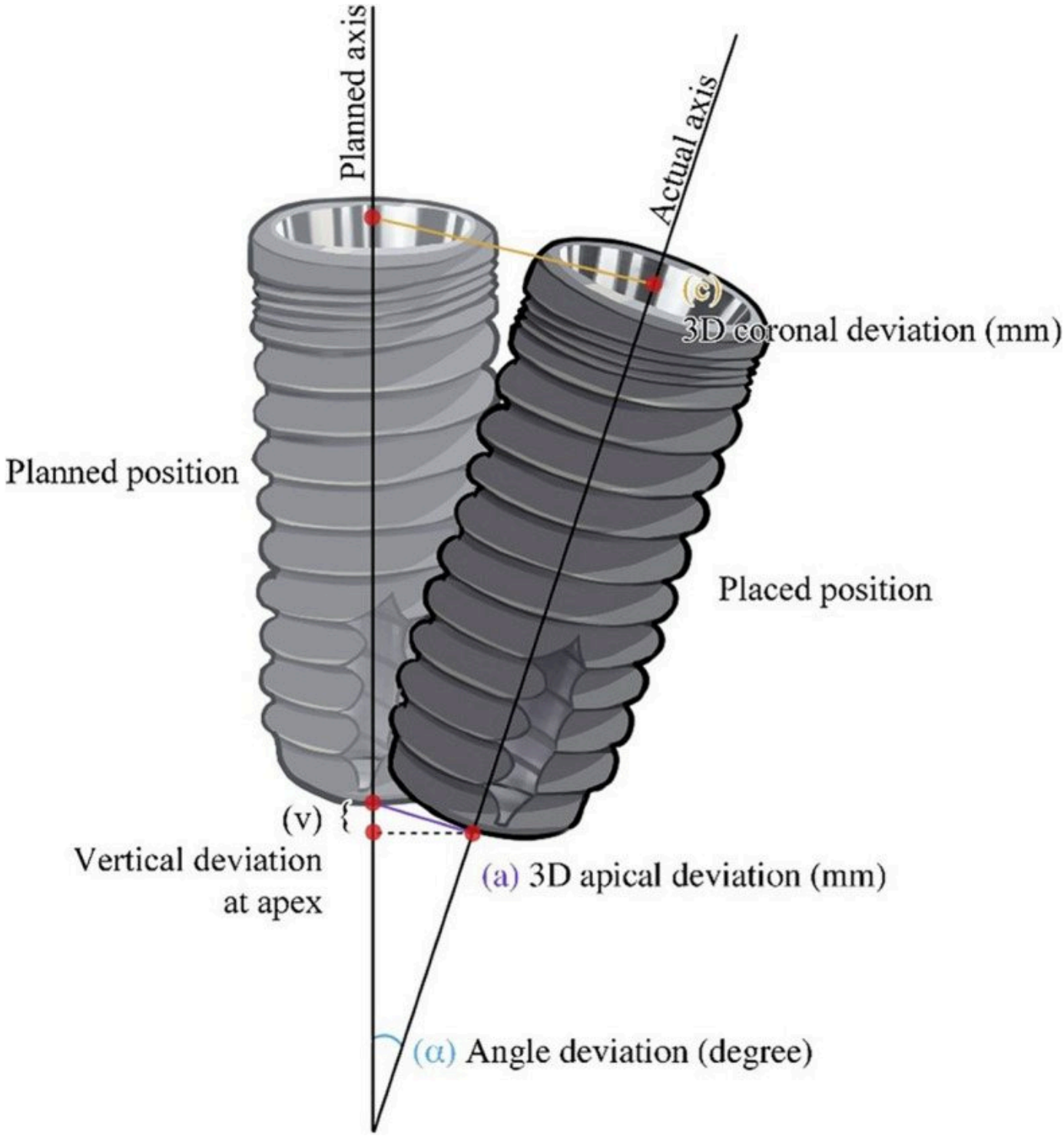
فهرست مطالب

1. جراحی ایمپلنت هدایت‌شده و تعریف انحراف
2. شواهد متاآنالیز درباره گاید استاتیک
3. مقایسه با فری‌هند و ناوبری
4. نقش CBCT و گزارش رادیولوژیست

5. جدول جمع‌بندی نکات
6. پرسش‌های متداول
7. جمع‌بندی
8. مطالعه مرتبط در دانشنامه
9. منابع

جراحی ایمپلنت هدایت‌شده و تعریف انحراف

دقت ایمپلنت هدایت‌شده معمولاً با سه شاخص سنجیده می‌شود: فاصله سه‌بعدی مرکز ورودی (کرونال) طرح و ایمپلنت نهایی، فاصله سه‌بعدی مرکز اپکس، و زاویه میان محور طرح و محور واقعی.[۲] این شاخص‌ها با هم‌پوشانی CBCT یا اسکن پس از جراحی بر طرح مجازی اندازه‌گیری می‌شوند.



شاخص‌های دقت: انحراف سه‌بعدی کرونال، اپیکال و زاویه‌ای. شکل ۱ از Khaohoen و همکاران، BMC Oral Health 2024؛ مجوز CC BY 4.0، با تغییر اندازه.

شواهد متاآنالیز درباره گاید استاتیک

Tahmaseb و همکاران برای کنفرانس اجماع ۲۰ ،ITI مطالعه بالینی شامل ۲,۲۳۸ ایمپلنت در ۴۷۱ بیمار را بررسی کردند. میانگین خطا ۱٫۲ میلی‌متر (۱٫۰۴ تا ۱٫۴۴) در ورودی، ۱٫۴ میلی‌متر (۱٫۲۸ تا ۱٫۵۸) در اپکس و ۳٫۵ درجه (۳٫۰ تا ۳٫۹۶) بود و دقت در بی‌دندانی پارسیل بهتر از بی‌دندانی کامل گزارش شد.[۱]

«بر پایه این مرور نظام‌مند و محدودیت‌های آن، می‌توان نتیجه گرفت که دقت جراحی ایمپلنت کامپیوتری استاتیک در اکثر موقعیت‌های بالینی در محدوده قابل قبول بالینی است.»

“Based on the present systematic review and its limitations, it can be concluded that the accuracy of static computer-aided implant surgery is within the clinically acceptable range in the majority of clinical situations.”

— Tahmaseb و همکاران، Clin Oral Implants Res 2018[۱]

Khaohoen و همکاران در متاآنالیز ۶۷ مقاله بالینی، میانگین انحراف روش‌های کامپیوتری را ۱٫۱۱ میلی‌متر در ورودی، ۱٫۴۰ میلی‌متر در اپکس و ۳٫۵۱ درجه یافتند. سیستم رباتیک کمترین انحراف را داشت و پروتکل کاملاً هدایت‌شده به‌طور معنادار دقیق‌تر از گاید پایلوت بود، اما با گاید نیمه‌کامل تفاوت معنادار نداشت.[۲]



منبع: Khaohoen A و همکاران، BMC Oral Health 2024;24(1):359.

میانگین انحراف ورودی و اپکس؛ نمودار تحریریه بر پایه Khaohoen و همکاران (۲۰۲۴).

خلاصه شواهد دقت جای‌گذاری کامپیوتری ایمپلنت

مرور	داده	ورودی	اپکس	زاویه

مرور	داده	ورودی	اپکس	زاویه
Tahmaseb ۲۰۱۸ (گاید استاتیک)	۲۰ مطالعه بالینی، ۲٬۲۳۸ ایمپلنت	۱٫۲ mm	۱٫۴ mm	۳٫۵°
Khaohoen ۲۰۲۴ (همه روش‌های کامپیوتری)	۶۷ مقاله بالینی	۱٫۱۱ mm	۱٫۴۰ mm	۳٫۵۱°
Khaohoen ۲۰۲۴ (رباتیک)	زیرگروه رباتیک	۰٫۸۱ mm	۰٫۷۷ mm	۱٫۷۱°
D'haese ۲۰۲۲ (آزمایشگاهی، گاید چاپ رومیزی)	۱۵ ایمپلنت در مدل رزینی	۰٫۵۲ mm	۰٫۹۰ mm	۲٫۶۳°

منبع: Tahmaseb 2018؛ Khaohoen 2024؛ D'haese 2022. نتایج آزمایشگاهی با بالینی قابل مقایسه مستقیم نیست.

مقایسه با فری‌هند و ناوبری

متاآنالیز دوم Khaohoen با ۴۵ مطالعه، روش‌های کامپیوتری (استاتیک، دینامیک و رباتیک) را با روش‌های غیرکامپیوتری (فری‌هند و گاید متعارف) مقایسه کرد. در ۲۲ مطالعه بالینی، اختلاف میانگین به نفع روش کامپیوتری ۰٫۶۵ میلی‌متر در ورودی، ۱٫۱۰ میلی‌متر در اپکس و ۳٫۸۷ درجه بود و جراحی رباتیک بالاترین دقت بالینی را داشت.[۳]

نویسندگان تأکید کردند که هزینه‌اثربخشی، طول ناحیه بی‌دندان و تجربه جراح باید در تصمیم لحاظ شود و روش‌های متعارف در موقعیت‌های ساده همچنان جایگزین مناسبی هستند.[۳]

گاید چاپ‌شده با چاپگر رومیزی

در مطالعه آزمایشگاهی D'haese، گاید دندانی چاپ‌شده با چاپگر رومیزی برای جایگزینی مولر اول مندیبل، انحراف زاویه‌ای ۲٫۶۳ درجه، کرونال ۰٫۵۲ میلی‌متر و اپیکال ۰٫۹۰ میلی‌متر و تطابق داخلی ۷۹٫۵ میکرون داشت و نویسندگان دقت آن را برای ایمپلنت تک قابل قبول دانستند.[۴]

نقش CBCT و گزارش رادیولوژیست

گروه کاری ۵ اجماع ITI نتیجه گرفت که دقت اندازه‌گیری روی CBCT به نرم‌افزار وابسته است و چون دقت اسکن داخل دهانی و اندازه‌گیری CBCT به حد لازم نیست، گاید استاتیک باید ابزار مکمل تشخیص، طرح درمان و جراحی دانسته شود.[۵] همچنین جراحی بدون فلپ با گاید ممکن است ایمپلنت را خارج از ناحیه مخاط کراتینیزه قرار دهد.[۵]

مرور Fokas و همکاران نیز دقت اندازه‌گیری خطی CBCT را در برنامه‌ریزی پیش از جراحی ایمپلنت بررسی کرده است.[۶] برداشت تحریریه: رادیولوژیست باید در گزارش، فاصله تا کانال مندیبولار، سوراخ چانه‌ای و کف سینوس را با در نظر گرفتن خطای مجموع زنجیره دیجیتال و حاشیه ایمنی دست‌کم ۲ میلی‌متر بیان کند.[۱]

منابع خطا در زنجیره جراحی ایمپلنت هدایت‌شده

مرحله	منبع خطای احتمالی	اقدام کاهنده
CBCT	آرتیفکت، حرکت بیمار، وابستگی به نرم‌افزار	پروتکل مناسب و بازبینی کیفیت
اسکن داخل دهانی	دقت ناکافی در قوس بی‌دندان	پروتکل اسکن معتبر
هم‌ترازی داده‌ها	خطای ثبت CBCT و اسکن	بازبینی هم‌پوشانی پیش از طراحی
گاید	تطابق و نوع تکیه‌گاه	گاید دندانی در صورت امکان
جراحی	پروتکل پایلوت در برابر کامل	پروتکل کاملاً هدایت‌شده

منبع: جمع‌بندی تحریریه بر پایه Tahmaseb 2018، ITI 2018 و Khaohoen 2024.

جدول جمع‌بندی نکات

نکات کلیدی دقت جراحی ایمپلنت هدایت‌شده

محور	نکته کلیدی
دقت گاید استاتیک	۱٫۲ mm ورودی، ۱٫۴ mm اپکس، ۳٫۵°

محور	نکته کلیدی
حاشیه ایمنی	دست‌کم ۲ میلی‌متر
پروتکل	کاملاً هدایت‌شده دقیق‌تر از پایلوت
مقایسه با فری‌هند	روش کامپیوتری دقیق‌تر؛ رباتیک بیشترین دقت
CBCT	دقت اندازه‌گیری وابسته به نرم‌افزار است

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

پرسش‌های متداول

دقت گاید استاتیک ایمپلنت چقدر است؟

در متاآنالیز ۲۰ مطالعه بالینی، میانگین خطا ۱٫۲ میلی‌متر در ورودی، ۱٫۴ میلی‌متر در اپکس و ۳٫۵ درجه بود.[۱]

چه حاشیه ایمنی‌ای توصیه می‌شود؟

دست‌کم ۲ میلی‌متر از ساختارهای حیاتی.[۱]

آیا گاید کامل بهتر از گاید پایلوت است؟

بله؛ پروتکل کاملاً هدایت‌شده به‌طور معنادار دقیق‌تر از گاید پایلوت بود.[۲]

روش کامپیوتری چقدر از فری‌هند دقیق‌تر است؟

در مطالعات بالینی، ۰٫۶۵ میلی‌متر در ورودی، ۱٫۱۰ میلی‌متر در اپکس و ۳٫۸۷ درجه.[۳]

دقت در بی‌دندانی کامل چگونه است؟

دقت در بی‌دندانی پارسیل به‌طور معنادار بهتر از بی‌دندانی کامل گزارش شد.[۱، ۵]

آیا گاید چاپ رومیزی قابل اعتماد است؟

در یک مطالعه آزمایشگاهی برای ایمپلنت تک، تطابق و دقت قابل قبول داشت؛ داده بالینی جداگانه لازم است.[۴]

جمع‌بندی

جراحی ایمپلنت با گاید استاتیک در بیشتر موقعیت‌ها دقت قابل قبول بالینی دارد و نسبت به فری‌هند دقیق‌تر است، اما خطای حدود یک تا یک‌ونیم میلی‌متر و چند درجه همچنان وجود دارد. کیفیت CBCT، هم‌ترازی داده‌ها، نوع تکیه‌گاه گاید و پروتکل جراحی همه بر نتیجه اثر دارند و گزارش رادیولوژیست باید حاشیه ایمنی دست‌کم ۲ میلی‌متر را مبنا قرار دهد.

مطالعه مرتبط در دانشنامه

- CBCT برای ایمپلنت و برنامه‌ریزی درمان
- اجماع ITI درباره فناوری‌های دیجیتال در ایمپلنت
- اسکنر داخل دهانی در قوس بی‌دندان
- اصول اپتیکی اسکنرهای داخل دهانی
- آرتیفکت CBCT: طبقه‌بندی و منشأ فیزیکی
- ارزیابی پیوند استخوان پس از سینوس لیفت با CBCT

منابع

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

Tahmaseb A, Wu V, Wismeijer D, Coucke W, Evans C. The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. Clin Oral Implants Res. 2018;29 Suppl 16:416-435. DOI PubMed

Khaohoen A, Powcharoen W, Sornsuwan T, Chaijareenont P, Rungsiyakull C, Rungsiyakull P. Accuracy of implant placement with computer-aided static, dynamic, and robot-assisted surgery: a systematic review and meta-analysis of clinical trials. BMC Oral Health. 2024;24(1):359. DOI PubMed متن کامل PMC

Khaohoen A, Powcharoen W, Yoda N, Rungsiyakull C, Rungsiyakull P. Accuracy in dental implant placement: A systematic review and meta-analysis comparing computer-assisted (static, dynamic, robotics) and noncomputer-assisted (freehand, conventional guide) approaches. J Prosthet Dent. 2025;134(1):91.e1-91.e25. DOI PubMed

D'haese R, Vrombaut T, Hommez G, De Bruyn H, Vandeweghe S. Accuracy of Guided Implant Surgery Using an Intraoral Scanner and Desktop 3D-Printed Tooth-Supported Guides. Int J Oral Maxillofac Implants. 2022;37(3):479-484. DOI PubMed

Wismeijer D, Joda T, Flügge T, Fokas G, Tahmaseb A, Bechelli D, et al. Group 5 ITI Consensus Report: Digital technologies. Clin Oral Implants Res. 2018;29 Suppl 16:436-442. DOI PubMed

Fokas G, Vaughn VM, Scarfe WC, Bornstein MM. Accuracy of linear measurements on CBCT images related to presurgical implant treatment planning: A systematic review. Clin Oral Implants Res. 2018;29 Suppl 16:393-415. 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: ۲۱ آبان ۱۴۰۵.