دانشنامه علمی چاوش طب آذین · chavoshteb.ir · به‌روزرسانی ۲ آذر ۱۴۰۵

ناوبری پویا و رباتیک در جراحی ایمپلنت: دقت در مقایسه با گاید استاتیک و روش آزاد

جراحی ایمپلنت با کمک کامپیوتر دقیق‌تر از روش‌های غیرکامپیوتری است و در میان سامانه‌ها، جراحی رباتیک بالاترین دقت بالینی را نشان داده است.[۱] ناوبری پویا در مطالعات بالینی انحراف زاویه‌ای میانگین ۳٫۶۸ درجه داشت و از گاید استاتیک و روش آزاد دقیق‌تر بود، اما چون انحراف بیش از ۱ میلی‌متر دیده شد، حاشیه ایمنی ۲ میلی‌متر باید رعایت شود.[۲]

نکات کلیدی این مقاله

- ناوبری پویا در ۱۷ مطالعه بالینی با ۲۰۲۵ ایمپلنت، انحراف زاویه‌ای کمتری از گاید استاتیک و روش آزاد داشت.[۳]
- میانگین کلی انحراف در ۶۷ مقاله: ورودی ۱٫۱۱ میلی‌متر، اپکس ۱٫۴۰ میلی‌متر و زاویه ۳٫۵۱ درجه.[۴]
- سامانه رباتیک کمترین انحراف را داشت: ۰٫۸۱ میلی‌متر کرونال، ۰٫۷۷ میلی‌متر اپیکال و ۱٫۷۱ درجه.[۴]
- گردش کار کامپیوتری در مطالعات بالینی انحراف زاویه‌ای را به‌طور میانگین ۳٫۸۷ درجه کمتر از روش غیرکامپیوتری کرد.[۱]
- با وجود دقت بالا، حاشیه ایمنی ۲ میلی‌متر نسبت به ساختارهای حیاتی توصیه می‌شود.[۲]

جراحی ایمپلنت با کمک کامپیوتر (CAIS) در سه شکل اصلی به کار می‌رود: گاید استاتیک ساخته‌شده بر پایه CBCT، ناوبری پویا که موقعیت فرز را در زمان واقعی روی تصویر CBCT ردیابی می‌کند و سامانه‌های رباتیک. برای رادیولوژیست دهان و فک، کیفیت حجم CBCT و ثبت تصویر پایه دقت همه این روش‌هاست. این مقاله شواهد متاآنالیزهای اخیر را درباره دقت ناوبری پویا و رباتیک در برابر گاید استاتیک و روش آزاد مرور می‌کند.

فهرست مطالب

1. دقت ناوبری پویا در متاآنالیزهای بالینی
2. جراحی رباتیک و مقایسه همه رویکردها
3. پیامد برای تصویربرداری CBCT

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

دقت ناوبری پویا در متاآنالیزهای بالینی

Jorba-García و همکاران ۲۴ مطالعه درباره ۹ سامانه ناوبری پویا را تحلیل کردند. در مطالعات بالینی، میانگین انحراف زاویه‌ای ۳٫۶۸ درجه و انحراف سه‌بعدی ورودی ۱٫۰۳ میلی‌متر بود؛ در مطالعات آزمایشگاهی این مقادیر به ۲٫۰۱ درجه و ۰٫۴۶ میلی‌متر کاهش یافت. تفاوت معناداری میان سامانه‌های مختلف دیده نشد.[۲]

ناوبری پویا به‌طور معناداری از گاید استاتیک (اختلاف میانگین زاویه ۰٫۸۶ درجه کمتر) و روش آزاد (۴٫۳۳ درجه کمتر) دقیق‌تر بود.[۲]

> «با این حال، باید حاشیه ایمنی ۲ میلی‌متر اعمال شود، زیرا انحراف‌های بیش از ۱ میلی‌متر مشاهده شد.»
>
> “However, a 2-mm safety margin should be applied, since deviations of more than 1 mm were observed.”
>
> — Jorba-García و همکاران، Clin Oral Investig 2021[۲]

Yu و همکاران با ۱۷ مطالعه بالینی و ۲۰۲۵ ایمپلنت از ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳ و متارگرسیون شش سامانه ناوبری، نشان دادند ناوبری پویا انحراف زاویه‌ای کمتری از گاید استاتیک و روش آزاد دارد و انحراف پلتفرم و اپکس آن نیز از روش آزاد کمتر است. نویسندگان کارآزمایی‌های تصادفی بزرگ‌تر و گزارش پیامدهای گزارش‌شده توسط بیمار را لازم دانستند.[۳]

> «ناوبری پویا روشی قابل اتکا از نظر بالینی برای قرار دادن ایمپلنت است.»
>
> “Dynamic navigation is a clinically reliable method for implant placement.”
>
> — Yu و همکاران، J Dent 2023[۳]

دقت ناوبری پویا در متاآنالیز Jorba-García و همکاران

شاخص	مطالعات بالینی	مطالعات آزمایشگاهی
انحراف زاویه‌ای	۳٫۶۸ درجه (۳٫۶۱ تا ۳٫۷۴)	۲٫۰۱ درجه (۱٫۹۵ تا ۲٫۰۷)
انحراف سه‌بعدی ورودی	۱٫۰۳ میلی‌متر (۱٫۰۱ تا ۱٫۰۴)	۰٫۴۶ میلی‌متر (۰٫۴۴ تا ۰٫۴۸)
در برابر گاید استاتیک	زاویه ۰٫۸۶ درجه کمتر (اختلاف میانگین)	—
در برابر روش آزاد	زاویه ۴٫۳۳ درجه کمتر (اختلاف میانگین)	—

منبع: Jorba-García و همکاران، Clin Oral Investig 2021؛ اعداد داخل پرانتز فاصله اطمینان ۹۵٪ هستند.

جراحی رباتیک و مقایسه همه رویکردها

Khaohoen و همکاران در مرور ۶۷ مقاله درباره جراحی استاتیک، پویا و رباتیک، میانگین کلی انحراف ورودی را ۱٫۱۱ میلی‌متر، انحراف اپکس را ۱٫۴۰ میلی‌متر و انحراف زاویه‌ای را ۳٫۵۱ درجه گزارش کردند. سامانه رباتیک کمترین انحراف را داشت. در ناوبری پویا، نوع قوس و باز کردن فلپ تفاوت معناداری ایجاد نکرد و پروتکل گاید کامل از گاید پایلوت دقیق‌تر بود.[۴]

انحراف ایمپلنت: میانگین کلی روش‌های کامپیوتری در برابر سامانه رباتیک

میلی‌متر؛ ۶۷ مقاله



منبع: Khaohoen و همکاران (۲۰۲۴)

میانگین انحراف ایمپلنت در روش‌های کامپیوتری و سامانه رباتیک؛ نمودار تحریریه بر پایه Khaohoen و همکاران.

متاآنالیز بعدی همین گروه با ۴۵ مطالعه، گردش کار کامپیوتری را با روش‌های غیرکامپیوتری، شامل روش آزاد و گاید متعارف، مقایسه کرد. در ۲۲ مطالعه بالینی، اختلاف میانگین به نفع گردش کار کامپیوتری ۰٫۶۵ میلی‌متر برای انحراف کرونال، ۱٫۱۰ میلی‌متر برای انحراف اپیکال و ۳٫۸۷ درجه برای انحراف زاویه‌ای بود؛ در ۲۳ مطالعه آزمایشگاهی این مقادیر ۰٫۴۵ میلی‌متر، ۰٫۶۳ میلی‌متر و ۳٫۶۰ درجه بود.[1]

برتری گردش کار کامپیوتری بر روش‌های غیرکامپیوتری

انحراف	مطالعات بالینی (۲۲)	مطالعات آزمایشگاهی (۲۳)
کرونال کلی	۰٫۶۵ میلی‌متر	۰٫۴۵ میلی‌متر
اپیکال کلی	۱٫۱۰ میلی‌متر	۰٫۶۳ میلی‌متر
زاویه‌ای	۳٫۸۷ درجه	۳٫۶۰ درجه

منبع: Khaohoen و همکاران، J Prosthet Dent 2025؛ مقادیر، اختلاف میانگین به نفع گردش کار کامپیوتری هستند.

> «روش‌های متعارف در برخی موقعیت‌های ساده همچنان جایگزین‌های مناسبی هستند»

> “conventional methods remain suitable alternatives in certain straightforward situations”
>
> — Khaohoen و همکاران، J Prosthet Dent 2025[1]

پیامد برای تصویربرداری CBCT

- دقت ناوبری پویا و رباتیک به برنامه‌ریزی روی CBCT وابسته است؛ کیفیت حجم، میدان دید کافی و ثبت تصویر دقیق را پیش‌شرط بدانید.[2]
- در گزارش فاصله تا کانال مندیبل یا کف سینوس، حاشیه ایمنی ۲ میلی‌متر را در نظر بگیرید، زیرا انحراف بالینی بیش از ۱ میلی‌متر رخ می‌دهد.[2]
- تفاوت نتایج بالینی و آزمایشگاهی نشان می‌دهد که دقت گزارش‌شده روی مدل را نباید مستقیماً به بیمار تعمیم داد.[2][1]
- انتخاب روش به هزینه، طول ناحیه بی‌دندانی و مهارت جراح نیز بستگی دارد.[1]

جدول جمع‌بندی نکات

نکات کلیدی دقت ناوبری پویا و رباتیک ایمپلنت

محور	نکته کلیدی
ناوبری پویا (بالینی)	زاویه ۳٫۶۸ درجه؛ ورودی ۱٫۰۳ میلی‌متر
در برابر گاید استاتیک	۰٫۸۶ درجه دقیق‌تر
در برابر روش آزاد	۴٫۳۳ درجه دقیق‌تر
رباتیک	کمترین انحراف: ۰٫۷۷ میلی‌متر اپیکال، ۱٫۷۱ درجه
حاشیه ایمنی	۲ میلی‌متر
انتخاب روش	هزینه، طول ناحیه بی‌دندانی و مهارت جراح

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

پرسش‌های متداول

ناوبری پویا در جراحی ایمپلنت چقدر دقیق است؟

در مطالعات بالینی، میانگین انحراف زاویه‌ای ۳٫۶۸ درجه و انحراف ورودی ۱٫۰۳ میلی‌متر بود.[۲]

آیا ناوبری پویا از گاید استاتیک دقیق‌تر است؟

بله؛ انحراف زاویه‌ای آن به‌طور معناداری کمتر از گاید استاتیک و روش آزاد گزارش شده است.[۲، ۳]

دقیق‌ترین روش قرار دادن ایمپلنت کدام است؟

در متاآنالیزها، جراحی رباتیک کمترین انحراف و بالاترین دقت بالینی را داشته است.[۱، ۴]

چه حاشیه ایمنی‌ای پیشنهاد می‌شود؟

حاشیه ایمنی ۲ میلی‌متر، زیرا انحراف‌های بیش از ۱ میلی‌متر مشاهده شده است.[۲]

آیا باز کردن فلپ یا نوع قوس بر دقت ناوبری پویا اثر دارد؟

در متاآنالیز Khaohoen، تفاوت معناداری میان نوع قوس و جراحی با فلپ در ناوبری پویا دیده نشد.[۴]

آیا روش‌های غیرکامپیوتری کنار گذاشته می‌شوند؟

خیر؛ در موقعیت‌های ساده همچنان جایگزین مناسبی هستند و هزینه و مهارت جراح نیز باید در نظر گرفته شود.[۱]

جمع‌بندی

شواهد متاآنالیزها نشان می‌دهد ناوبری پویا انحراف زاویه‌ای ایمپلنت را نسبت به گاید استاتیک و روش آزاد کاهش می‌دهد و سامانه‌های رباتیک کمترین انحراف را دارند. با این حال، انحراف بالینی بیش از ۱ میلی‌متر رخ می‌دهد و حاشیه ایمنی ۲ میلی‌متر لازم است. کیفیت CBCT و ثبت تصویر، بنیان مشترک دقت همه این فناوری‌هاست.

مطالعه مرتبط در دانشنامه

- دقت جراحی ایمپلنت با گاید استاتیک

- CBCT برای برنامه‌ریزی ایمپلنت
- ادغام CBCT و اسکن داخل دهانی
- هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی ایمپلنت با CBCT
- اجماع ITI درباره فناوری‌های دیجیتال ایمپلنت
- بیمار مجازی: ثبت اسکن صورت، CBCT و اسکن داخل دهانی

منابع

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

1. 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

2. Jorba-García A, González-Barnadas A, Camps-Font O, Figueiredo R, Valmaseda-Castellón E. Accuracy assessment of dynamic computer-aided implant placement: a systematic review and meta-analysis. Clin Oral Investig. 2021;25(5):2479-2494. DOI PubMed

3. Yu X, Tao B, Wang F, Wu Y. Accuracy assessment of dynamic navigation during implant placement: A systematic review and meta-analysis of clinical studies in the last 10 years. J Dent. 2023;135:104567. DOI PubMed

4. 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 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: ۲ آذر ۱۴۰۵.