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

سگمنتیشن خودکار کانال مندیبل در CBCT با یادگیری عمیق: دقت در برابر متخصص

سگمنتیشن خودکار کانال مندیبل در CBCT با یادگیری عمیق به سطح عملکرد انسانی رسیده است: در ۱۵۰ اسکن از پنج دستگاه، تغییرپذیری سامانه نسبت به رادیولوژیست‌ها ۰٫۷۴ میلی‌متر و کمتر از تغییرپذیری بین رادیولوژیست‌ها (۰٫۷۷ میلی‌متر) بود[۱] و در مطالعه دیگری Dice میانگین ۰٫۷۷ و ارزیابی کیفی اعتماد و ایمنی با مرجع تفاوتی نداشت.[۲] با این حال، دقت در بخش خلفی کانال کمتر از بخش‌های قدامی و میانی است.[۳]

نکات کلیدی این مقاله

- مدل آموزش‌دیده روی ۶۳۷ حجم با برچسب تقریبی، فاصله منحنی میانگین ۰٫۵۶ میلی‌متر و ASSD برابر ۰٫۴۵ میلی‌متر داشت.[۴]
- در برابر اجماع چهار رادیولوژیست، فاصله منحنی سامانه ۰٫۳۹ میلی‌متر و رادیولوژیست‌ها ۰٫۴۲ تا ۰٫۶۲ میلی‌متر بود.[۱]
- سامانه به دستگاه‌های CBCT خارج از داده آموزش با ۰٫۶۳ تا ۰٫۸۷ میلی‌متر تعمیم یافت.[۱]
- Dice میانگین ۰٫۷۷، HD95 برابر ۱٫۶۶ میلی‌متر و ASSD برابر ۰٫۳۱ میلی‌متر در ۲۰ اسکن آزمون گزارش شد.[۲]
- مدل اختصاصی حتی در حضور لوپ قدامی صحت کلی ۰٫۹۹۷ داشت.[۳]

تعیین دقیق مسیر کانال مندیبل برای جلوگیری از آسیب عصب آلوئولار تحتانی در جراحی ایمپلنت و سایر مداخلات ضروری است و هنوز در بسیاری از نرم‌افزارها به‌صورت دستی روی تصاویر سه‌بعدی انجام می‌شود.[۴] تنوع آناتومیک، مانند لوپ قدامی، و نبود کورتیکاسیون کانال، ردیابی را دشوار می‌کند.[۳] این مقاله شواهد چهار مطالعه یادگیری عمیق را درباره سگمنتیشن خودکار کانال در CBCT و مقایسه آن با رادیولوژیست مرور می‌کند.

فهرست مطالب

1. سگمنتیشن خودکار کانال مندیبل: شواهد اولیه
2. مقایسه با رادیولوژیست و تعمیم‌پذیری

3. لوپ قدامی و تفاوت بخش‌های کانال
4. نکات کاربردی برای رادیولوژیست
5. جدول جمع‌بندی نکات
6. پرسش‌های متداول
7. جمع‌بندی
8. مطالعه مرتبط در دانشنامه
9. منابع

سگمنتیشن خودکار کانال مندیبل: شواهد اولیه

Jaskari و همکاران یک شبکه عصبی کاملاً کانولوشنی را روی ۶۳۷ حجم CBCT متنوع بالینی آموزش دادند که کانال در آن‌ها به‌طور تقریبی توسط رادیولوژیست‌ها برچسب‌گذاری شده بود و مدل را روی ۱۵ حجم با برچسب دقیق در سطح وکسل ارزیابی کردند. فاصله منحنی میانگین ۰٫۵۶ میلی‌متر و فاصله سطحی متقارن میانگین (ASSD) ۰٫۴۵ میلی‌متر بود.[۴]

مقایسه با رادیولوژیست و تعمیم‌پذیری

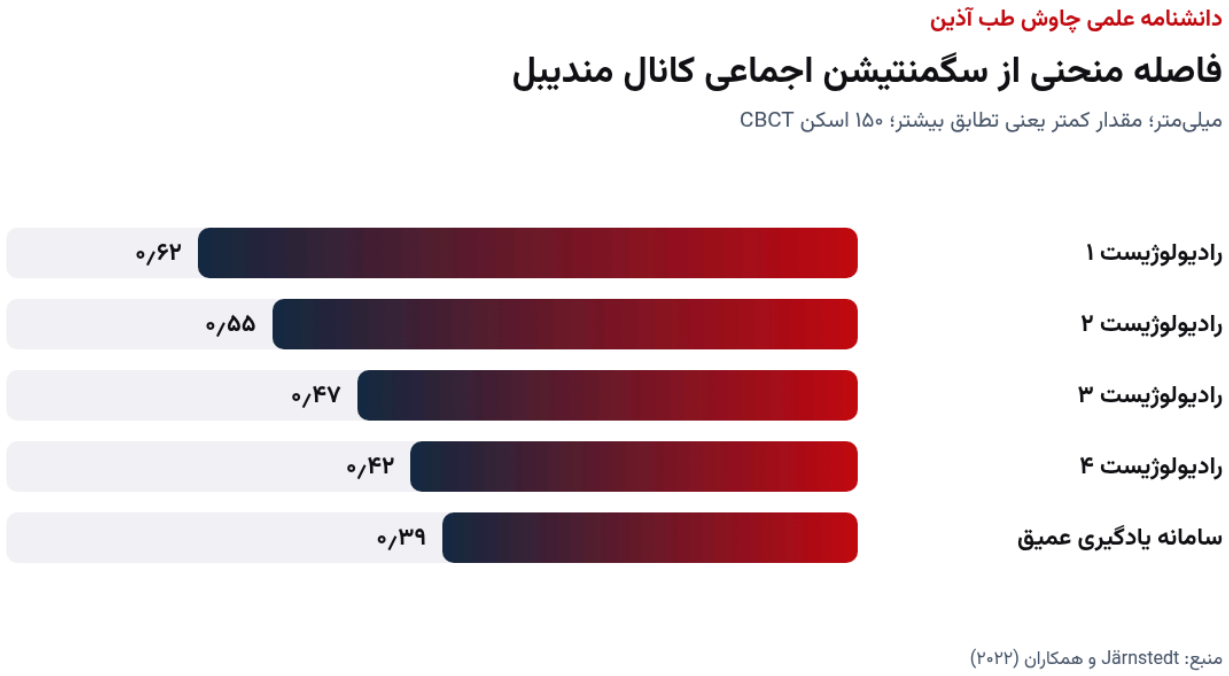
Järnstedt و همکاران سامانه را با ۹۸۲ اسکن آموزش دادند و روی ۱۵۰ اسکن از پنج دستگاه، از مراکز اروپایی و جنوب شرق آسیا، با برچسب چهار رادیولوژیست ارزیابی کردند. تغییرپذیری سامانه نسبت به رادیولوژیست‌ها ۰٫۷۴ میلی‌متر و به‌طور معناداری کمتر از تغییرپذیری بین مشاهده‌گران (۰٫۷۷ میلی‌متر) بود.[۱]

فاصله منحنی متقارن میانگین در برابر سگمنتیشن اجماعی رادیولوژیست‌ها

سگمنت‌کننده	فاصله منحنی (میلی‌متر)
سامانه یادگیری عمیق	۰٫۳۹
رادیولوژیست ۱	۰٫۶۲
رادیولوژیست ۲	۰٫۵۵
رادیولوژیست ۳	۰٫۴۷

سگمنت‌کننده	فاصله منحنی (میلی‌متر)
رادیولوژیست ۴	۰٫۴۲

منبع: Järnstedt و همکاران، Sci Rep 2022؛ ۱۵۰ اسکن از پنج دستگاه CBCT.



فاصله منحنی از سگمنتیشن اجماعی؛ نمودار تحریریه بر پایه Järnstedt و همکاران.

در دستگاه‌هایی که در داده آموزش نبودند، سامانه با ۰٫۶۳، ۰٫۶۷ و ۰٫۸۷ میلی‌متر تعمیم یافت.[1]

> «این نتایج نوید ادغام سامانه یادگیری عمیق در گردش کار بالینی را برای کاهش کارهای دستی زمان‌بر و پرزحمت در ایمپلنتولوژی می‌دهد.»
>
> “These results show promise towards integration of DLS into clinical workflow to reduce time-consuming and labour-intensive manual tasks in implantology.”
>
> — Järnstedt و همکاران، Sci Rep 2022[1]

ارزیابی کمی و کیفی در برابر استاندارد مرجع

Semper-Hogg و همکاران ۹۰ اسکن CBCT را برچسب‌گذاری کردند و یک شبکه کانولوشنی سلسله‌مراتبی را با ۶۹ اسکن آموزش، ۱ اسکن اعتبارسنجی و ۲۰ اسکن آزمون ارزیابی کردند. دو متخصص باتجربه تصویربرداری، کیفیت سگمنتیشن را از نظر اعتماد و ایمنی در سه موقعیت مندیبل در هر سمت با مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای سنجیدند.[۲]

شاخص‌های عملکرد سگمنتیشن کانال مندیبل در مطالعات

مطالعه	داده	شاخص اصلی
Jaskari و همکاران (۲۰۲۰)	۶۳۷ حجم آموزش، ۱۵ حجم ارزیابی	فاصله منحنی ۰٫۵۶ میلی‌متر؛ ASSD برابر ۰٫۴۵ میلی‌متر
Järnstedt و همکاران (۲۰۲۲)	۹۸۲ آموزش، ۱۵۰ ارزیابی از ۵ دستگاه	فاصله منحنی ۰٫۳۹ میلی‌متر از اجماع
Semper-Hogg و همکاران (۲۰۲۵)	۹۰ اسکن؛ ۲۰ آزمون	Dice برابر ۰٫۷۷؛ HD95 برابر ۱٫۶۶ میلی‌متر؛ ASSD برابر ۰٫۳۱ میلی‌متر
Oliveira-Santos و همکاران (۲۰۲۳)	کانال با و بدون لوپ قدامی	صحت کلی ۰٫۹۹۷

منابع: Jaskari ۲۰۲۰؛ Järnstedt ۲۰۲۲؛ Semper-Hogg ۲۰۲۵؛ Oliveira-Santos ۲۰۲۳.

ارزیابی کیفی تفاوت معناداری میان سگمنتیشن خودکار و استاندارد مرجع از نظر اعتماد و ایمنی در هیچ‌یک از موقعیت‌ها نشان نداد.[۲]

> «روش سگمنتیشن مبتنی بر یادگیری عمیق پیشنهادی دقت کافی برای شناسایی قابل اتکای کانال‌های مندیبل در اسکن‌های CBCT دارد.»
>
> “The proposed deep learning-based segmentation technique exhibits sufficient accuracy for the reliable identification of mandibular canals in CBCT scans.”
>
> — Semper-Hogg و همکاران، Dentomaxillofac Radiol 2025[۲]

لوپ قدامی و تفاوت بخش‌های کانال

Oliveira-Santos و همکاران ابزاری اختصاصی را برای سگمنتیشن کانال حتی در حضور لوپ قدامی آموزش و اعتبارسنجی کردند. صحت کلی برای کانال با و بدون لوپ قدامی ۰٫۹۹۷ بود.[۳]

> «بخش‌های قدامی و میانی کانال مندیبل، که بیشتر مداخلات جراحی در آن‌ها انجام می‌شود، دقیق‌ترین سگمنتیشن را در مقایسه با بخش خلفی داشتند.»
>
> “The anterior and middle sections of the MC, where most surgical interventions are performed, presented the most accurate segmentation compared to the posterior section.”
>
> — Oliveira-Santos و همکاران، Sci Rep 2023[۳]

نکات کاربردی برای رادیولوژیست

- سگمنتیشن خودکار را پیش‌نویس بدانید و مسیر کانال را در برش‌های متقاطع، به‌ویژه در ناحیه خلفی، بازبینی کنید.[۳]
- عملکرد ابزار را روی دستگاه و پروتکل CBCT خود بسنجید؛ دقت در دستگاه‌های خارج از داده آموزش متغیر بود.[۱]
- در ناحیه بین سوراخ‌های چانه‌ای، وجود لوپ قدامی را صریحاً بررسی و گزارش کنید.[۳]
- فاصله ایمنی جراحی را بر پایه مسیر تأییدشده توسط متخصص تعیین کنید، نه صرفاً خروجی خودکار.[۲]

جدول جمع‌بندی نکات

نکات کلیدی سگمنتیشن خودکار کانال مندیبل

محور	نکته کلیدی
دقت در برابر اجماع	فاصله منحنی ۰٫۳۹ میلی‌متر
تغییرپذیری	سامانه ۰٫۷۴ در برابر بین رادیولوژیست‌ها ۰٫۷۷ میلی‌متر
تعمیم‌پذیری	۰٫۶۳ تا ۰٫۸۷ میلی‌متر در دستگاه‌های جدید

محور	نکته کلیدی
Dice	۰٫۷۷ در ۲۰ اسکن آزمون
لوپ قدامی	صحت کلی ۰٫۹۹۷
نقطه ضعف	بخش خلفی کانال

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

پرسش‌های متداول

دقت یادگیری عمیق در سگمنتیشن کانال مندیبل چقدر است؟

در مطالعات، فاصله منحنی میانگین حدود ۰٫۳۹ تا ۰٫۵۶ میلی‌متر و Dice میانگین ۰٫۷۷ گزارش شده است.[۴، ۱، ۲]

آیا مدل از رادیولوژیست بهتر عمل می‌کند؟

در برابر اجماع چهار رادیولوژیست، فاصله منحنی سامانه ۰٫۳۹ میلی‌متر و کمتر از هر رادیولوژیست بود.[۱]

آیا مدل روی دستگاه‌های CBCT دیگر هم کار می‌کند؟

سامانه به سه دستگاه خارج از داده آموزش با ۰٫۶۳ تا ۰٫۸۷ میلی‌متر تعمیم یافت.[۱]

در کدام بخش کانال خطا بیشتر است؟

بخش خلفی کانال در مقایسه با بخش‌های قدامی و میانی دقت کمتری داشت.[۳]

آیا لوپ قدامی هم قابل سگمنت است؟

بله؛ یک ابزار اختصاصی برای کانال با و بدون لوپ قدامی صحت کلی ۰٫۹۹۷ داشت.[۳]

آیا متخصصان به خروجی مدل اعتماد کردند؟

در ارزیابی کیفی، اعتماد و ایمنی سگمنتیشن خودکار با استاندارد مرجع تفاوت معناداری نداشت.[۲]

جمع‌بندی

سگمنتیشن خودکار کانال مندیبل در CBCT با یادگیری عمیق در مطالعات معتبر به سطح عملکرد متخصص رسیده و می‌تواند کار دستی برنامه‌ریزی ایمپلنت را کاهش دهد. تعمیم به دستگاه‌های جدید و دقت کمتر در بخش خلفی کانال یعنی بازبینی متخصص همچنان ضروری است. ارزیابی محلی ابزار روی دستگاه و پروتکل هر مرکز پیش از استفاده بالینی توصیه می‌شود.

مطالعه مرتبط در دانشنامه

- ردیابی کانال مندیبولار در CBCT و پانورامیک
- سگمنتیشن دندان در CBCT با هوش مصنوعی
- هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی ایمپلنت با CBCT
- مولر سوم مندیبل و خطر آسیب عصب آلوئولار تحتانی
- هوش مصنوعی در رادیولوژی دهان و فک
- CBCT برای برنامه‌ریزی ایمپلنت

منابع

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

1. Järnstedt J, Sahlsten J, Jaskari J, Kaski K, Mehtonen H, Lin Z, et al. Comparison of deep learning segmentation and multigrader-annotated mandibular canals of multicenter CBCT scans. Sci Rep. 2022;12(1):18598. DOI PubMed PMC

2. Semper-Hogg W, Rau A, Fuessinger MA, Zimmermann S, Bamberg F, Metzger MC, et al. Deep learning-based segmentation of the mandibular canals in cone-beam CT reaches human-level performance. Dentomaxillofac Radiol. 2025;54(4):279-285. DOI PubMed

3. Oliveira-Santos N, Jacobs R, Picoli FF, Lahoud P, Niclaes L, Groppo FC. Automated segmentation of the mandibular canal and its anterior loop by deep learning. Sci Rep. 2023;13(1):10819. DOI PubMed PMC

4. Jaskari J, Sahlsten J, Järnstedt J, Mehtonen H, Karhu K, Sundqvist O, et al. Deep Learning Method for Mandibular Canal Segmentation in Dental Cone Beam Computed Tomography Volumes. Sci Rep. 2020;10(1):5842. 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.