Age Estimation Using Pulp/Tooth Volume Ratio of canine teeth in Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) Images

Elahe Shafiei Rad [1], Fatemeh ezoddini Ardakani [2], Fatemeh Abbasi [3], Hadi Moghadas-dastjerdi [4], Mohammadjavad Omidvari Abarghouei [5], Mahjube Entezar-e-Ghaem[6]

1. Assistant Professor, Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd , Iran. ORCID ID: 0000-0002-4535-1336
2. Professor, Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran . ORCID ID: 0000-0003-1815-0675
3. MSc student, Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran., (Corresponding Author), Tel: +98-9164784085, Email: fa.abbac1994@gmail.com . ORCID ID: 0000-0002-5929-6622
4. PhD, Department of Medical Biophysics, University of Toronto, Toronto, ON, Canada. ORCID ID: 0000-0001-5763-6905
5. Dentist, Azad University of Khorasgan, Isfahan, Iran. ORCID ID: 0000-0002-4903-6894
6. Associate Professor, Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd , Iran. ORCID ID: 0000-0002-3273-3175

ABSTRACT

Background and Aim: Age estimation is an important issue in forensic medicine.Teeth are more resistant to changes than bones, so they are one of the main indicators for age estimation in forensic medicine. To determine the relationship between age and dental changes, the ratio of dental pulp/Tooth volume (PV/ TV) is one of the most appropriate indicators. The aim of this study was to determine the correlation between PV/TV ratio and chronological age in canine teeth using CBCT images.

Materials and Methods: In this descriptive-analytical study, a total of 183 CBCT images were selected randomly from archive of images in an oral and maxillofacial radiology center. The images were imported into the 3D Slicer software as DICOM data. Pulp volume, tooth volume and their ratio were calculated. Data were introduced into SPSS 17. We used T-test, ANOVA, Pearson correlation coefficient and linear regression for data analysis.

Results: The mean value of PV/TV ratio was not different significantly in relation to gender, teeth location (mandible and maxilla, right and left sides), but there was a significant difference in terms of age. Pearson correlation showed a significant negative relation between the age of the subjects and PV/TV ratio (R = -0.714). The results of regression analysis for all data and also for all of 6 age groups showed significant correlation only in the age groups of 15-19 and 50- 59 years old.

Conclusion: The results of this study showed that there was an inverse and significant relationship between PV/TV ratio and chronological age. Also, in the age groups of 15-19 and 50-59 years, it seems that regression model can be considered a reliable method to estimate age in Iranian population.

Keywords: Age determination by teeth, Cone beam computed tomography, Dental pulp, Forensic dentistry, Micro CT scan

Received: July 14, 2021 **Accepted:** July 24, 2022

How to cite the article: Elahe Shafiei Rad, Fatemeh ezoddini Ardakani , Fatemeh Abbasi, Hadi Moghadas-dastjerdi, Mohammadjavad Omidvari Abarghouei, Mahjube Entezar-e-Ghaem. Age Estimation Using Pulp/Tooth Volume Ratio of canine teeth in Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) Images.ŚJKU 2023;28(2):62-75.

Copyright © 2018 the Author (s). Published by Kurdistan University of Medical Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial License 4.0 (CCBYNC), where it is permissible to download, share, remix, transform, and buildup the work provided it is properly cited. The work cannot be used commercially without permission from the journal

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/sjku.28.2.62]

تخمین سن با استفاده از نسبت حجم پالپ به حجم دندان کانین در تصاویر توموگرافی کامپیوتری با اشعه مخروطی(CBCT)

الهه شفیعی راد[1]، فاطمه عزالدینی اردکانی[2]، فاطمه عباسی[3]، هادی مقدس دستجردی[4]، محمدجواد امیدواری ابرقوئی[5]، محجوبه انتظار قائم[6]

۱. استادیار، گروه رادیولوژی دهان فک و صورت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران. کد ارکید:۱۳۳۶-۴۵۳۵-۰۰۰۲-۰۰۰۰

۲. استاد، گروه رادیولوژی دهان فک و صورت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران. کد ارکید : ۰۶۷۵-۱۸۱۵-۰۰۰۳-۰۰۰۰

۳. دستیارتخصصی، گروه رادیولوژی دهان فک و صورت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران. پست الکترونیک: fa.abbac1994@gmail.com ، **تلفن:** ۰۹۱۶۴۷۸۴۰۸۵ ، کد ارکید: ۶۶۲۲-۵۹۲۹-۰۰۰۲-۰۰۰۰

۴. دکترا ، گروه بیوفیزیک پزشکی، دانشگاه تورنتو، تورنتو، کانادا. کد ارکید: ۶۹۰۵- ۵۷۶۳ - ۰۰۰۱-۰۰۰۰

۵. دندان پزشک عمومی، دانشگاه آزاد خوراسگان، اصفهان، ایران. کد ارکید: ۶۸۹۴-۴۹۰۳-۰۰۰۲-۰۰۰۰

۶. استادیار، گروه رادیولوژی دهان فک و صورت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران. کد ارکید: ۳۱۷۵- ۳۲۷۳-۰۰۰۲-۰۰۰۰

چکیده

زمینه و هدف: تخمین سن یک مسئله مهم در پزشکی قانونی است. دندان‌ها در مقایسه با استخوان نسبت به تغییرات مختلف مقاوم‌تر و از شاخص‌های اصلی برای برآورد سن در پزشکی قانونی می‌باشند. جهت تعیین ارتباط سن با تغییرات دندانی، استفاده از نسبت حجم پالپ به حجم دندان (PV/TV) شاخص مناسبی است. هدف از این مطالعه بررسی همبستگی بین PV/TV دندان کانین در تصاویر CBCT و برآورد مدل رگرسیونی برای تخمین سن است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه توصیفی تحلیلی، ۱۸۳ تصویرCBCT به‌صورت تصادفی ازآرشیو تصاویر یک کلینیک تخصصی انتخاب شد. تصاویر به‌صورت داده DICOM وارد نرم افزار 3D Slicer شد، حجم پالپ و کل دندان کانین و نسبت آن‌ها محاسبه شد. از نرم افزار SPSS 17 به منظور تجزیه و تحلیل آزمون T-Test، ANOVA، ضریب همبستگی پیرسون و رگرسیون استفاده شد.

یافته‌ها: میانگین PV/TV بر اساس جنس، محل دندان تفاوت معناداری نداشت؛ ولی این تفاوت برحسب سن معنادار بود. همبستگی پیرسون بین سن و PV/TV منفی و معنادار به دست آمد (R=-۰.۷۱۴). آنالیز رگرسیون برای کل داده ها انجام شد و سپس در ۶ گروه سنی بررسی شد که تنها در گروه ۱۹-۱۵ و ۵۹-۵۰ سال معنادار بود.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد بین سن تقویمی و PV/TV در دندان‌های کانین ارتباط معکوس قوی وجود دارد. همچنین در رده های سنی ۱۵-۱۹ و ۵۰-۵۹ سال مدل رگرسیونی روش قابل اعتمادی برای تخمین سن در جامعه ایرانی تلقی می گردد.

کلمات کلیدی: تعیین سن با دندان، توموگرافی کامپیوتری با اشعه مخروطی، پالپ دندان، دندان پزشکی قانونی، میکرو سی‌تی‌اسکن

وصول مقاله:۱۴۰۰/۱۱/۲۳ اصلاحیه نهایی:۱۴۰۱/۴/۲۹ پذیرش:۱۴۰۱/۵/۲

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/sjku.28.2.62]

مقدمه

تخمین سن افراد زنده یا اجساد یک بخش ضروری در علم پزشکی قانونی است (۱-۴). روند تکامل دندانی و استخوانی برای تخمین سن افراد به کار رفته و نتایج دقیقی نسبت به سایر روش‌ها داشته است (۱, ۵, ۶).

بیشترین روش مورد استفاده در مطالعات برای تعیین سن، استفاده از تغییرات دندانی بوده است؛ زیرا فاکتورهای فیزیکی، محیطی، شرایط پزشکی و غیره همگی اثر ناچیزی بر دندان ها به نسبت اثر آن ها بر سیستم اسکلتی دارد (۱, ۲, ۷-۱۰).

روش‌های متعددی بر پایه آنالیزهای دندانی برای تخمین سن افراد گزارش شده است؛ بیشترین روش مورد استفاده روش Gustafsonدر سال ۱۹۵۰ بود که در آن ۶ مورد تغییرات مرتبط با سن در دندان بررسی شد (۱۱). این روش برای افراد زنده قابل استفاده نبود چون به مقطع نازکی از دندان نیاز بود(۱۲ ,۱) .

رسوب عاج ثانویه باعث کاهش حجم پالپ چمبر در طول زندگی می‌شود و می‌تواند به عنوان فاکتور پیشگویی کننده سن در افراد بزرگسال فاقد مدارک قانونی استفاده شود (۱۳). بنابراین تغییرات پالپ چمبر دندان های سالم به‌عنوان پیشگویی‌کننده سن دندانی در نظر گرفته می شوند (۱۰). مطالعات بسیاری بر پایه تغییرات مورفولوژیک نیازمند کشیدن دندان و مقاطع میکروسکوپی بود (۱۴-۱۸). اگرچه دقت بیشتر دارد ولی در افراد زنده مورد پذیرش نیست (۱۹). علم رادیولوژی روش‌هایی با تهاجم کمتر برای بررسی اتاقک پالپ در افراد زنده معرفی کرده است(۷, ۱۴, ۱۷, ۱۸, ۲۰). تصاویر پانورامیک و پری اپیکال برای ارزیابی نسبت حجم پالپ به حجم دندان در کانین های ماگزیلا به کار رفته است (۱۷, ۲۱). این روش ها بر اساس اندازه‌گیری یک بعدی و دو بعدی ساختارهای سه بعدی انجام شده است . با این حال مشاهده دوبعدی برای ارزیابی دقیق مورفولوژی دندان کافی نیست (۲۲). امروزه روش‌های سه بعدی (Computed Tomography(CT)، CBCT و Micro CT برای تخمین سن دندانی به طور وسیع استفاده شده است که در این روش ها نسبت PV/TV یک فاکتور مفید در تعیین سن است (۴-۶, ۱۰, ۱۲, ۲۳). CT یک روش ایده آل برای اندازه‌گیری PV/TV و ارزیابی‌های حجمی دقیق‌تر ساختارهای دندانی است(۱, ۴). در مطالعاتی Micro CT برای ارزیابی سن دندانی به‌کاررفته است که به دلیل ناحیه اسکن محدود، نیازمند کشیدن و مقطع زدن استخوان به همراه دندان بود و برای اسکن کامل سر ناکارآمد است(۴, ۵) .

CBCT تصاویری سه بعدی با رزولوشن قابل قبول، دوز و هزینه کم نسبت به CT به دست می دهد (۲۴). در مطالعه Yang و همکاران اولین بار برای تخمین سن از CBCT استفاده شد (۴). بررسی وسیع مقالات نشان داد که مطالعات اندکی در زمینه استفاده از CBCT برای تعیین PV/TV و ارتباط آن با سن انجام شده است (۱-۴, ۱۰, ۱۲, ۲۵). کانین به طور معمول در علم پزشکی قانونی و آنتروپولوژی برای تخمین سن به کار می رود (۱, ۲۶). کانین بیشتر از سایر دندان های تک ریشه، بدون توجه به سن باقی می ماند و کمتر در آن‌ها سایش می یابد و همچنین بزرگترین اتاقک پالپ را در میان سایر دندان های تک ریشه دارد (۱)؛ بنابراین هدف از این مطالعه تخمین سن با استفاده از دندان های کانین در تصاویر CBCT می باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه توصیفی-تحلیلی که از نوع مقطعی است، تعداد ۱۸۳ تصویر توموگرافی کامپیوتری با اشعه مخروطی(CBCT) از بیماران زن و مرد که دارای دندان کانین سالم بودند، از آرشیو تصاویر CBCT بیماران در یک کلینیک تخصصی رادیولوژی فک و صورت در شهر یزد انتخاب گردید. سن و جنس نمونه ها مشخص بود. نمونه ها در ۶ گروه سنی ۱۵ تا ۱۹، ۲۰ تا ۲۴، ۲۵ تا ۲۹، ۳۰ تا ۳۹، ۴۰ تا ۴۹، ۵۰ تا ۵۹ تقسیم بندی شد. تمامی تصاویرCBCT با هدف تشخیصی و درمانی گرفته شده بود؛ بنابراین این

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/sjku.28.2.62]

پژوهش، هیچ دوز اضافه و غیر ضروری برای بیمار به همراه نداشت. معیارهای ورود به مطالعه شامل تصاویرCBCT کانین هایی که فاقد پوسیدگی، سایش شدید، رستوریشن، آرتیفکت فلزی ناشی از ترمیم های فلزی دندان های مجاور،کلسیفیکاسیون پالپی، درمان ریشه، ضایعه پری اپیکال (استئولیتیک و اسکلروزه)، تحلیل ریشه، درمان ارتودنسی ثابت، درمان پروتز، نهفتگی و باز بودن اپکس دندان بودند و تا تکمیل حجم نمونه به صورت تصادفی (به ترتیبی که بیماران به کلینیک مراجعه کرده بودند) وارد مطالعه شدند.

تمامی تصاویر CBCT بهوسیله دستگاه Planmeca ProMax 3D Max (Helsinki, Finland) و با field of view ۷/۵ × ۱۰ سانتی‌متر و سایز وکسل ۲۰۰ میکرومتر تهیه گردید. پارامترهای اکسپوژر دستگاه حداکثر کیلو ولتاژ ۹۰ kVp ، شدت جریان ۱۰میلی آمپر(mA) و زمان اکسپوژر ۱۶ ثانیه بود. پس از مرحله دریافت تصاویر، با سایز وکسل ۲۰۰ میکرومتر بازسازی و به داده‌های DICOM تبدیل شدند. سپس این داده ها به نرم افزار 3D Slicer برای محاسبه نسبت حجم پالپ به حجم دندان وارد شد. حجم دندان و حجم پالپ و سپس نسبت آن‌ها محاسبه گردید.

به طور خلاصه روش اندازه‌گیری حجم شامل چهار مرحله اصلی است که در شکل ۱ با رنگ سبز نمایش داده شده است. مراحل فرعی نیز با رنگ آبی نشان داده شده‌اند. در مرحله اول ناحیه موردنظر (ROI) از تصویر که شامل دندان کانین می‌شود به‌وسیله بریدن (crop) از سایر بخش‌های تصویر جدا می‌شود. تصویر سه بعدی بریده شده یک مکعب مستطیل شامل کل دندان مورد نظر است؛ البته بخش‌هایی از فک و دندان‌های مجاور را نیز ممکن است در بر داشته باشد(۲۷) .

در مرحله دوم با استفاده از الگوریتم کانتورهای فعال مبتنی بر آمار مقاوم محلی ناحیه متناظر با دندان بخش‌بندی می‌شود. سپس با استفاده از این ناحیه بخش‌بندی شده ماسکی تهیه می‌شود که در قسمت‌های متناظر با دندان مقدار یک و در سایر نقاط مقدار صفر دارد. با ضرب کردن این ماسک در تصویر اصلی می‌توان قسمت متناظر با دندان را از سایر بخش‌های تصویر جدا کرد. همچنین با ضرب تعداد وکسل‌های متناظر با دندان بخش‌بندی شده در حجم هر وکسل می‌توان حجم دندان را محاسبه نمود (۲۷)

در مرحله سوم به منظور دستیابی به دقت بالاتر نخست، ناحیه‌ای از بخش داخلی دندان که پالپ را شامل می‌شود را با استفاده از الگوریتم کانتورهای فعال مبتنی بر آمار مقاوم محلی بخش‌بندی می‌شود(۲۷). ناحیه بخش‌بندی شده شامل پالپ و قسمت‌های اطراف آن است. مشابه مرحله قبل با تهیه ماسک و ضرب آن در تصویر اصلی این ناحیه نیز از تصویر اصلی جداسازی می‌شود که در مرحله بعدی برای محاسبه حجم پالپ مورد استفاده قرار می‌گیرد(۲۲).

در آخرین مرحله با تعیین مقادیر آستانه پایین و بالای روشنایی وکسل‌های متناظر با پالپ دندان، وکسل‌هایی از تصویر نتیجه مرحله قبلی که در این محدوده قرار دارند مشخص می‌شوند. با شمارش تعداد این وکسل‌ها و ضرب آن در حجم هر وکسل، حجم پالپ دندان محاسبه خواهد شد(شکل۲) (۲۷). همچنین، نمای سه بعدی حجم‌های بازسازی شده نهایی دندان و پالپ در شکل ۳ نمایش داده شده است.

نسبت حجم پالپ به حجم دندان محاسبه و ارتباط آن با سن تقویمی افراد با ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شد و در صورت معنا دار شدن، با استفاده از مدل رگرسیون خطی، فرمول تخمین سن به دست آمد.

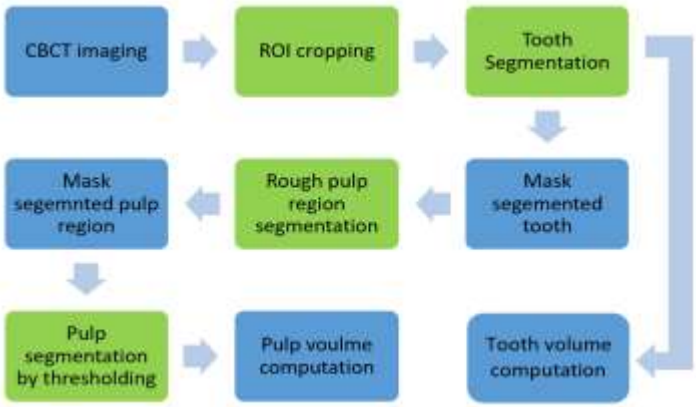
به منظور معتبرسازی و تائید دقت بخش‌بندی تصاویر و حجم‌های محاسبه شده از تکنیک micro-CT استفاده شد (۳). این تکنیک در ایران، برای اولین بار درسال ۱۳۹۶ و در آزمایشگاه جامع پیش بالینی دانشگاه علوم پزشکی تهران به کارگرفته شده است. بدین‌صورت که از یک دندان کانین

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

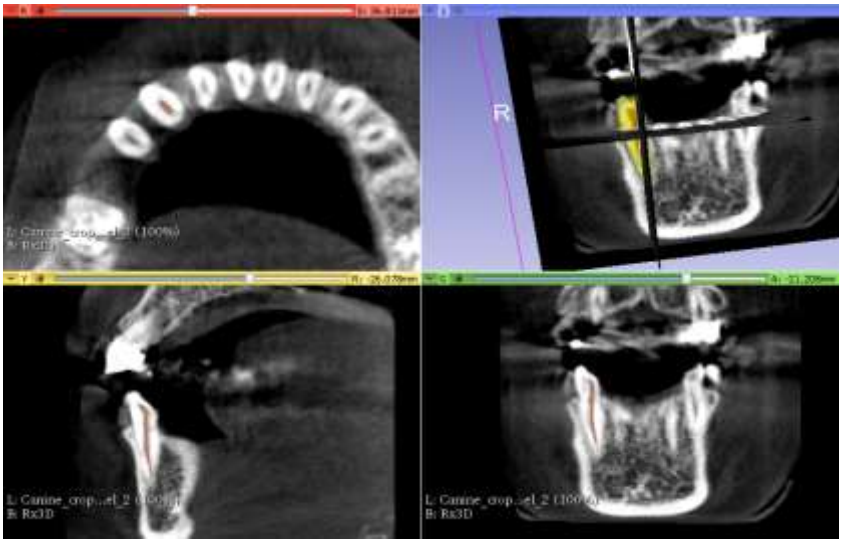
[DOI: 10.61186/sjku.28.2.62]

کشیده شده انسانی که در فانتومی از موم قرار داده شد تصویر CBCT تهیه شد و سپس از همان دندان تصویر micro-CT با دستگاه in-vivo Micro-CT و Bit ۱۶ Depthو سایز وکسل ۶۰ میکرومتر گرفته شد. حجم پالپ دندان در تصویرmicro-CT (به عنوان مرجع استاندارد) و تصویرCBCT توسط نرم افزارSlicer 3D و روش ذکرشده محاسبه گردید (شکل های ۴و۵).

داده‌ها پس از جمع‌آوری و کنترل در محیط نرم افزار SPSS 17 وارد و به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های آمار توصیفی (میانگین، انحراف معیار و رسم نمودار) و آمار تحلیلی (آزمون ANOVA، ضریب همبستگی پیرسون و رگرسیون) استفاده شد. لازم به ذکر است سطح معناداری در تمامی آزمون‌ها، ۰/۰۵ در نظر گرفته شد و P value < ۰.۰۵ از لحاظ آماری معنادار گزارش گردید. به علت invitro بودن مدل مطالعه ملاحظه اخلاقی خاصی نداشت.



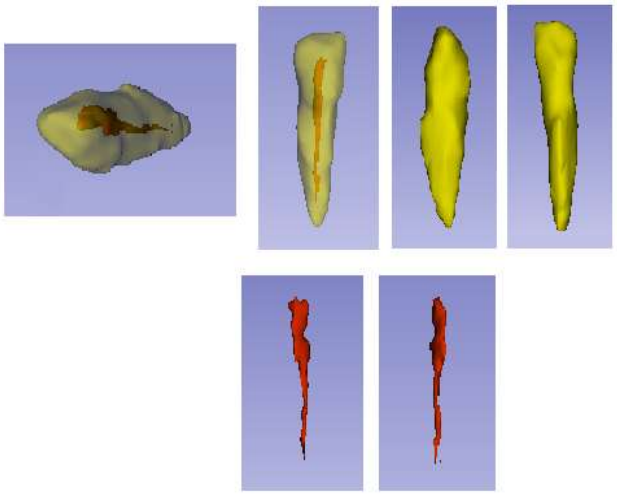
شکل ۱. بلوک دیاگرام مراحل مختلف اندازه‌گیری حجم دندان و پالپ دندان از تصاویر CBCT. **بلوک‌های سبزرنگ مراحل اصلی و بلوک‌های آبی رنگ مراحل فرعی را نشان می‌دهند. مراحل نمایش‌داده‌شده به ترتیب عبارت‌اند از: تهیه تصویر CBCT، بریدن ROI، بخش‌بندی ناحیه متناظر با دندان، محاسبه حجم دندان و نیز تهیه ماسک ناحیه بخش‌بندی شده دندان، بخش‌بندی خام ناحیه پالپ (که نواحی اطراف پالپ را هم شامل می‌شود)، تهیه ماسک ناحیه خام پالپ، بخش‌بندی دقیق ناحیه پالپ با استفاده از آستانه‌گذاری و محاسبه حجم پالپ.**



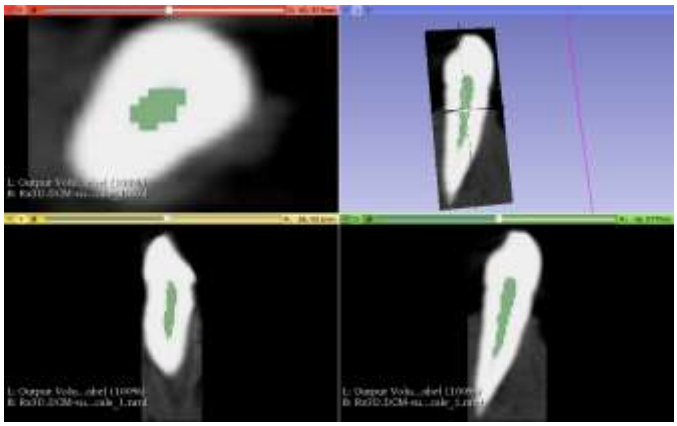
شکل ۲. نتایج بخش‌بندی دندان کانین با رنگ زرد و پالپ آن با رنگ قرمز مشخص شده است.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

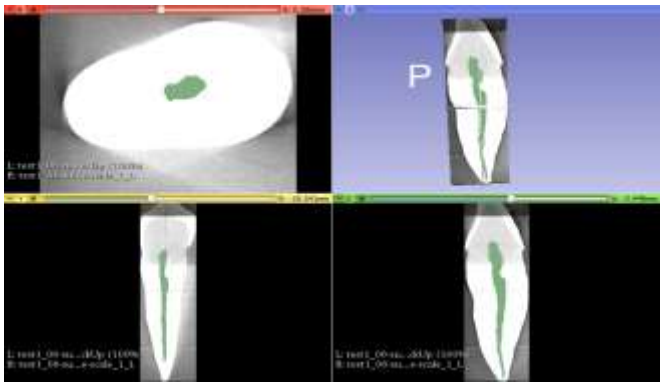
[DOI: 10.61186/sjku.28.2.62]



شکل ۳. نتایج بازسازی سه بعدی حجم دندان و پالپ. رنگ زرد متناظر با دندان و رنگ قرمز متناظر با پالپ



شکل ۴. بخش بندی و محاسبه حجم پالپ دندان کانین در تصویر CBCT



شکل۵: بخش بندی و محاسبه حجم پالپ دندان کانین در تصویر micro-CT

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/sjku.28.2.62]

یافته‌ها

در این مطالعه از تعداد ۱۸۳ نمونه مورد بررسی ۸۸ تصویر مربوط به مردان (۴۸/۱٪) و بقیه یعنی ۹۵ (۵۱/۹٪) تصویر متعلق به زنان بود. میانگین سنی افراد شرکت کننده در مطالعه (۱۳±۲۸/۳) ۳۳ با حداقل سن ۱۵ و حداکثر سن ۵۹ سال بود. در مطالعه حاضر افراد شرکت کننده در ۶ گروه سنی قرار داده شدند.

همچنین ۸۱ تصویر (۴۴/۳٪) مربوط به فک بالا و ۱۰۲ تصویر (۵۵/۷٪) مربوط به فک پایین بود. ۹۱ (۴۹/۷٪) مورد از تصاویر مربوط به سمت راست فک ها بود این در حالی بود که ۹۲ (۵۰/۳٪) مورد مربوط به سمت چپ بود. در جدول ۱ فراوانی افراد هر گروه سنی، میانگین و انحراف معیار نسبت حجم پالپ به دندان گروه‌های سنی، حداقل و حداکثر حجم پالپ به حجم دندان افراد شرکت‌کننده در مطالعه ارائه شده است. به منظور مقایسه‌ی میانگین حجم پالپ به حجم دندان در گروه‌های سنی مختلف از آزمون آماری ANOVA استفاده گردید. بر این اساس نشان داده شد که اختلاف معناداری از نظر میانگین حجم پالپ به حجم دندان در گروه های سنی مختلف وجود دارد (P. value <۰/۰۰۱).

در جدول ۲ و ۳ میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر حجم پالپ به حجم دندان شرکت کننده‌ها در مطالعه به تفکیک فک و جنسیت نشان داده شده است. تفاوت میانگین حجم پالپ به حجم دندان در فک بالا و پایین و فک مردان و زنان به وسیله آزمون آماری T-t est بررسی شد و داده‌ها نشان دادند که این تفاوت بر اساس فک و جنسیت معنی‌دار نبود.

میانگین حجم پالپ به حجم دندان در سمت راست فک ها (۰/۰۱۱ ±) ۰/۰۲۹ و در سمت چپ(۰/۰۱۱ ±)۰/۰۳۱ بود. تفاوت میانگین حجم پالپ به حجم دندان در سمت راست و چپ به وسیله آزمون آماری T- test بررسی شد. داده‌ها نشان دادند که این تفاوت در سمت راست و چپ فک معنی دار نبود(P.value = ۰/۲۹۷).

ضریب همبستگی بین سن و نسبت حجم پالپ به حجم دندان ۰.۷۱۴- = r به دست آمد که نشان دهنده ارتباط معکوس و معنی دار بین سن و نسبت حجم پالپ به حجم دندان است (P value < ۰.۰۰۱)؛ به عبارتی با افزایش سن، این نسبت به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد.

با استفاده از مدل رگرسیون خطی تبعیت سن واقعی از نسبت حجم پالپ به حجم دندان بررسی شد و نتیجه آن R^2 = ۰/۵۱ به دست آمد (یعنی ۵۱٪ از تغییرات داده‌ها را، این مدل رگرسیون تبیین می‌کند؛ به عبارتی ۵۱ درصد از تغییرات نسبت حجم پالپ به حجم دندان وابسته به تغییر سن است.) همچنین مدل رگرسیون با P. value < ۰/۰۰۱ معنی دار شد و این به معنی مناسب بودن این مدل بود. فرمول به دست آمده با استفاده از مدل رگرسیون برای تخمین سن افراد به شرح زیر به دست آمد:

سن = ۵۹/۳۳ − (۸۶۲/۳۲ × PV/TV)

ضریب رگرسیون عدد ثابت (۵۹/۳۳) و نیز ضریب رگرسیون نسبت PV/TV (۸۶۲/۳۲) هر دو با P. value < ۰/۰۰۱ از نظر آماری معنادار می باشند.

جهت تخمین دقیق تر سن افراد با استفاده از نسبت حجم پالپ به حجم دندان افراد را به ۶ گروه سنی تقسیم و در هر گروه معادله ضریب همبستگی پیرسون رگرسیون جهت بررسی همبستگی سن تقویمی با حجم پالپ به حجم دندان محاسبه شد (جدول ۴).

همان گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، تنها در گروه سنی ۱۹- ۱۵ سال و گروه سنی ۵۹ – ۵۰ سال ضریب همبستگی (r) معنی دار است(P. value = ۰/۰۰۱). این درحالی بود که در بقیه گروه‌های سنی ضریب همبستگی پیرسون معنی‌دار نشد؛ بنابراین فرمول تخمین سن با استفاده از مدل رگرسیون خطی گزارش نگردید (P value > ۰.۰۵).

فرمول تخمین سن بر اساس مدل رگرسیون خطی در گروه سنی ۱۹ – ۱۵ سال به شرح زیر به دست آمد:

سن = ۲۰/۱۶ − (۷۴/۳۷ × PV/TV)

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/sjku.28.2.62]

ضریب رگرسیون عدد ثابت با ۰/۰۰۱ > P. val ue و نیز ضریب رگرسیون نسبت PV/TV با ۰/۰۰۱ = P. val ue از نظر آماری معنادار می باشند. ضریب تبیین برای این مدل R۲ = ۰/۳۲ به دست آمد.

در گروه سنی ۱۹ – ۱۵ سال ضرایب همبستگی در مردان و زنان بررسی شد و ضرایب در هر دو گروه معنادار بود. بر این اساس فرمول تخمین سن بر اساس مدل رگرسیون خطی برای مردان در این گروه سنی به شرح زیر به دست آمد:

سن = ۲۱/۲۲ – (۹۴/۷۵ × PV/TV)

ضریب رگرسیون عدد ثابت با ۰/۰۰۱ > P. value و نیز ضریب رگرسیون نسبت PV/TV با ۰/۰۴۱ = P.value از نظر آماری معنادار می باشند. ضریب تبیین برای این مدل ۰/۳۰ = R^2 به دست آمد.

همچنین فرمول تخمین سن برای زنان در این گروه سنی به شرح زیر به دست آمد:

سن = ۱۹ /۴۸ – (۶۳/۵۵ × PV/TV)

ضریب رگرسیون عدد ثابت با ۰/۰۰۱ > P. value و نیز ضریب رگرسیون نسبت PV/TV با ۰/۰۲۱ = P.value از نظر آماری معنادار می باشند. ضریب تبیین برای این مدل ۰/۳۲ = R^2 به دست آمد.

در گروه سنی ۵۹ – ۵۰ سال نیز فرمول تخمین سن بر اساس مدل رگرسیون خطی به شرح زیر به دست آمد:

سن = ۵۹/۵۳ – (۲۲۲/۴۹ × PV/TV)

در این گروه سنی نیز ضریب رگرسیون عدد ثابت با ۰/۰۰۱ > P.value و نیز ضریب رگرسیون نسبت PV/TV با P. value ۰/۰۰۱ > از نظر آماری معنادار می باشند. ضریب تبیین برای این مدل ۰/۳۴ = R^2 به دست آمد.

در این گروه سنی نیز ضرایب رگرسیونی در مردان و زنان بررسی شد و ضرایب تنها در زنان معنادار بود. بر این اساس فرمول تخمین سن برای زنان در این گروه سنی به شرح زیر به دست آمد:

سن = ۲۱/۲۲ – (۹۴/۷۵ × PV/TV)

ضریب رگرسیون عدد ثابت با ۰/۰۰۱ > P. value و نیز ضریب رگرسیون نسبت PV/TV با ۰/۰۱۲ = P. value از نظر آماری معنادار می باشند. ضریب تبیین برای این مدل ۰/۴۰ = R^2 به دست آمد.

جهت برآورد سن در سایر گروه های سنی از برخی دیگر از مدل‌های معادلات رگرسیون از جمله لگاریتمی، Power و Growth , , T , cubic و quadratic و compound بررسی شد و هیچ یک از مدل ها معنی دار نبود؛ لذا توصیه می شود برای این گروه های سنی از مدل رگرسیون خطی که برای کل جامعه آماری معنی‌دار شد استفاده شود.

در خصوص اعتبار بخشی داده ها توسط حجم پالپ دندان کانین کشیده شده در تصویر micro-CT ۱۴/۲۷۵ و در تصویر CBCT ۱۵/۱۷۱ به دست آمد. درصد اختلاف، بین حجم اندازه‌گیری شده پالپ در دو روش micro-CT و CBCT ۶/۲۷ درصد محاسبه شد.

جدول ۱. توزیع فراوانی میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر حجم پالپ به حجم دندان به تفکیک گروه های سنی(۰/۰۰۱ > P. value)

گروه‌های سنی	تعداد	درصد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
۱۵–۱۹	۳۰	٪۱۶/۴	۰/۰۴۳	۰/۰۱۰	۰/۰۲۶	۰/۰۷۱
۲۰–۲۴	۳۰	٪۱۶/۴	۰/۰۳۵	۰/۰۰۷	۰/۰۲۱	۰/۰۵۰
۲۵–۲۹	۳۰	٪۱۶/۴	۰/۰۳۱	۰/۰۰۶	۰/۰۱۹	۰/۰۴۵
۳۰–۳۹	۳۲	٪۱۷/۵	۰/۰۳۰	۰/۰۰۷	۰/۰۱۸	۰/۰۴۷
۴۰–۴۹	۳۲	٪۱۷/۵	۰/۰۲۳	۰/۰۰۶	۰/۰۱۱	۰/۰۳۷
۵۰–۵۹	۲۹	٪۱۵/۸	۰/۰۱۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۳۵
کل	۱۸۳	٪۱۰۰	۰/۰۳۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰۵	۰/۰۷۱

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/sjku.28.2.62]

جدول۲. میانگین نسبت حجم پالپ به حجم دندان بر حسب فک (P value = ۰/۸۷۴)

فک	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
بالا	۸۱	۰/۰۳۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۵	۰/۰۷۱
پایین	۱۰۲	۰/۰۳۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۷	۰/۰۵۰
کل	۱۸۳	۰/۰۳۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰۵	۰/۰۷۱

جدول۳. میانگین نسبت حجم پالپ به دندان بر حسب جنسیت افراد (P. value = ۰/۵۱۸)

جنس	تعداد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
مرد	۸۸	۰/۰۳۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۵۶
زن	۹۵	۰/۰۳۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۵	۰/۰۷۱
کل	۱۸۳	۰/۰۳۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰۵	۰/۰۷۱

جدول۴ ضریب همبستگی سن با نسبت حجم پالپ به حجم دندان در گروه‌های سنی مورد مطالعه به صورت جداگانه

گروه سنی	r	Sig
۱۵-۱۹	-۰/۵۶۸	۰/۰۰۱
۲۰-۲۴	-۰/۲۵۱	۰/۱۸۱
۲۵-۲۹	-۰/۱۰۳	۰/۵۸۹
۳۰-۳۹	-۰/۱۶۹	۰/۳۵۶
۴۰-۴۹	-۰/۰۳۹	۰/۸۳۲
۵۰-۵۹	-۰/۵۸۲	۰/۰۰۱

بحث

تخمین سن یک فرد زنده یا یک جسد بخش مهمی از پزشکی قانونی است. دندان کانین به دلیل تک ریشه‌ای بودن، دارا بودن پالپ بزرگتر، سایش کمتر و احتمال باقی ماندن طولانی تر در دهان در مقایسه با دندان های تک‌ریشه‌ی دیگر، مناسب‌ترین دندان جهت مطالعات تخمین سن است (۲۸).

در مطالعه حاضر، تعداد ۱۸۳ تصویر CBCT از آرشیو تصاویر موجود بیماران مراجعه کننده به کلینیک فک و صورت، نسبت حجم پالپ به حجم دندان کانین اندازه‌گیری شد.

در مطالعه ای که توسط بیوکی و همکارانش در سال ۲۰۱۷ بر روی ۶ دندان اینسایزور و با جامعه آماری ۱۲۲ نمونه و بر روی جامعه ایرانی انجام گرفت، نشان داده شد که میانگین نسبت حجم پالپ به حجم دندان در دندان های کانین فک بالا و پائین از مقادیر بالاتری در مقایسه با سایر دندان ها برخوردار است (به ترتیب با میزان ۰/۰۴۱ و ۰/۰۴۲) که این نتیجه با توجه به آناتومی دندان کانین، اندازه، مورفولوژی و اینکه این نوع دندان ها کمتر تحت تأثیر فاکتورهای مداخله گر در تشکیل عاج ثالثیه قرار می‌گیرند دور از انتظار نبود (۲۹). در مطالعه حاضر میانگین نسبت حجم پالپ به حجم دندان در کل افراد مورد مطالعه (۱۸۳ نمونه) با مقداری

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/sjku.28.2.62]

کمتر از مطالعه بیوکی و همکارانش به دست آمد (۰/۰۳۰) که می‌تواند به دلیل تأثیر متفاوت فاکتورهای محیطی بر میزان حفره پالپ در افراد مورد مطالعه باشد. همچنین در مطالعه حاضر میانگین نسبت حجم پالپ به حجم دندان بر اساس گروه های سنی، جنسیت، دندان کانین فک بالا و پائین و نیز دندان کانین مستقر در سمت راست یا چپ فک ها بررسی گردید که یافته ها حاکی از آن است که تنها در گروه های سنی مختلف میانگین نسبت حجم پالپ به حجم دندان تفاوت معناداری دارد و این نشان دهنده‌ی تأثیر فاکتور سن بر این نسبت است. در مطالعه‌ای که توسط Saxena و همکاران و مطالعه دیگری که توسط Cameriere و همکارانش در سال ۲۰۱۱ انجام شد، هیچ تفاوت معناداری در متغیرهای مورفولوژیکی (همچون نسبت حجم پالپ به دندان) بین دو جنس وجود نداشت (۳۰, ۳۱). همچنین در مطالعه‌ای که Molina و همکارانش در سال ۲۰۲۱ در جمعیت اسپانیایی نسبت حجم پالپ تاجی به روی حجم تاج دندان را اندازه گرفتند، به نتیجه مشابه دست یافتند (۳۲). نتایج مطالعه ما نیز هم‌راستا با این مطالعات بود؛ بنابراین به نظر نمی‌رسد جنسیت در کنار این نسبت بتواند به عنوان یک فاکتور پیش بینی کننده سن مورد استفاده قرار بگیرد. در مطالعه Jagannathan و همکارانش در سال ۲۰۱۱ که در آن نه تنها در کانین های طرفین بلکه کانین های تفکیک شده از نظر جنسیت نیز اختلاف معناداری از نظر میانگین نسبت حجم پالپ به حجم دندان وجود نداشت (۱۲). یافته این مطالعه نیز هم راستا با مطالعه بود.

در مطالعه‌ای که توسط yang و همکاران در سال ۲۰۰۶ بر روی ۲۸ دندان تک ریشه از ۱۹ نفر انجام شد، نشان داده شد که بین نسبت حجم پالپ به دندان و سن بیولوژیک ارتباط منفی و متوسطی(۰/۵۴ - =r) وجود دارد و مدل رگرسیونی را جهت تخمین سن به دست آوردند که دارای ضریب تبیین برابر با ۲۹ درصد بود (۴). از مطالعه مشابهی دیگری که در این رابطه انجام شد می‌توان به مطالعه Tardivo و همکارانش در سال ۲۰۱۱ اشاره کرد که از تعداد ۵۸ CT اسکن از بیماران در محدوده سنی ۱۴ تا ۷۴ سال با تهیه مدل سه بعدی از ۱۳۳ دندان کانین، نسبت حجم پالپ به حجم دندان را اندازه‌گیری کردند و نشان دادند بین سن و این نسبت ارتباط منفی و معناداری با قدرت متوسط وجود دارد(۰/۵۹۱ - = r) و معادله رگرسیونی با ضریب تعیین ۳۸٪ به دست آوردند (۲۶). یکی از برتری های مطالعه حاضر در مقایسه با مطالعه Tardivo را می توان به استفاده از روش تصویربرداری CBCT اشاره کرد که با درصد خطای کمتری در مقایسه با سایر روش های CT نسبت حجم پالپ به حجم دندان را می‌توان محاسبه کرد. همچنین در مطالعه‌ای که توسط Star و همکاران در سال ۲۰۱۱ که بر روی ۱۱۱ تصویر CBCT از ۵۷ زن و ۵۴ مرد با محدوده سنی ۱۰ تا ۶۵ سال انجام شد، نسبت حجم پالپ به حجم دندان در ۶۴ اینسایزور، ۳۲ کانین، ۱۵ پرمولر اندازه‌گیری شد. در این مطالعه ضریب همبستگی و ضریب تبیین در معادله رگرسیونی برای کل دندان ها به ترتیب برابر ۰/۵۹ - = r و ۰/۳۴ = R^2 بود در حالی که برای دندان کانین به صورت ۰/۲۷ -= r و ۰/۰۷ = R^2 گزارش شد (۱۰). Gulsahi و همکارانش در مطالعه دیگری که بر روی ۲۰۴ بیمار انجام شد نشان دادند در تصاویر CBCT به دست آمده از دندان های قدامی، کانین و پره مولار ضریب همبستگی متوسط و معادله رگرسیون پیشنهادی برای دندان کانین در فک بالا و پائین نشان می‌داد به ترتیب ۱۵ درصد و ۲۱ درصد از تغییرات سن را می‌توان به تغییرات نسبت حجم پالپ به حجم دندان مرتبط دانست (۳۳). نتایج مطالعه ما نیز از نظر ارتباط بین سن و نسبت حجم پالپ به حجم دندان همانند مطالعات قبلی ارتباط معنادار و منفی بود اگرچه ارتباط یافته شده در مطالعه ما به مراتب قوی تر بود و از نظر مناسب بودن معادله رگرسیون دارای ضریب تبیین مناسب تری بود که این نشان می دهد این معادله رگرسیون با دقت بیشتری قادر به برآورد سن تقویمی بر اساس نسبت حجم پالپ به دندان است. به نظر می‌رسد چندین عامل در بیشتر بودن ضریب همبستگی در مطالعه حاضر نسبت به مطالعات

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/sjku.28.2.62]

فوق نقش داشته باشد. نخست، جامعه آماری نسبتاً بالاتری است که در مطالعه حاضر انتخاب شده است. دوم، صرفاً از دندان کانین و تصاویر آن به دلیل اینکه برای مطالعات تخمین سن مناسب تر از سایر دندان ها می باشد، استفاده شده است و از این نظر جامعه همگنی در اختیار بود. سوم، نباید تأثیر فاکتورهای محیطی، نژادی، قومیتی و غیره را در کسب این نتایج نادیده گرفت.

چندین مطالعه دیگر که با تعداد نمونه بیشتری انجام شده است و از این نظر مشابهات بیشتری با مطالعه ما دارد بیانگر ارتباطات قوی‌تری بین سن و نسبت حجم پالپ به حجم دندان است. در مطالعه‌ی Jagannathan و همکارانش که در سال ۲۰۱۱ بر روی جامعه آماری ۱۸۸ نفری (تقریباً هم اندازه با جامعه آماری مطالعه حاضر) و بر روی کانین فک پایین انجام شد میزان همبستگی به مراتب قوی‌تر از مطالعات قبلی بود (r = - ۰/۶۳) (۱۲). همچنین مطالعه‌ای که توسط بیوکی و همکارانش در سال ۲۰۱۷ در جامعه‌ی ایرانی شامل ۱۱۲ نفر انجام شد، نشان داد که بین سن و نسبت حجم پالپ به حجم دندان در دندان کانین هر دو جنس ارتباط نسبتاً قوی وجود دارد (ضریب همبستگی برای دندان کانین فک بالا در مردان و زنان به ترتیب برابر با r = - ۰/۷۵ و r= - ۰/۶۵ و برای دندان کانین فک پایین در مردان و زنان به ترتیب برابر r = - ۰/۷۶ و r = - ۰/۶۰ بود) و معادله رگرسیون با ضریب تبیین مناسبی برای هر کدام گزارش گردید(۲۴). نتایج مطالعه حاضر نیز نزدیک به این مطالعه بود که به نظر می‌رسد عواملی مداخله‌گری که در بالا ذکر گردید تا حدود زیادی تأثیر نسبتاً یکسانی در هر دو جامعه دارد.

در مطالعه حاضر آنالیزهای رگرسیونی بر اساس تفکیک گروه سنی انجام شد و یافته‌ها حاکی از آن است که تنها در دو گروه سنی ۱۹-۱۵ سال و ۵۰-۵۹ سال مدل رگرسیونی معنادار بود. این یافته‌ها نشان می‌دهد بررسی ارتباط سن و نسبت حجم پالپ به حجم دندان در این گروه سنی به مراتب مناسب‌تر است. در واقع مناسب ترین گروه سنی که در آن با احتمال بیشتری می توان سن را از داده های مربوط به نسبت حجم پالپ به حجم دندان تخمین زد مربوط به رده سنی ۱۹-۱۵ و ۵۹-۵۰ است. در مطالعه Jeevan و همکارانش در سال ۲۰۱۰ نتیجه بر آن بود که در افراد گروه سنی ۳۰-۱۶ و ۴۴-۳۱ مدل رگرسیونی به دست آمده بهتر می تواند برای تخمین سن در افرادی که در این محدوده سنی هستند مورد استفاده قرار بگیرد (۳۴). همچنین در مطالعه Aboshi و همکاران در سال ۲۰۱۰ نیز مشخص شد که کاهش حجم پالپ به حجم دندان در گروه سنی بین ۲۰ تا ۵۰ سال واضح تر است و معادله مورد نظر با احتمال بیشتری می‌تواند سن را برآورد کند (۵). این مطالعات نشان می‌دهد در افراد جوان‌تر برآورد سن به مراتب با اطمینان بیشتری می تواند انجام شود. در مطالعه ما نیز هم راستا با این مطالعات نشان داده شد که معادله به دست آمده برای افراد گروه ۱۹-۱۵ سال می‌تواند با احتمال بیشتری جهت برآورد سن افراد جوان به کار برود. با این حال نتایجی که در گروه سنی ۵۹-۵۰ به دست آمد متناقض با مطالعات قبلی بود که می‌توان تنوع و تفاوت تعداد نمونه‌های مورد بررسی در این گروه با گروه های دیگر و نژاد را در به دست آمدن این نتیجه دخیل دانست.

به منظور اعتبار بخشی داده ها و بررسی درصد خطا از محاسبه حجم پالپ دندان کانین کشیده شده انسانی به روش micro-CT استفاده شد. Micro-CT ارزیابی دقیقی از ساختارهای داخلی دندان همچون مورفولوژی کانال ریشه به دست می دهد (۳۵, ۳۶) و می تواند به عنوان مرجع استاندارد در اندازه‌گیری‌های خطی و حجمی دندان به کار رود. در چندین مطالعه micro-CT به عنوان روش مفید برای بررسی ارتباط سن با نسبت حجم پالپ به دندان به کار رفته است (۵, ۳۷-۳۹). در مطالعه حاضر درصد اختلاف، بین حجم اندازه‌گیری شده پالپ در دو روشmicro-CT وCBCT ۶/۲۷ درصد به دست آمد که این اختلاف در مقایسه با مطالعات گذشته نسبتاً کمتر است (۳, ۴, ۱۰) ؛ ولی با مطالعه Ge و همکاران که میانگین درصد اختلاف برای دندان‌های تک ریشه در آن ۶ درصد بود مطابقت دارد (۳). درصد اختلاف به دست آمده بین دو روش micro-CT

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/sjku.28.2.62]

وCBCT به دلیل رزولوشن فضایی بیشتر micro-CT در مقایسه با CBCT است.

محدودیت‌هایی در این مطالعه وجود داشت، از جمله اینکه نمی‌توان حجم پالپ را در دندان های چند ریشه به آسانی به دست آورد؛ زیرا اندازه‌گیری دقیق در این نوع دندان ها به سختی قابل انجام است. از سوی دیگر نتایج حاصل از این مطالعه مربوط به طیف خاص جمعیتی است و نمی‌توان آن را به سایر جوامع تعمیم داد و در صورت امکان بایستی مطالعه را بر روی جامعه آماری وسیع‌تری انجام داد تا در آن صورت بتوان علاوه بر سن و جنس، نژاد و سایر فاکتورهای مؤثر را هم در نظر گرفت.

جهت به دست آوردن فرمول مشخص برای جامعه ایرانی می‌توان مطالعات مشابه در سایر نقاط کشور انجام داد. همچنین پیشنهاد می‌شود مطالعه مشابه در دندان های دیگر و با حجم نمونه بیشتر با استفاده از دیگر نرم افزارهای مربوط به تعیین حجم انجام شود.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه نشان داده شد که متغیرهای جنسیت، محل دندان‌های کانین وابسته به نسبت حجم پالپ به حجم دندان نیستند در حالی که متغیر سن وابسته به این نسبت است. نتایج این مطالعه نشان داد که بین سن تقویمی و نسبت حجم پالپ به حجم دندان در دندان‌های کانین ارتباط معکوس وجود دارد و می‌توان با تهیه تصاویر CBCT و به دست آوردن نسبت مورد نظر و با استفاده از مدل رگرسیونی به دست آمده سن افراد را برآورد کرد. همچنین در رده های سنی بین ۱۹-۱۵ سال و نیز ۵۹-۵۰ سال به نظر می‌رسد مدل رگرسیونی توانایی بهتری در برآورد سن دارا است و متد قابل اعتمادی برای جامعه ایرانی می‌تواند تلقی گردد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش در دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد با شناسه اخلاق IR.SSU.REC.1396.57 به تصویب رسید. این دانشگاه تأمین کننده منابع مالی نیز بود. همچنین هیچ‌کدام از نویسندگان این مطالعه تعارض منافعی برای انتشار این مقاله ندارند.

منابع

1.De Angelis D, Gaudio D, Guercini N, Cipriani F, Gibelli D, Caputi S, et al. Age estimation from canine volumes. Radiol Med. 2015;120(8):731-736.
2.Ge ZP, Ma RH, Li G, Zhang JZ, Ma XC. Age estimation based on pulp chamber volume of first molars from cone-beam computed tomography images. Forensic Sci Int. 2015;253:e1-e7.
3.Ge ZP, Yang P, Li G, Zhang JZ, Ma XC. Age estimation based on pulp cavity/chamber volume of 13 types of tooth from cone beam computed tomography images. Int J Legal Med. 2016;130(4):1159-1167.
4.Yang F, Jacobs R, Willems G. Dental age estimation through volume matching of teeth imaged by cone-beam CT. Forensic Sci Int. 2006;159 (Suppl 1):S78-S83.
5.Aboshi H, Takahashi T, Komuro T. Age estimation using microfocus X-ray computed tomography of lower premolars. Forensic Sci Int. 2010;200(1-3):35-40.
6.Sakuma A, Saitoh H, Suzuki Y, Makino Y, Inokuchi G, Hayakawa M, et al. Age estimation based on pulp cavity to tooth volume ratio using postmortem computed tomography images. J Forensic Sci. 2013;58(6):1531-1535.
7.Ardakani F, Bashardoust N, Sheikhha M. The accuracy of dental panoramic radiography as an indicator of chronological age in Iranian individuals. J Forensic Odontostomatol. 2007;25(2):30-5.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/sjku.28.2.62]

8.Nudel I, Pokhojaev A, Hausman BS, Bitterman Y, Shpack N, May H, et al. Age estimation of fragmented human dental remains by secondary dentin virtual analysis. Int J Legal Med. 2020;134(5):1853-1860.
9.Panchbhai AS. Dental radiographic indicators, a key to age estimation. Dentomaxillofac Radiol. 2011;40(4):199-212.
10.Star H, Thevissen P, Jacobs R, Fieuws S, Solheim T, Willems G. Human dental age estimation by calculation of pulp-tooth volume ratios yielded on clinically acquired cone beam computed tomography images of monoradicular teeth. J Forensic Sci. 2011;56 (Suppl 1):S77-S82.
11.Gustafson G. Age determination on teeth. J Am Dent Assoc. 1950;41(1):45-54.
12.Jagannathan N, Neelakantan P, Thiruvengadam C, Ramani P, Premkumar P, Natesan A, et al. Age estimation in an Indian population using pulp/tooth volume ratio of mandibular canines obtained from cone beam computed tomography. J Forensic Odontostomatol. 2011;29(1):1-6.
13.Asif MK, Nambiar P, Mani SA, Ibrahim NB, Khan IM, Lokman NB. Dental age estimation in Malaysian adults based on volumetric analysis of pulp/tooth ratio using CBCT data. Leg Med (Tokyo, Japan). 2019;36:50-58.
14.Aboshi H. Age estimation of lower first premolars based on the ratio between width of root and pulp using a digital X-ray system-consideration of the bias in image geometry. Nihou Univ Dent J. 2001;75:533-539.
15.Lopez Nicolas M, Morales A, Luna A. Morphometric study of teeth in age calculation. J Forensic Odontostomatol. 1993;11(1):1-8.
16.Meinl A, Tangl S, Pernicka E, Fenes C, Watzek G. On the applicability of secondary dentin formation to radiological age estimation in young adults. J Forensic Sci. 2007;52(2):438-441.
17.Paewinsky E, Pfeiffer H, Brinkmann B. Quantification of secondary dentine formation from orthopantomograms--a contribution to forensic age estimation methods in adults. Int J Legal Med. 2005;119(1):27-30.
18.Solheim T. Amount of secondary dentin as an indicator of age. Scand J Dent Res. 1992;100(4):193-199.
19.Roh BY, Lee WJ, Ryu JW, Ahn JM, Yoon CL, Lee SS. The application of the Kvaal method to estimate the age of live Korean subjects using digital panoramic radiographs. Int J Legal Med. 2018;132(4):1161-1166.
20.Landa MI, Garamendi PM, Botella MC, Alemán I. Application of the method of Kvaal et al. to digital orthopantomograms. Int J Legal Med. 2009;123(2):123-128.
21.Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO, Solheim T. Age estimation of adults from dental radiographs. Forensic Sci Int. 1995;74(3):175-185.
22.Asami R, Aboshi H, Iwawaki A, Ohtaka Y, Odaka K, Abe S, et al. Age estimation based on the volume change in the maxillary premolar crown using micro CT. Leg Med (Tokyo, Japan). 2019;37:18-24.
23.Zheng Q, Ge Z, Du H, Li G. Age estimation based on 3D pulp chamber segmentation of first molars from cone-beam-computed tomography by integrated deep learning and level set. Int J Legal Med. 2021;135(1):365-373.
24.Maret D, Peters OA, Dedouit F, Telmon N, Sixou M. Cone-Beam Computed Tomography: a useful tool for dental age estimation? Med Hypotheses. 2011;76(5):700-702.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/sjku.28.2.62]

25.Pinchi V, Pradella F, Buti J, Baldinotti C, Focardi M, Norelli GA. A new age estimation procedure based on the 3D CBCT study of the pulp cavity and hard tissues of the teeth for forensic purposes: A pilot study. J Forensic Leg Med. 2015;36:150-157.
26.Tardivo D, Sastre J, Ruquet M, Thollon L, Adalian P, Leonetti G, et al. Three-dimensional modeling of the various volumes of canines to determine age and sex: a preliminary study. J Forensic Sci. 2011;56(3):766-770.
27.Gao Y, Kikinis R, Bouix S, Shenton M, Tannenbaum A. A 3D interactive multi-object segmentation tool using local robust statistics driven active contours. Med Image Anal. 2012;16(6):1216-1227.
28.Zaher JF, Fawzy IA, Habib SR, Ali MM. Age estimation from pulp/tooth area ratio in maxillary incisors among Egyptians using dental radiographic images. J Forensic Leg Med. 2011;18(2):62-65.
29.Biuki N, Razi T, Faramarzi M. Relationship between pulp-tooth volume ratios and chronological age in different anterior teeth on CBCT. J Clin Exp Dent 2017;9(5):e688-e693.
30.Cameriere R, De Luca S, Alemán I, Ferrante L, Cingolani M. Age estimation by pulp/tooth ratio in lower premolars by orthopantomography. Forensic Sci Int. 2012;214(1-3):105-12.
31.Saxena S. Age estimation of indian adults from orthopantomographs. Braz Oral Res. 2011;25(3):225-229.
32.Molina A, Bravo M, Fonseca GM, Márquez-Grant N, Martín-de-Las-Heras S. Dental age estimation based on pulp chamber/crown volume ratio measured on CBCT images in a Spanish population. Int J Legal Med. 2021;135(1):359-364.
33.Gulsahi A, Kulah CK, Bakirarar B, Gulen O, Kamburoglu K. Age estimation based on pulp/tooth volume ratio measured on cone-beam CT images. Dentomaxillofac Radiol. 2018;47(1):20170239.
34.Jeevan MB, Kale AD, Angadi PV, Hallikerimath S. Age estimation by pulp/tooth area ratio in canines: Cameriere's method assessed in an Indian sample using radiovisiography. Forensic Sci Int. 2011;204(1-3):e1-e5.
35.Gantt DG, Kappleman J, Ketcham RA, Alder ME, Deahl TH. Three-dimensional reconstruction of enamel thickness and volume in humans and hominoids. Eur J Oral Sci. 2006;114 (Suppl 1):360-383.
36.Peters OA, Laib A, Rüegsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. J Dent Res. 2000;79(6):1405-1409.
37.Agematsu H, Someda H, Hashimoto M, Matsunaga S, Abe S, Kim HJ, et al. Three-dimensional observation of decrease in pulp cavity volume using micro-CT: age-related change. Bull Tokyo Dent Coll. 2010;51(1):1-6.
38.Someda H, Saka H, Matsunaga S, Ide Y, Nakahara K, Hirata S, et al. Age estimation based on three-dimensional measurement of mandibular central incisors in Japanese. Forensic Sci Int. 2009;185(1-3):110-114.
39.Vandevoort FM, Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Bielen DJ, Lambrechts P, Wevers M, et al. Age calculation using X-ray microfocus computed tomographical scanning of teeth: a pilot study. J Forensic Sci. 2004;49(4):787-790.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/sjku.28.2.62]