TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA PROFESIONAL DE ESTOMATOLOGÍA

"ESTIMACIÓN DE LA EDAD DENTAL EVALUANDO EL VOLUMEN PULPAR DE CINCO DIENTES EN IMÁGENES DE TOMOGRAFÍAS COMPUTARIZADAS DE HAZ CÓNICO EN UNA POBLACIÓN PERUANA"

Tesis para optar el grado académico de:

MAESTRO EN ODONTOLOGÍA FORENSE

Presentado por:

Juliana Magaly Salvatierra Gálvez (0000-0003-1270-8914)

Asesora:

Erika Ruth Alvarado Muñoz (0000-0003-0959-7117)

Lima – Perú

2023

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA PROFESIONAL DE ESTOMATOLOGÍA

"ESTIMACIÓN DE LA EDAD DENTAL EVALUANDO EL VOLUMEN PULPAR DE CINCO DIENTES EN IMÁGENES DE TOMOGRAFÍAS COMPUTARIZADAS DE HAZ CÓNICO EN UNA POBLACIÓN PERUANA"

Tesis para optar el grado académico de:

MAESTRO EN ODONTOLOGÍA FORENSE

Presentado por:

Juliana Magaly Salvatierra Gálvez (0000-0003-1270-8914)

Asesora:

Erika Ruth Alvarado Muñoz (0000-0003-0959-7117)

Lima – Perú

2023

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 25 de septiembre de 2023.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Mg. Esp. CD. JESUS MIGUEL QUIROZ MEJÍA
Miembro 1: Mg. Esp. CD. CARMEN ROSA GARCÍA RUPAYA
Miembro 2: Mg. Esp. CD. LOURDES SUSANA GARCÍA ZARATE

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

ESTIMACIÓN DE LA EDAD DENTAL EVALUANDO EL VOLUMEN PULPAR DE CINCO DIENTES EN IMÁGENES DE TOMOGRAFÍAS COMPUTARIZADAS DE HAZ CÓNICO EN UNA POBLACIÓN PERUANA

Presentada por el estudiante/bachiller:

- JULIANA MAGALY SALVATIERRA GÁLVEZ

Para optar el Grado Académico de Maestro en Odontología Forense

Asesorada por: Mg. Esp. ERIKA RUTH ALVARADO MUÑOZ

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del estudiante de la Carrera de Estomatología en la sustentación, se concluyen de:
Manera unánime (X)
Por mayoría ( )

Calificar a:

Tesista: JULIANA MAGALY SALVATIERRA GÁLVEZ			Nota (en letras): 17 (diecisiete)
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Mg. Esp. CD. JESUS MIGUEL QUIROZ MEJÍA
Presidente(a) del Jurado
DNI. 16003511



Mg. Esp. CD. LOURDES SUSANA GARCÍA ZARATE
Miembro 2
DNI. 10875879



Mg. Esp. CD. CARMEN ROSA GARCÍA RUPAYA
Miembro 1
DNI. 09075393



Mg. Esp. ERIKA RUTH ALVARADO MUÑOZ
Asesor(a)
DNI. 40100819

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR
POSGRADO ESTOMATOLOGÍA
INDICAR EL TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD O GRADO ACADÉMICO A OPTAR
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS[13]

Lima, 09 de octubre del 2023
Señor:
Carlos Zavalaga Reyes
Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. -

De nuestra consideración,

Yo: Juliana Magaly Salvatierra Gálvez egresada del Posgrado Estomatología de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con la asesora de tesis Erika Ruth Alvarado Muñoz, declaramos que este informe final de tesis titulado: ESTIMACIÓN DE LA EDAD DENTAL EVALUANDO EL VOLUMEN PULPAR DE CINCO DIENTES EN IMÁGENES DE TOMOGRAFÍAS COMPUTARIZADAS DE HAZ CÓNICO EN UNA POBLACIÓN PERUANA, sustentado para obtener el Grado Académico de Maestro en Odontología Forense Es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero nuestra investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos[14], que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,

NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS (TESISTA)
Juliana Magaly Salvatierra Gálvez
DNI: 41615898

NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS (ASESORA)
Erika Ruth Alvarado Muñoz
DNI: 40100819

[13] En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-SUNEDU/CD
[14] Los documentos están en: https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Estimación de la edad dental evaluando el volumen pulpar de cinco dientes en imágenes de tomografías computarizadas de haz cónico en una población peruana

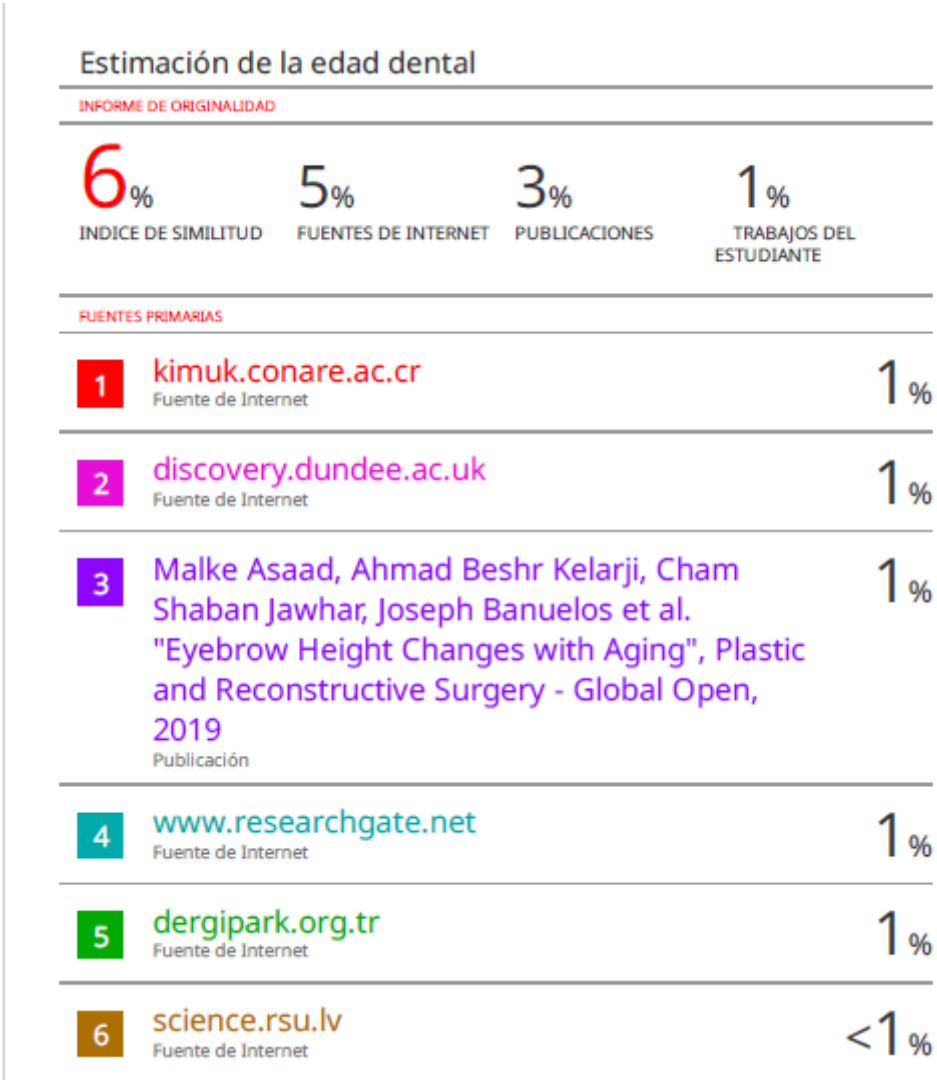
Autores. Juliana Magaly Salvatierra Galvez.

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2243603363).

Resultado de la evaluación. 6%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



Estimación de la edad dental

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%	5%	3%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	kimuk.conare.ac.cr Fuente de Internet	1%
2	discovery.dundee.ac.uk Fuente de Internet	1%
3	Malke Asaad, Ahmad Beshr Kelarji, Cham Shaban Jawhar, Joseph Banuelos et al. "Eyebrow Height Changes with Aging", Plastic and Reconstructive Surgery - Global Open, 2019 Publicación	1%
4	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
5	dergipark.org.tr Fuente de Internet	1%
6	science.rsu.lv Fuente de Internet	<1%

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DEDICATORIA

A Dios por ser la luz en mi vida.

A mi familia por el apoyo incondicional.

A mis hijos Antonella y Alessandro por ser mi motor y motivo de vida.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora, Mg Esp. Erika Alvarado Muñoz, por su motivación y apoyo en todo momento de los estudios de la Maestría en Odontología Forense y en el proceso de la investigación y publicación.

Al Mg. Esp. Juan Díaz, por su invalorable apoyo durante la investigación y publicación.

A la Mg Esp. Wendy Velezmoro Montes, por su valioso apoyo en el proceso de la investigación.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ÍNDICE GENERAL

	CONTENIDO	PÁG.
1.	Carátula	1
2.	Hoja en blanco	2
3.	Carátula interior	3
4.	Copia del acta de sustentación	4
5	Declaración de originalidad de contenido de informe final de tesis	5
5.	Dedicatoria	6
6.	Agradecimientos	7
7.	Resumen	12
8.	Abstract	13
9.	Artículo publicado	14
	a. Introducción	15
	b. Métodos	16
	c. Resultados	18
	d. Discusión	20
	e. Conclusiones	22
	f. Referencias Bibliográficas	25

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

g. Tablas y Figuras 30

10 Versión inicial enviada a publicar 35

11 Cartas de respuesta a las observaciones de los revisores 57

12 Versión en español 60

13 Abreviaturas 76

14 Anexos 77

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	CONTENIDO	PÁG.
Table 1	Descriptive evaluation of pulp volumes measured in mm³ with the mean and standard deviation (SD) of the right upper canine (U13). Upper left central incisor (U21). Upper left canine (U23). Upper left molar (U26). And lower left first premolar (L34) according to sex and age group.	31
Table 2	Multiple linear regression model to estimate age based on pulp volume (mm³) of the right upper canine (U13). Upper left central incisor (U21). Upper left canine (U23). And upper left molar (U26).	32
Table 3	Multiple linear regression model to estimate age in men based on the pulp volume (mm³) of the upper left central incisor (U21). Upper left canine (U23). And upper left molar (U26).	32

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Table 4	Multiple linear regression model to estimate age in women based on the pulp volume (mm^3) of the right upper canine (U13). Upper left canine (U23).	33

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	PÁG.
Figure 1	Pulp volume measurement threshold in sagittal, coronal, and axial views.	32
Figure 2	Three-dimensional view of pulp volume measurements of U12, U23, U21 and U26.	33
Figure 3	Three-dimensional view of Pulp volume measurements of L34.	34

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	CONTENIDO	PÁG.
Anexo 1	Evidencia de revisión y aceptación para publicación en revista científica	77
Anexo 2	Documento de aprobación de Comité Institucional de Ética en Investigación	79
Anexo 3	Resolución Directoral de cambio de título de proyecto de tesis	80
Anexo 4.	Instrumento de recolección de datos	81

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

RESUMEN

La estimación de la edad dental en personas vivas y cadáveres es muy importante para la Odontología Forense, sobre todo en casos de identificación en investigaciones legales y sociales. El objetivo del estudio fue estimación de la edad dental mediante la medición del volumen pulpar de imágenes dentales en tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) de pacientes peruanos. Fueron analizadas 231 TCHC de pacientes entre 12 a 60 años a más. [Mujeres (134), hombres (97)] se dividieron en seis grupos de edad (12-19, 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60 años a más). El análisis volumétrico de la pulpa dental se realizó en un total de 1155 dientes (caninos superiores, incisivos centrales superiores izquierdos, primeros molares superiores izquierdos y primeros premolares inferiores izquierdos), mediante el software Romexis® 5.3.3.5. El análisis de regresión lineal mostró un coeficiente de determinación del 30% que sugiere una correlación débil entre la relación del volumen pulpar de los dientes y la edad. El volumen pulpar de los caninos superiores derecho e izquierdo disminuyó a medida que aumentaba la edad y el volumen pulpar en dientes de personas de 60 años a más fue el más bajo. Sin embargo, se pueden proponer estudios futuros para incluir una gran muestra homogénea de dientes en diferentes categorías y grupos de edad para confirmar la correlación y establecer una ecuación de regresión confiable.

PALABRAS CLAVE: Ciencias forenses; Odontología forense; Estimación de la edad dental; Tomografía computarizada de haz cónico; Pulpa dental; Dentina secundaria.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ABSTRACT

Dental age estimation is very important for individual identification in criminal and civil forensic investigations. One of the methods for age estimation is studying age related changes in pulp volume of teeth. The objective of the current study was to estimate dental age from the pulp volume of five different categories of teeth of a Peruvian sample using cone beam computed tomography (CBCT). Retrospective CBCT records of 231 patients [females (134), males (97), age: 12-60 years] were included in the study, categorized into five different age groups (12-19, 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60 years and older). Dental pulp volume of five categories of teeth (upper canines, left upper central incisors, left upper first molars, lower left first premolars, first molars) were analyzed using Romexis® 5.3.3.5 software for each patient. There was a reduction in the pulp volume of upper right and left canine with age. The pulp volume was lowest in people aged 60 years and over. Linear regression analysis of the pulp volume and chronological age showed a coefficient of determination of 30%, suggesting a weak correlation. A weak correlation between dental pulp and age is derived. But a robust large homogenous sample of teeth in future for different age groups may establish a reliable regression equation.

KEYWORDS: Forensic science; Forensic dentistry; Age determination by teeth; Cone beam computed tomography; Dental pulp; Secondary dentin.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

I. VERSIÓN APROBADA PARA PUBLICAR

Dental Age Estimation by Assessing the Pulp Volume of Five Teeth in a Peruvian Population Using Cone Beam Computed Tomography Images

Abstract

Dental age estimation is very important for individual identification in criminal and civil forensic investigations. One of the methods for age estimation is studying age related changes in pulp volume of teeth. The objective of the current study was to estimate dental age from the pulp volume of five different categories of teeth of a Peruvian sample using cone beam computed tomography (CBCT). Retrospective CBCT records of 231 patients [females (134), males (97), age: 12-60 years] were included in the study, categorized into five different age groups (12-19, 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60 years and older). Dental pulp volume of five categories of teeth (upper canines, left upper central incisors, left upper first molars, lower left first premolars, first molars) were analyzed using Romexis® 5.3.3.5 software for each patient. There was a reduction in the pulp volume of upper right and left canine with age. The pulp volume was lowest in people aged 60 years and over. Linear regression analysis of the pulp volume and chronological age showed a coefficient of determination of 30%, suggesting a weak correlation. A weak correlation between dental pulp and age is derived. But a robust large homogenous sample of teeth in future for different age groups may establish a reliable regression equation.

KEYWORDS: Forensic science; Forensic dentistry; Age determination by teeth; Cone beam computed tomography; Dental pulp; Secondary dentin.

INTRODUCTION

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

The estimation of age is important for human identification in civil and criminal proceedings. Teeth are the hardest tissue structure in the human body and can withstand nutritional deficiencies and high physical and chemical stresses over time (1-4). Hence, teeth are used for dental age estimation (DAE) in many forensic applications by varied techniques and aids. In children and adolescents, DAE is based on the development and eruption of teeth as opposed to methods in adults where dental development is complete (5,6). However, adult teeth present important physiological modifications throughout life, such as the formation of secondary dentin which causes a reduction of pulp volume (7,8). Therefore, DAE can be performed by analyzing dental pulp volume in different age groups, showing a reduction in volume with progressing age (9-11).

The pulp volume of teeth can be assessed by two-dimensional (2D) and three-dimensional (3D) radiographic images including cone beam computed tomography (CBCT). These techniques have several advantages of being minimally invasive, no requirement of tooth extraction, and are applicable in different population groups (12-14). Of the two radiographic methods, 3D-CBCT is more accurate as it measures the exact size and volume of the dental pulp, based on voxel size, exposure time, and equipment accessibility (15,16).

Previous studies attempted to study association of pulp volume with age both 2D and 3D radiographic methods but showed conflicting results. Kvaal et al. (1995) used periapical radiographs to study different pulp-tooth ratios (pulp-root, pulp-tooth, tooth-root, pulp-root width) in six different types of teeth of 100 patients. Results showed a significant association of pulp-root and pulp-tooth ratio with advancing age and a linear regression of (R^2=0.76) for age, demonstrating a strong correlation.9 Vandevoort et al. (2004) used micro-computed tomography (CT) of 43 single root teeth for calculating the pulp-tooth volume ratio and found a weak association (R^2=31%) between biological age

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

and volume ratio (17). Asif et al. (2019) assessed pulp volume on CBCT scans of 300 intact teeth classified into 5 age groups from 16-65 years. They found a strong correlation of pulp volume with age: maxillary right central incisors (r=0.83), right canines (r=0.74), and left canines (r=0.73). (7) Kazmi et al. (2019) used CBCT images of maxillary and mandibular canines of 368 females and 349 males in the age group of 15-65 years. They found mandibular canine pulp volume and sex as strong predictors in the regression equation formulated for estimating age (R^2=0.33) (18).

Although previous literature has studied association between pulp volume and age, a major limitation has been the use of different categories of representative teeth from different individuals. Hence, the current study utilized CBCT scans of five categories of teeth from the same individuals for age estimation in a Peruvian sample.

METHODS

Study Design and Ethical Approval: This was a retrospective, cross-sectional, observational study. Ethical approval was obtained from the institutional committee of research ethics (Record No.230 CIEI-Scientific-2019).

A pilot study was carried out using 30 CBCT images for pulp volume assessment for calibration purposes. The volumetric readings were performed by 2 operators (JS and EA) and repeated at a gap of two weeks. Intra-class correlation coefficient (ICC) analysis was performed to determine intra-examiner, and inter-examiner reliability. The ICC results were greater than 0.90, indicating excellent reliability.

STUDY SAMPLE

The study sample consisted of CBCT records of patients who attended a private oral and maxillofacial facility from 2018 to 2019. All the records of 231 patients were included in the study comprising 134 females and 97 males (12-60 years old). CBCT

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

images of these patients were further categorized into six sub-groups, as described in previous studies (7,8,9,11-15,19).

The groups were classified into six groups according to age as follows:

Group 1: 12-19 years (y)

Group 2: 20-29 y

Group 3: 30-39 y

Group 4: 40-49 y

Group 5: 50-59 y

Group 6: 60 y and older.

From each CBCT image, 5 teeth were selected for volumetric measurement of the dental pulp, resulting in a total sample of 1155 teeth. The five teeth studied in each CBCT image were: the upper right canine (U13), upper left central incisor (U21), upper left canine (U23), upper left first molar (U26) and lower left first premolar (L34), as described previously (7,9,17,18).

INCLUSION CRITERIA

The CBCT records for the study were selected based on known chronological age and the presence of outlined five teeth in high resolution, teeth in good condition (no caries or associated pathologies), and no obvious morphological abnormalities.

PROCESSING OF IMAGES

The images were obtained from Pro 3D Mid CBCT unit (PlanMecaR, Helsinki, Finland) using a 150-to-200-micron voxel size, 90KVp tube current, 10mA tube voltage with time exposure of 13.5 seconds. Data files were imported to the Romexis®5.3.3.5 software (MecaR Plan, Helsinki, Finland), and each image was oriented into axial, coronal and sagittal planes (Figure 1). The pulp cavity was delimited manually using the

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

different values of the default threshold in order to detect the borders (highest) of the pulp cavity. Each tooth was measured for pulp volume by the software for 30 minutes, and the volume was automatically individually calculated in mm^3 (Figure 2, Figure 3).

STATISTICAL ANALYSIS

The statistical program STATA 14.0 was used for data analysis. A descriptive analysis of the response variable (tooth pulp volume) was calculated using summary measures for numerical variable: mean and standard deviation (SD). Multiple linear regression was performed to determine the predictor variables of the patient's age, and the sex-related predominance with age. The level of significance was 5%.

RESULTS

The response variable was calibrated by the ICC in 30 selected CBCT. It depicted the intra-examiner reliability for U13, U21, U23, U26, L34 to be 0.984, 0.997, 0.996, 0.997 and 0.995 respectively and the inter-examiner reliability for U13, U21, U23, U26, L34 as being 0.917, 0.956, 0.987, 0.997 and 0.985, respectively.

Sex-based differences in pulp volumes (Table 1): The average pulp volume in males was greater than in females for all the representative teeth. Of all the teeth, the average pulp volume of U23 in men was the highest (20.54 mm^3) compared to women (17.31 mm^3)

Inter-group differences in pulp volume (Table 1): The pulp volume was highest in Group 1 and lowest in Group 6 for U13, U21, U23, L34 while in U26, the pulp volume was highest in Group 1 and lowest in Group 4. There was a statistically significant difference between the pulp volume of U13, U23, L34 and sex, and between all categories of teeth and age groups.

A multiple linear regression equation was developed from predictive variables associated with U13, U21, U23 and U26 to estimate the age of the patients, based on p

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

value and confidence interval (Table 2). At an adjusted coefficient of determination (R^2) of 30% (p=0.001), the equation was as follows:

Age= 55.616-0.376 (U13)-0.434 (U21)-0.284 (U23) -0.141 (U26).

To estimate the age in men, a multiple regression equation based on predictive variables of the pulp volume of U13, U21, U23, and U26 was formulated. At an adjusted R^2 of 42% (Table 3), the model was not predictive, showing only an association with age. The equation was as follows:

Male age= 61.926-0.563 (U21)-0.579 (U23) -0.305 (U26).

To estimate age in women, a multiple linear regression equation based on predictive variables of the pulp volume of U13, and U21 was formulated. At an adjusted R^2 of 23% (Table 4), the model was not predictive, and was only associated with age. The equation was as follows:

Female age= 49.263-0.478 (U13) -0.512 (U21).

DISCUSSION

Measurement of dental pulp size by CBCT is an established non-invasive age estimation technique for adults which allow accurate measurement of pulp volume changes with advancing age as a result of secondary dentin deposition (12,19). This technique currently uses low-dose radiation and produces high-resolution images (3,20). Analysis of the volume of dental pulp and the pulp chamber is more reliable than area calculation as secondary dentin formation may give an incorrect projection of irregularity due to discontinuity. In the present study image projection and analysis of CBCT images of teeth for pulp volume measurement was carried out in approximately 30 minutes per tooth unlike other studies, in which the estimated evaluation time of pulp volume evaluation was much longer (7,12,21).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

The U13, U21, U23, and L34 teeth were chosen for evaluation because they have a simpler, straighter root anatomy and a wider pulp cavity compared to the lower incisors, and these teeth have been used in many studies (18,19,22,23). These characteristics facilitate the delimitation of the pulp cavity, allowing accurate and rapid analysis and measurement of pulp volume. The U26 tooth included in the current study presents the widest pulp chamber and is suitable for assessment of pulp volume reduction with age (3-6,12,15,22,23).

The current study excluded teeth from patients with systemic diseases and dental restorative treatments as they may influence pathological formation of secondary dentin (24,25).

Previous studies have shown that CBCT is successful in the analysis of pulp volume of single and multi-rooted teeth (12,15,26). The present study showed a decrease in the pulp volume of upper canines with age, in accordance with the results of previous studies (19,23,27). The pulp volume of teeth in Group 6 (aged 60 years and above) was the lowest in all teeth except U26, in agreement with the results of previous studies (12, 26,28). In contrast, a study carried out by Oi et al. in 2004 demonstrated that the pulp volume of the upper first premolars showed a large decrease in individuals aged between 20 and 40 years but beyond that age, there was no significant reduction (29). This difference may be attributed to limited sample of premolar teeth in this study compared to our study.

In our study, 30% of the variability with age was explained by the pulp volume of U13, U21, and U26, similar to a previous study which obtained a coefficient of determination (R^2) of 31% analyzing the upper central incisors, upper canines, and left lower canine (30). Different teeth gave different R^2 values for age in different studies, including lower canines (R^2=39.7%), (19) incisors (R^2=41%), (12) canines (R^2=7%), (12) and

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

premolars (R^2=23%) (12). A lower R^2=21% with the upper central incisors, reported a weak correlation between pulp volume and age, which was probably due to the secondary dentin formation by external stimuli (8). Therefore, as dental development is complete, the ability to accurately estimate dental age is reduced, due to degenerative changes in the teeth such as attrition, abfraction, erosion.

The regression equations generated in the current study to estimate dental age in men and women used different teeth with R^2 value of 42% and 23% respectively. Similar regression equations have been generated in previous studies (4, 5,12,19). However, few studies have reported a higher coefficient of determination for women in contrast to the results of the current study (4, 8,12,15). This may be due to a smaller sample size of the teeth in our study, which is one of the limitations of the current study.

The equation variables generated in the present study are age and pulp volume of the upper canines, left central incisor, and left upper first molar. But due to lower R^2 value, it is not useful for the prediction of age, and can be used only for association. Our results were similar to a previous study by Porto et al. (2015) which studied 118 central incisors across 5 age groups showing a weak correlation of pulp/tooth volume ratio with age, with R^2=21% (8).

The lower left premolar did not contribute to the generation of the linear regression equation model, and was, therefore, not included in the equation. In addition, there was no linearity between any of the independent variables.

Our study has a few limitations. There was an unequal distribution of participants in the different age groups due to the difficulty in finding images of adult patients with all their teeth present. Also, the variability in the size of the teeth studied caused disparity in the sizes of the pulp cavities. Further studies should include a larger sample of

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

individual age groups and study similar categories of teeth for uniformity and better reproducibility.

CONCLUSIONS

The present investigation analyzed the relationship between chronological age and dental pulp volume in five categories of teeth in the same adult individual.

The following conclusions were drawn:

Linear regression equations were generated for the estimation of age using pulp volumes of multiple teeth independent of sex, and also separately for males and females.

A low coefficient of determination (R^2) of 30% indicated a low predictive value of independent variables of pulp volumes of respective teeth, also suggesting a weak association between pulp volume and age.

The pulp volume of the upper right and left canine decreased as age increased. The results show that the pulp volume of the teeth in people aged 60 years and over was the lowest among all the teeth except U26.

Further research is needed to confirm the reproducibility of the model and obtain a reliable formula with a high predictive potential.

LIST OF ABBREVIATIONS

CBCT (cone beam computed tomography)

DAE (dental estimation)

2D (two-dimensional)

3D (three-dimensional)

R^2 (coefficient of determination)

r (correlation)

ICC (intraclass correlation coefficient)

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

SD (standard deviation)

AUTHOR CONTRIBUTION STATEMENT

Conceptualization and design: J.M.S.G.

Literature review: J.M.S.G. and E.R.A.M.

Methodology: J.M.S.G. and A.D.S

Validation: A.D.S.

Formal analysis: J.M.S.G.

Research and data collection: J.M.S.G.

Resources: J.M.S.G.

Data analysis and Interpretation: A.D.S.

Writing-preparation of the priginal draft: J.M.S.G.

Writing: review and editing: J.M.S.G., E.R.A.M., P.K., A.C., Y.W.V.M. and A.G.R.Q.

Supervision: E.R.A.M.

Acquisition of funds: J.M.S.G.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

REFERENCES

1. Sakuma A., Saitoh H., Suzuki Y., Makino Y., Inokuchi G., Hayakawa M., et al (2013) Age estimation based on pulp cavity to tooth volume ratio using postmortem computed tomography images. J Forensic Sci 58 (6): 1531-5.doi: 10.1111/1556-4029.12175. PMID: 23879293.

2. Biuki N., Razi T., Faramarzi M. (2017) Relationship between pulp-tooth volume ratios and chronological age in different anterior teeth on CBCT. J Clin Exp Dent1; 9 (5): e688-e693. doi: 10.4317/jced.53654. PMID: 28512548; PMCID: PMC5429483.

3. Pinchi V., Pradella F., Buti J., Baldinotti C., Focardi M., Norelli G.A. (2015) 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 36: 150-7.doi: 10.1016/j.jflm.2015.09.015. PMID: 26458182.

4. De Angelis D., Gaudio D., Guercini N., Cipriani F., Gibelli D., Caputi S., et al (2015) Age estimation from canine volumes. Radiol Med 120 (8): 731-6. doi: 10.1007/s11547-015-0521-5. PMID: 25698302.

5. Asif M.K., Nambiar P., Mani S.A., Ibrahim N.B., Khan I.M., Sukumaran P. (2018) Dental age estimation employing CBCT scans enhanced with Mimics software: Comparison of two different approaches using pulp/tooth volumetric analysis. J Forensic Leg54:53-61. doi: 10.1016/j.jflm.2017.12.010. PMID: 29324319.

6. Ge Z.P., Ma R.H., Li G., Zhang J.Z., Ma X.C. (2015) Age estimation based on pulp chamber volume of first molars from cone-beam computed tomography images. Forensic Sci Int 253:133. e1-7. doi: 10.1016/j.forsciint.2015.05.004. PMID: 26031807.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

7. Asif M.K., Nambiar P., Mani S.A., Ibrahim N.B., Khan I.M., Lokman N.B. (2019) Dental age estimation in Malaysian adults based on volumetric analysis of pulp/tooth ratio using CBCT data. Leg Med (Tokyo, Japan) 36: 50-58. doi: 10.1016/j.legalmed.2018.10.005. PMID: 30415192.

8. Porto L.V., Celestino da Silva Neto J., Anjos Pontual A.D., Catunda R.Q. (2015) Evaluation of volumetric changes of teeth in a Brazilian population by using cone beam computed tomography. J Forensic Leg Med 36: 4-9. doi: 10.1016/j.jflm.2015.07.007. PMID: 26320003.

9. Kvaal S.I., Kolltveit K.M., Thomsen I.O., Solheim T. (1995) Age estimation of adults from dental radiographs. Forensic Sci Int 74 (3): 175-85. doi: 10.1016/0379-0738 (95) 01760-g. PMID: 7557754.

10. Gotmare S.S., Shah T., Periera T., Waghmare M.S., Shetty S., Sonawane S., et al. (2019) The coronal pulp cavity index: A forensic tool for age determination in adults. Dent Res J (Isfahan) 16 (3): 160-165.PMID: 31040871; PMCID: PMC6474176.

11. Cameriere R., De Luca S., Egidi N., Bacaloni M., Maponi P., Ferrante L., et al (2015) Automatic age estimation in adults by analysis of canine pulp/tooth ratio: Preliminary results. J. Forensic Radiol. Imaging 3 (1): 61-66. https://doi.org/10.1016/j.jofri.2014.10.001.

12. Star H., Thevissen P., Jacobs R., Fieuws S., Solheim T., Willems G. (2011) 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 56 Suppl 1: S77-82. doi: 10.1111/j.1556-4029.2010.01633. x. PMID: 21182523.

13. Marroquin T.Y., Karkhanis S., Kvaal S.I., Kruger E., Tennant M. (2018) Overcoming population differences for dental age estimation in adults through

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

pulp/tooth volume calculations: a pilot study.Aust. J. Forensic Sci 1-8. DOI: 10.1080/00450618.2018.1554089

14. Marroquin Penaloza T.Y., Karkhanis S., Kvaal S.I., Nurul F., Kanagasingam S., Franklin D., et al (2016) Application of the Kvaal method for adult dental age estimation using Cone Beam Computed Tomography (CBCT). J Forensic Leg Med 44: 178-182.doi: 10.1016/j.jflm.2016.10.013. PMID: 27821308.

15. Ge Z.P., Yang P., Li G., Zhang J.Z., Ma X.C. (2016) Age estimation based on pulp cavity/chamber volume of 13 types of teeth from cone beam computed tomography images. Int J Legal Med 130 (4): 1159-1167. doi: 10.1007/s00414-016-1384-6. PMID: 27221534.

16. Gulsahi A., Kulah C.K., Bakirarar B., Gulen O., Kamburoglu K. (2018) Age estimation based on pulp/tooth volume ratio measured on cone-beam CT images. Dentomaxillofac Radiol 47 (1): 20170239.doi: 10.1259/dmfr.20170239. PMID: 28991500; PMCID: PMC5965734.

17. Vandevoort F.M., Bergmans L., Van Cleynenbreugel J., Bielen D.J., Lambrechts P., Wevers M., et al (2004) Age calculation using X-ray microfocus computed tomographical scanning of teeth: a pilot study. J Forensic Sci 49 (4): 787-90. PMID: 15317195.

18. Kazmi S., Mânica S., Revie G., Shepherd S., Hector M. (2019) Age estimation using canine pulp volumes in adults: a CBCT image analysis. Int J Legal Med 133 (6): 1967-76.doi: 10.1007/s00414-019-02147-5. PMID: 31471652; PMCID: PMC6811669.

19. Jagannathan N., Neelakantan P., Thiruvengadam C., Ramani P., Premkumar P., Natesan A., et al (2011) Age estimation in an Indian population using pulp/tooth volume ratio of mandibular canines obtained from cone beam computed tomography. The J Forensic odontostomatol 29 (1): 1-6. PMID: 21841263; PMCID: PMC5734837.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

20. De Vos W., Casselman J., Swennen G.R.J. (2009) Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: A systematic review of the literature. Int J Oral and Maxillofac Surg 38 (6): 609-25.doi: 10.1016/j.ijom.2009.02.028. PMID: 19464146.

21. Aboshi H. Takahashi T., Komuro T. (2010) Age estimation using microfocus X-ray computed tomography of lower premolars. Forensic Sci Int 200 (1-3): 35-40. doi: 10.1016/j.forsciint.2010.03.024.PMID: 20381983.

22. Tardivo D., Sastre J., Ruquet M., Thollon L., Adalian P., Leonetti G., et al (2011) Three-dimensional modeling of the various volumes of canines to determine age and sex: a preliminary study. J Forensic Sci 56 (3): 766-70.doi:10.1111/j.1556-4029.2011.01720. x. PMID: 21361946.

23. Tardivo D., Sastre J., Catherine J.H., Leonetti G., Adalian P., Foti B. (2014) Age determination of adult individuals by three-dimensional modelling of canines. Int J Legal Med 128 (1): 161-9. doi: 10.1007/s00414-013-0863-2. PMID: 23624552.

24. Solheim T. (1992) Amount of secondary dentin as an indicator of age. Scand J Dent Res 100 (4): 193-9.doi: 10.1111/j.1600-0722. 1992.tb01740. x. PMID: 1439521.

25. Gustafson G. (1950) Age estimation on teeth. J Am Dent Assoc 41: 45-54. doi: 10.14219/jada.archive.1950.0132. PMID: 15428197.

26. Sasaki T., Kondo O. (2014) Human age estimation from lower-canine pulp volume ratio based on Bayes theorem with modern Japanese population as prior distribution. Anthropol. Sci 122:23-35. https://doi.org/10.1537/ase.131115

27. Nemsi H., Haj Salem N., Bouanene I., Ben Jomaa S., Belhadj M., Mosrati M.A., et al (2017) Age assessment in canine and premolar by cervical axial sections of cone-beam computed tomography. Leg Med (Tokyo, Japan) 28: 31-36. doi: 10.1016/j.legalmed.2017.07.004. PMID: 28756305.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

28. Someda H., Saka H., Matsunaga S., Ide Y., Nakahara K., Hirata S., et al (2009) Age estimation based on three-dimensional measurement of mandibular central incisors in Japanese. Forensic Sci Int 10; 185 (1-3): 110-4.doi: 10.1016/j.forsciint.2009.01.001. PMID: 19201557.

29. Oi T., Saka H., Ide Y. (2004) Three-dimensional observation of pulp cavities in the maxillary first premolar tooth using micro-CT. Int Endod J 37 (1): 46-51.doi: 10.1111/j.1365-2591.2004.00757. x. PMID: 14718057.

30. Yang F., Jacobs R., Willems G. (2006) Dental age estimation through volume matching of teeth imaged by cone-beam CT. Forensic Sci Int 159 Suppl 1: S78-83.doi: 10.1016/j.forsciint.2006.02.031. PMID: 16563678.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FIGURES AND TABLES

Figure 1. Pulp volume measurement threshold in sagittal, coronal, and axial views.

Figure 2. Three-dimensional view of pulp volume measurements of U12, U23, U21 and U26.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Figure 3. Three-dimensional view of pulp volume measurements of L34.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Table 1: Descriptive evaluation of pulp volumes measured in mm^3 with the mean and standard deviation (SD) of the right upper canine (U13). Upper left central incisor (U21). Upper left canine (U23). Upper left molar (U26). And lower left first premolar (L34) according to sex and age group.

Variable		U13 Mean ± SD	U21 Mean ± SD	U23 Mean ± SD	U26 Mean ± SD	L34 Mean ± SD
Sex	Female	17,31±9,49	14,11 ±7,63	17,36±9,09	22,24±11,95	13,75±7,35
	Male	20,54±8,42	15,95±8,00	20,81±8,68	25,75±13,54	16,06±8,13
p-value		0.003*	0.060*	0.001*	0.066*	0.034*
	12-19	26,76±6,70a	22,77± 4,31a	27,60±6,21a	30,79±9,32a	21,30±3,89a
Age	20-29	16,77±8,51a	12,69 ±5,97a	16,35 ±7,75ab	20,75±11,78a	12,83±6,62ab
(years)	30-39	17,68 ±9,15ac	13,04 ±8,89a	16,60 ±8,86ab	23,81±11,28a	12,85±8,65ab
	40-49	14,87 ±7,98bc	12,80 ±6,70a	16,09 ±7,94b	22,44±15,99b	13,64 ±7,41b
	50-59	16,75 ±7,49bc	12,36 ±6,62a	17,00 ±8,32b	17,21±8,64a	12,11 ±7,61b
	60 +	11,90 ±7,78ab	8,70 ±4,74a	11,70 ±5,38ab	23,90±17,58ab	9,80 ±7,12ab
p-value		p<0.001**	p<0.001**	p<0.001**	p<0.001**	p<0.001**

*Student's t-test for independent samples
**Kruskal-Wallis test
Different lowercase letters imply statistical significance

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Table 2: Multiple linear regression model to estimate age based on pulp volume (mm3) of the right upper canine (U13). Upper left central incisor (U21). Upper left canine (U23). And upper left molar (U26).

* The multiple linear regression model had an adjusted R^2: 30%, p = 0.001

TOOTH	COEFFICIENT	STANDARD ERROR	p	95% CONFIDENCE INTERVAL
U13	-0,376	0, 099	P<0,001	-0,573 to -0,180
U21	-0,434	0,122	P<0,001	-0,674 to -0,193
U23	-0,284	0,107	P<0,008	-0,495 to -0,073
U26	-0,141	0,066	P<0,033	-0,270 to -0,011
CONSTANT	55, 62	2,41	0.001	50,86 to 60,37

Table 3: Multiple linear regression model to estimate age in men based on the pulp volume (mm3) of the upper left central incisor (U21). Upper left canine (U23). And upper left molar (U26).

* The multiple regression model had an adjusted R^2: 42% in males; p = 0.001

TOOTH	COEFFICIENT	STANDARD ERROR	p	95% CONFIDENCE INTERVAL
U21	-0,563	0,174	P<0,002	-0,909 a -0,216
U23	-0,579	0,166	P<0,001	-0,909 a -0,250
U26	-0,305	0,093	P<0,002	-0,490 a -0,120
CONSTANT	61.93	3.62	0.001	54.74 a 69.11

Table 4: Multiple linear regression model to estimate age in women based on the pulp volume (mm3) of the right upper canine (U13). Upper left canine (U23).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

* The multiple regression model with adjusted R^2: 23% in females; p = 0.001

TOOTH	COEFFICIENT	STANDARD ERROR	p	95% CONFIDENCE INTERVAL
U13	-0,478	0,117	P<0,001	-0,711 a 0,246
U23	-0,512	0,146	P<0,001	-0,801 a 0,223
CONSTANT	49,26	2,61	0,001	44.10 a 54.42

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

II. VERSIÓN INICIAL ENVIADA A PUBLICAR

Dental age estimation by assessing the pulp volume of five teeth in a Peruvian population using cone beam computed tomography images

Abstract

Background: Estimation of dental age in living and dead people is very important for identification in criminal and civil forensic investigations. The objective of this study was to estimate dental age from the dental pulp volume of teeth in a Peruvian population sample using cone beam computed tomography (CBCT).

Methods: The patients included [females (134), males (97), age: 12-60 years] underwent CBCT to yield 231 images, which were categorized into five different age groups (12-19, 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60 years and older). The dental pulp volume of 1155 teeth (upper canines, left upper central incisors, left upper first molars, lower left first premolars, first molars) from all the age group categories were analyzed using Romexis® 5.3.3.5 software.

Results: There was a reduction in upper right and left canine pulp volume according to the increase in age, with pulp volume being lowest in people aged 60 years and over. Linear regression analysis of the pulp volume and chronological age showed a coefficient of determination of 30%, suggesting a weak correlation.

Conclusions: A weak correlation between dental pulp and age is suggested. However, a large homogenous sample of teeth in different age categories may be able to establish a reliable regression equation in future studies.

Keywords: Forensic science, Forensic dentistry, Age determination by teeth, Cone beam computed tomography, Dental pulp, Secondary dentin.

Estimación de la edad dental evaluando el volumen pulpar de cinco dientes en imágenes de tomografías computarizadas de haz cónico en una población peruana

Resumen

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Antecedentes: La estimación de la edad dental en personas vivas y cadáveres es muy importante para la Odontología Forense, sobre todo en casos de identificación en investigaciones legales y sociales. El objetivo del estudio fue estimación de la edad dental mediante la medición del volumen pulpar de imágenes dentales en tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) de adultos peruanos.

Métodos: Fueron analizadas 231 TCHC de pacientes entre 12 a 60 años a más. [Mujeres (134), hombres (97)] se dividieron en seis grupos de edad (12-19, 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60 años a más). El análisis volumétrico de la pulpa dental se realizó en un total de 1155 dientes (caninos superiores, incisivos centrales superiores izquierdos, primeros molares superiores izquierdos, primeros premolares inferiores izquierdos y primeros molares), mediante el software Romexis® 5.3.3.5.

Resultados: El análisis de regresión lineal mostró un coeficiente de determinación del 30% que sugiere una correlación débil entre la relación del volumen pulpar de los dientes y la edad.

Conclusiones: El volumen pulpar de los caninos superiores derecho e izquierdo disminuyó a medida que aumentaba la edad y el volumen pulpar en dientes de personas de 60 años a más fue el más bajo. Sin embargo, se pueden proponer estudios futuros para incluir una gran muestra homogénea de dientes en diferentes categorías y grupos de edad para confirmar la correlación y establecer una ecuación de regresión confiable.

Palabras clave: Ciencias Forenses, Odontología Forense, Estimación de la edad dental, Tomografía computarizada de haz cónico, Pulpa dental, dentina secundaria.

1. Background

The estimation of age of living individuals and cadavers is important in cases of civil and criminal proceedings, and human identification purposes. Teeth have the hardest tissue structure in the human body and are able to resist high physical and chemical stresses for a

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

long time and withstand nutritional deficiencies.[1-4] Hence, teeth are used for dental age estimation (DAE) in many forensic applications by varied techniques and aids. In children and adolescents, DAE is based on the development and eruption of teeth as opposed to methods in adults in whom dental development is complete;[5, 6]However, adult teeth present important physiological modifications throughout life, such as the formation of secondary dentin which causes a reduction of pulp volume.[7, 8] Therefore, DAE can be performed by analyzing dental pulp volume in different age groups, showing a reduction in volume with progressing age.[9-11]

The pulp volume of teeth can be assessed by two-dimensional (2D) and three-dimensional (3D) radiographic images including cone beam computed tomography (CBCT), which have several advantages. They are minimally invasive, do not require teeth extraction and are applicable in different population groups.[12-14] Of the two radiographic methods, 3D-CBCT is more accurate as it measures the exact size and volume of the dental pulp, based on voxel size, exposure time and equipment accessibility.[15, 16]

Several authors have attempted pulp cavity assessment for DAE using both 2D and 3D methods with promising results. Kvaal *et al*. (1995) investigated four different pulp tooth ratios (pulp-root, pulp-tooth, tooth-root, pulp-root width) on periapical radiographs of 100 patients. These ratios were measured at three levels in six different types of teeth (maxillary central, lateral incisors, and second premolars, mandibular lateral incisors, canines, and first premolars) and a significant association was found with the pulp/root and pulp/tooth-ratio with advancing age as well as a difference in both width and length ratios. Additionally, the ratios of all six teeth presented a linear regression of (R^2=0.76) for age, demonstrating that pulp volume may explain about 75% of the variation in age.[9] In 2004, Vandevoort *et al.* used micro-computed tomography (CT) of 43 single root teeth for calculating the pulp and tooth volume ratio and found a weak association (R^2=31%) between biological age and volume

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ratio.[17] A recent study by Asif *et al.* (2019) estimated pup volume of maxillary central incisors and right and left canines on CBCT scans of 300 intact teeth classified into 5 age groups from 16-65 years. They concluded that there was a strong correlation with age in the order of maxillary right central incisors (r=0.83), right canines (r=0.74), and left canines (r=0.73), but the difference between males and females was not statistically significant.[7] In 2019, Kazmi *et al*. used CBCT images of maxillary and mandibular canines of 368 females and 349 males in the different age groups of 15 and 65 years to estimate the association of pulp volume as well as the influence of sex for age prediction. They found mandibular canine pulp volume and sex as strong predictors in the regression equation formulated for estimating age (R^2=0.33).[18]

Although previous literature has shown a strong association between pulp volume and age, a major limitation is the use of different categories of representative teeth from different individuals. Hence, the current study utilized CBCT scans of five categories of teeth from the same individuals for age estimation in a Peruvian population.

2. Methods

Study Design and Ethical Approval: This was a retrospective, cross-sectional, observational study. Ethical approval was obtained from the institutional committee of research ethics (Record No. 230 CIEI-Scientific-2019).

A pilot study was carried out using 30 CBCT images for pulp volume assessment for calibration purposes. The readings were performed by 2 operators (JS and EA), primarily led by operator JS, who is an expert in radiographic interpretation of CBCT. The volumetric assessment was repeated by operator JS 2 weeks later. Intra-class correlation coefficient (ICC) analysis was performed to determine intra-examiner, and inter-examiner reliability. The ICC results were greater than 0.90, indicating excellent reliability.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Study sample: The study sample consisted of CBCT records of patients who attended a private oral and maxillofacial facility from 2018 to 2019. All the records of 231 patients were included in the study comprising 134 females and 97 males (12-60 years old). CBCT images of these patients were further categorized into six sub-groups, as described elsewhere. [7, 8, 9, 11-15,19]

The groups were classified into six groups according to age as follows:

Group 1: 12-19 years (y)

Group 2: 20-29 y

Group 3: 30-39 y

Group 4: 40-49 y

Group 5: 50-59 y

Group 6: 60 y and older.

From each CBCT image, 5 teeth were selected for volumetric measurement of the dental pulp, resulting in a total sample of 1155 teeth. The five teeth studied in each CBCT image were: the upper right canine (U13), upper left central incisor (U21), upper left canine (U23), upper left first molar (U26) and lower left first premolar (L34), as described previously.[7,9,17,18]

Inclusion criteria: The inclusion criteria for the teeth were: having a high resolution image, known chronological age, availability of the five teeth under study, teeth in good condition (no caries, no associated pathologies) and fully developed roots.

All the images were obtained from Pro 3D Mid CBCT unit (PlanMecaR, Helsinki, Finland) using a 150-to-200-micron voxel size, 90KVp tube current, 10 mA tube voltage with time exposure of 13.5 seconds. Data files were imported to the Romexis®5.3.3.5 software (MecaR Plan, Helsinki, Finland), and each image was oriented into axial, coronal and sagittal planes. The pulp cavity was delimited manually using the different values of the default threshold in

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

order to detect the borders (highest) of the pulp cavity; as a result, the software did not detect minimal details in the root structure. Each tooth was measured for pulp volume by the software for 30 minutes, and the volume was automatically individually calculated in mm^3.

Statistical analysis

The statistical program STATA 14.0 was used for data analysis. A descriptive analysis of the response variable (tooth pulp volume) was calculated using summary measures for numerical variable: mean and standard deviation (SD). Multiple linear regression was performed to determine the predictor variables of the patient's age. In addition, multiple linear regression analysis was performed to determine the predominance of one sex according to age. The level of significance was 5%.

3. Results

The response variable was calibrated by the ICC in 30 selected CBCT. It depicted the intra-examiner reliability for U13, U21, U23, U26, L34 to be 0.984, 0.997. 0.996, 0.997 and 0.995 respectively and the inter-examiner reliability for U13, U21, U23, U26, L34 as being 0.917, 0.956, 0.987, 0.997 and 0.985, respectively.

Sex-based differences in pulp volumes (Table 1): The average pulp volume in males was greater than in females for all the representative teeth. Of all the teeth, the average pulp volume of U23 in men was the highest (20.54 mm^3) compared to women (17.31 mm^3)

Inter-group differences in pulp volume (Table 1): The pulp volume of U13 was highest (26.76 mm^3) in Group 1 and lowest (11.90 mm^3) in Group 5 compared to the other age groups. Similar results were seen in U23, in which the pulp volume was highest (27.60 mm^3) in Group 1 and lowest in Group 5 (11.70 mm^3). However, in U26, the pulp volume was highest in Group 1 (30.79 mm^3) and lowest in Group 4 (17.21 mm^3). There was a statistically significant difference between the pulp volume of U13, U23, L34 and sex and between U13, U21, U23, U26, L34 and all age categories. Additionally, statistically significant differences

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

were also found in the pulp volume of U13 between Group 1, Group 4, and Group 5; of U13 between Group 2, Group 4, and Group 5; and in U23 between Group 1 and Group 4, Group 5. A multiple linear regression equation was developed from predictive variables associated with U13, U21, U23 and U26 to estimate the age of the patients. The independent variables that contributed to the model were U13 (P < 0.001, confidence interval [CI] -0.573 to -0.180), U21 (P < 0.001, CI -0.674 to -0.193), U23 (P < 0.008, CI-0.495 to -0.073) and U26 (P < 0.033, CI -0.270 to -0.011). At an adjusted R2 of 30% (p = 0.001) (Table 2), the equation was as follows:

Age = 55.616-0.376 (U13) -0.434 (U21) -0.284 (U23) -0.141 (U26).

Another multiple regression equation was created to estimate the age in me, based on predictive variables of the pulp volume of the teeth, U13, U21, U23 and U26. The independent variables that contributed to the model were U21 (P < 0.002, CI -0.909 to -0.216), U23 (P < 0.001, CI -0.909 to -0.250), and U26 (P < 0.002, CI -0.490 to -0.120). At an adjusted R2 of 42% (Table 3), the model was not predictive, showing only an association with age. The equation was as follows:

Male Age = 61.926-0.563 (U21) -0.579 (U23) -0.305 (U26).

For the estimation of age in women, a separate multiple linear regression equation was formulated based on certain predictive variables of the pulp volume of the teeth; U13 (P <0.001, CI -0.711 to 0.246), U21 (P <0.001, CI -0.801 to 0.223). At an adjusted R2 of 23% (Table 4), the model was not predictive, and was only associated with age. The equation was as follows:

Female age = 49.263-0.478 (U13) -0.512 (U21).

4. Discussion

Measurement of dental pulp size by CBCT is an established non-invasive age estimation technique for adults which allows accurate measurement of changes in pulp volume as a

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

consequence of secondary dentin deposition with advancing age.[12, 19] This affordable technique uses low-dose radiation and produces high-resolution images.[3, 20] Analysis of the volume of dental pulp and the pulp chamber is more reliable than area calculation as secondary dentin formation may give an incorrect projection of irregularity due to discontinuity. In the present study image projection and analysis of CBCT images of teeth for pulp volume measurement was carried out in approximately 30 minutes per tooth unlike other studies, in which the estimated evaluation time of pulp volume evaluation was much longer.[7, 12, 21]

The upper canines, left upper central incisor, and lower left premolar were chosen for evaluation because they have a simpler, straighter root anatomy and a wider pulp cavity compared to the lower incisors, and these teeth have been used in many studies.[18, 19, 22,23] These characteristics facilitate the delimitation of the pulp cavity, allowing accurate and rapid analysis and measurement of pulp volume. The upper molar was also included in the analysis as it presents the widest pulp chamber. The deposition of secondary dentin in the wide pulp chamber of the molars causes a reduction in its volume with age and can be a good predictor of patient age.[3-6,12,15, 22, 23]

The current study included teeth from patients without systemic diseases and dental restorative treatments as they may influence pathological formation of secondary dentin. The same inclusion criteria have also been used in previous studies.[24,25]

Previous studies have shown that CBCT is successful in the analysis of pulp volume of single and multi-rooted teeth.[12, 15, 26]The present study showed that the pulp volume of the upper canines decreased as age increased, in accordance with the results of previous studies confirming a reduction in volume of the lower and upper canines over time.[19, 23, 27]The pulp volume of teeth in Group 5 (aged 60 years and above) was the lowest, in agreement with the results of previous studies.[12, 26, 28] In contrast, a study carried out by Oi *et al*. in 2004

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

demonstrated that the pulp volume of the upper first premolars showed a large decrease in individuals aged between 20 and 40 years but beyond that age, there was no significant reduction.[29]

In the present investigation, 30% of the variability according to patient age can be explained by the pulp volume of the U13, U21, U26. In 2006, Yang *et al*. analyzed the upper central incisors, upper canines, and left lower canine, and obtained a coefficient of determination (R^2) of 31%. [30] In 2011, Jagannathan *et al*. evaluated the lower canines resulting in an R^2 = 39.7%. [19] In the same year, Star *et al.* evaluated the incisors (R^2 = 41%), canines (R^2 =7%), and premolars (R^2=23%).[12]Porto *et al*. Analyzed the upper central incisors, resulting in R^2=21%, and reported that this weak correlation between pulp volume and age was probably due to the formation of secondary dentin by external stimuli.[8] Therefore, as dental development is complete, the ability to accurately estimate dental age is reduced, due to degenerative changes in the teeth such as attrition, abfraction, erosion.

The regression equations generated in the current study to estimate dental age in men and women used different teeth with determination coefficients (R^2) of 42% and 23%, respectively. Similar regression equations have been generated in previous studies.[4, 5, 12, 19] However, few studies have reported a higher coefficient of determination for women in contrast to the results of the current study.[4, 8, 12, 15] This may be due to a smaller sample size of the teeth in our study, which is one of the limitations of the current study.

The equation variables generated in the present study are age and pulp volume of the upper canines, left central incisor, and left upper first molar. However, since the coefficient of determination (R^2) is low, it is not useful for the prediction of age and can be used only for association. The lower left premolar did not contribute to the generation of the linear regression equation model, and was, therefore, not included in the equation. In addition, there was no linearity between any of the independent variables.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

In a similar study by Porto *et al*. in 2015 including 118 central incisors across 5 age groups with CBCT images in a Brazilian population, there was a weak correlation of age with the pulp/tooth volume ratio with a low coefficient of determination (R^2) of 21%. This is similar to the results of our study which also showed a low predictive value and, hence, a weak correlation between pulp volume and age.

Our study has a few limitations, including the difficulty in finding images of patients with all their teeth, especially in adult patients. However, it is important to mention that the use of the CBCT made it possible to achieve reliable and high-quality samples. Another limitation was the variability in the size of the teeth studied, causing disparity in the sizes of the pulp cavities as well as an unequal distribution of participants in the different age groups. Further studies should include a larger sample of individual age groups and study similar categories of teeth for uniformity and better reproducibility.

5. Conclusions

The present investigation analyzed the relationship between chronological age and dental pulp volume in five categories of teeth in the same adult individual.

The following conclusions were drawn:

1. Linear regression model models for the estimation of age using pulp volumes of multiple teeth were generated, independently of the tooth evaluated and sex. Separate equations for males and females were also formulated but showed a low predictive value.
2. The pulp volume of the upper right and left canine decreased as age increased. The results show that the pulp volume of the teeth of people aged 60 years and over was the lowest among all the teeth evaluated.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

3. A low coefficient of determination (R^2) of 30% indicated a low predictive value of independent variables of pulp volumes of respective teeth, also suggesting a weak association between pulp volume and age.

Further research is needed to confirm the reproducibility of the model and obtain a reliable formula in a sample with a greater distribution and more homogeneity.

List of abbreviations

CBCT (cone beam computed tomography)

DAE (dental estimation)

2D (two-dimensional)

3D (three-dimensional)

R^2 (coefficient of determination)

r (correlation)

ICC (intraclass correlation coefficient)

SD (standard deviation)

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

6. References

1. Sakuma A, Saitoh H, Suzuki Y, Makino Y, Inokuchi G, Hayakawa M, et al (2013) Age estimation based on pulp cavity to tooth volume ratio using postmortem computed tomography images. J Forensic Sci58(6):1531-5.doi: 10.1111/1556-4029.12175. PMID: 23879293.

2. Biuki N, Razi T, Faramarzi M (2017)Relationship between pulp-tooth volume ratios and chronological age in different anterior teeth on CBCT. J Clin Exp Dent1;9(5):e688-e693.doi: 10.4317/jced.53654. PMID: 28512548; PMCID: PMC5429483.

3. Pinchi V, Pradella F, Buti J, Baldinotti C, Focardi M, Norelli GA (2015) 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. Journal of forensic and legal medicine 36:150-7.doi: 10.1016/j.jflm.2015.09.015. PMID: 26458182.

4. De Angelis D, Gaudio D, Guercini N, Cipriani F, Gibelli D, Caputi S, et al (2015)Age estimation from canine volumes. Radiol Med 120(8):731-6. doi: 10.1007/s11547-015-0521-5. PMID: 25698302.

5. Asif MK, Nambiar P, Mani SA, Ibrahim NB, Khan IM, Sukumaran P(2018)Dental age estimation employing CBCT scans enhanced with Mimics software: Comparison of two different approaches using pulp/tooth volumetric analysis. J Forensic Leg54:53-61. doi: 10.1016/j.jflm.2017.12.010. PMID: 29324319.

6. Ge ZP, Ma RH, Li G, Zhang JZ, Ma XC (2015)Age estimation based on pulp chamber volume of first molars from cone-beam computed tomography images. Forensic Sci Int 253:133.e1-7. doi: 10.1016/j.forsciint.2015.05.004. PMID: 26031807.

7. Asif MK, Nambiar P, Mani SA, Ibrahim NB, Khan IM, Lokman NB (2019)Dental age estimation in Malaysian adults based on volumetric analysis of pulp/tooth ratio using

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CBCT data. Leg Med (Tokyo, Japan) 36:50-58. doi: 10.1016/j.legalmed.2018.10.005. PMID: 30415192.

8. Porto LV, Celestino da Silva Neto J, Anjos Pontual AD, Catunda RQ (2015) Evaluation of volumetric changes of teeth in a Brazilian population by using cone beam computed tomography. J Forensic Leg Med36:4-9.doi: 10.1016/j.jflm.2015.07.007. PMID: 26320003.

9. Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO, Solheim T (1995) Age estimation of adults from dental radiographs. Forensic Sci Int 74(3):175-85.doi: 10.1016/0379-0738(95)01760-g. PMID: 7557754.

10. Gotmare SS, Shah T, Periera T, Waghmare MS, Shetty S, Sonawane S, et al. (2019) The coronal pulp cavity index: A forensic tool for age determination in adults. Dent Res J (Isfahan) 16(3):160-165.PMID: 31040871; PMCID: PMC6474176.

11. Cameriere R, De Luca S, Egidi N, Bacaloni M, Maponi P, Ferrante L, et al (2015) Automatic age estimation in adults by analysis of canine pulp/tooth ratio: Preliminary results. Journal of Forensic Radiology and Imaging 3(1):61-66. https://doi.org/10.1016/j.jofri.2014.10.001.

12. Star H, Thevissen P, Jacobs R, Fieuws S, Solheim T, Willems G (2011)Human dental age estimation by calculation of pulp-tooth volume ratios yielded on clinically acquired cone beam computed tomography images of monoradicular teeth. J F orensic Sci56 Suppl 1:S77-82. doi: 10.1111/j.1556-4029.2010.01633.x. PMID: 21182523.

13. Marroquin TY, Karkhanis S, Kvaal SI, Kruger E, Tennant M (2018)Overcoming population differences for dental age estimation in adults through pulp/tooth volume calculations: a pilot study. Australian Journal of Forensic Sciences 1-8.DOI: 10.1080/00450618.2018.1554089

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

14. Marroquin Penaloza TY, Karkhanis S, Kvaal SI, Nurul F, Kanagasingam S, Franklin D, et al (2016)Application of the Kvaal method for adult dental age estimation using Cone Beam Computed Tomography (CBCT). J Forensic Leg Med44:178-182.doi: 10.1016/j.jflm.2016.10.013. PMID: 27821308.

15. Ge ZP, Yang P, Li G, Zhang JZ, Ma XC (2016)Age estimation based on pulp cavity/chamber volume of 13 types of tooth from cone beam computed tomography images. Int J Legal Med130(4):1159-1167. doi: 10.1007/s00414-016-1384-6. PMID: 27221534.

16. Gulsahi A, Kulah CK, Bakirarar B, Gulen O, Kamburoglu K (2018)Age estimation based on pulp/tooth volume ratio measured on cone-beam CT images. Dentomaxillofac Radiol47(1):20170239.doi: 10.1259/dmfr.20170239. PMID: 28991500; PMCID: PMC5965734.

17. Vandevoort FM, Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Bielen DJ, Lambrechts P, Wevers M, et al (2004)Age calculation using X-ray microfocus computed tomographical scanning of teeth: a pilot study. J Forensic Sci49(4):787-90.PMID: 15317195.

18. Kazmi S, Mânica S, Revie G, Shepherd S, Hector M (2019)Age estimation using canine pulp volumes in adults: a CBCT image analysis. Int J Legal Med133(6):1967-76.doi: 10.1007/s00414-019-02147-5. PMID: 31471652; PMCID: PMC6811669.

19. Jagannathan N, Neelakantan P, Thiruvengadam C, Ramani P, Premkumar P, Natesan A, et al (2011)Age estimation in an Indian population using pulp/tooth volume ratio of mandibular canines obtained from cone beam computed tomography. The J Forensic odontostomatol29(1):1-6.PMID: 21841263; PMCID: PMC5734837.

20. De Vos W, Casselman J, Swennen GRJ (2009)Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: A systematic review of the literature. Int J Oral and Maxillofac Surg38(6):609-25.doi: 10.1016/j.ijom.2009.02.028. PMID: 19464146.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

21. Aboshi H, Takahashi T, Komuro T (2010) Age estimation using microfocus X-ray computed tomography of lower premolars. Forensic Sci Int200(1-3):35-40. doi: 10.1016/j.forsciint.2010.03.024. PMID: 20381983.

22. Tardivo D, Sastre J, Ruquet M, Thollon L, Adalian P, Leonetti G, et al (2011) Three-dimensional modeling of the various volumes of canines to determine age and sex: a preliminary study. J Forensic Sci 56(3):766-70.doi: 10.1111/j.1556-4029.2011.01720.x. PMID: 21361946.

23. Tardivo D, Sastre J, Catherine JH, Leonetti G, Adalian P, Foti B (2014) Age determination of adult individuals by three-dimensional modelling of canines. Int J Legal Med128(1):161-9.doi: 10.1007/s00414-013-0863-2. PMID: 23624552.

24. Solheim T (1992)Amount of secondary dentin as an indicator of age. Scand J Dent Res100(4):193-9.doi: 10.1111/j.1600-0722.1992.tb01740.x. PMID: 1439521.

25. Gustafson G (1950)Age estimation on teeth. J Am Dent Assoc41:45-54.doi: 10.14219/jada.archive.1950.0132. PMID: 15428197.

26. Sasaki T, Kondo O (2014)Human age estimation from lower-canine pulp volume ratio based on Bayes theorem with modern Japanese population as prior distribution. Anthropological Science 122:23-35.https://doi.org/10.1537/ase.131115

27. Nemsi H, Haj Salem N, Bouanene I, Ben Jomaa S, Belhadj M, Mosrati MA, et al (2017)Age assessment in canine and premolar by cervical axial sections of cone-beam computed tomography. Leg Med (Tokyo, Japan) 28:31-36.doi: 10.1016/j.legalmed.2017.07.004. PMID: 28756305.

28. Someda H, Saka H, Matsunaga S, Ide Y, Nakahara K, Hirata S, et al (2009) Age estimation based on three-dimensional measurement of mandibular central incisors in Japanese. Forensic Sci Int 10;185(1-3):110-4.doi: 10.1016/j.forsciint.2009.01.001. PMID: 19201557.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

29. Oi T, Saka H, Ide Y (2004) Three-dimensional observation of pulp cavities in the maxillary first premolar tooth using micro-CT. Int Endod J37(1):46-51.doi: 10.1111/j.1365-2591.2004.00757.x. PMID: 14718057.

30. Yang F, Jacobs R, Willems G (2006) Dental age estimation through volume matching of teeth imaged by cone-beam CT. Forensic Sci Int 159 Suppl 1:S78-83.doi: 10.1016/j.forsciint.2006.02.031. PMID: 16563678.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Table 1: Descriptive evaluation of pulp volumes measured in mm^3 with the mean and standard deviation (SD) of the right upper canine (U13). Upper left central incisor (U21). Upper left canine (U23). Upper left molar (U26). And lower left first premolar (L34) according to sex and age group.

*Student's t-test for independent samples

Variable		U13 Mean ± SD	U21 Mean ± SD	U23 Mean ± SD	U26 Mean ± SD	L34 Mean ± SD
Sex	Female	17,31±9,49	14,11 ±7,63	17,36±9,09	22,24±11,95	13,75±7,35
	Male	20,54±8,42	15,95±8,00	20,81±8,68	25,75±13,54	16,06±8,13
p-value		0.003*	0.060*	0.001*	0.066*	0.034*
	12-19	26,76±6,70a	22,77± 4,31a	27,60±6,21a	30,79±9,32a	21,30±3,89a
Age	20-29	16,77±8,51a	12,69 ±5,97a	16,35 ±7,75ab	20,75±11,78a	12,83±6,62ab
(years)	30-39	17,68 ±9,15ac	13,04 ±8,89a	16,60 ±8,86ab	23,81±11,28a	12,85±8,65ab
	40-49	14,87 ±7,98bc	12,80 ±6,70a	16,09 ±7,94b	22,44±15,99b	13,64 ±7,41b
	50-59	16,75 ±7,49bc	12,36 ±6,62a	17,00 ±8,32b	17,21±8,64a	12,11 ±7,61b
	60 +	11,90 ±7,78ab	8,70 ±4,74a	11,70 ±5,38ab	23,90±17,58ab	9,80 ±7,12ab
p-value		p<0.001**	p<0.001**	p<0.001**	p<0.001**	p<0.001**

**Kruskal-Wallis test
Different lowercase letters imply statistical significance

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Table 2: Multiple linear regression model to estimate age based on pulp volume (mm^3) of the right upper canine (U13). Upper left central incisor (U21). Upper left canine (U23). And upper left molar (U26).

TOOTH	COEFFICIENT	STANDARD ERROR	p	95% CONFIDENCE INTERVAL
U13	-0,376	0, 099	P<0,001	-0,573 to -0,180
U21	-0,434	0,122	P<0,001	-0,674 to -0,193
U23	-0,284	0,107	P<0,008	-0,495 to -0,073
U26	-0,141	0,066	P<0,033	-0,270 to -0,011
CONSTANT	55, 62	2,41	0.001	50,86 to 60,37

* The multiple linear regression model had an adjusted R2: 30%, p = 0.001

Table 3: Multiple linear regression model to estimate age in men based on the pulp volume (mm^3) of the upper left central incisor (U21). Upper left canine (U23). And upper left molar (U26).

TOOTH	COEFFICIENT	STANDARD ERROR	p	95% CONFIDENCE INTERVAL
U21	-0,563	0,174	P<0,002	-0,909 a -0,216
U23	-0,579	0,166	P<0,001	-0,909 a -0,250
U26	-0,305	0,093	P<0,002	-0,490 a -0,120
CONSTANT	61.93	3.62	0.001	54.74 a 69.11

* The multiple regression model had an adjusted R2: 42% in males; p = 0.001

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Table 4: Multiple linear regression model to estimate age in women based on the pulp volume (mm3) of the right upper canine (U13). Upper left canine (U23).

TOOTH	COEFFICIENT	STANDARD ERROR	p	95% CONFIDENCE INTERVAL
U13	-0,478	0,117	P<0,001	-0,711 a 0,246
U23	-0,512	0,146	P<0,001	-0,801 a 0,223
CONSTANT	49,26	2,61	0,001	44.10 a 54.42

* The multiple regression model with adjusted R2: 23% in females; p = 0.001

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

FIGURE LEGENDS

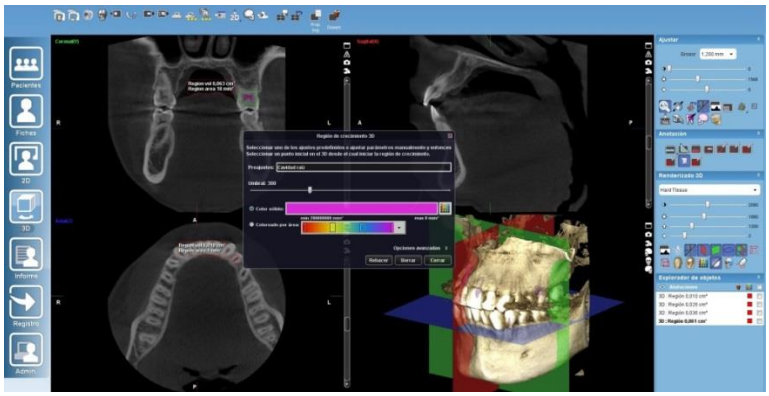


Fig. 1 Pulp volume measurement threshold in sagittal, coronal and axial views.

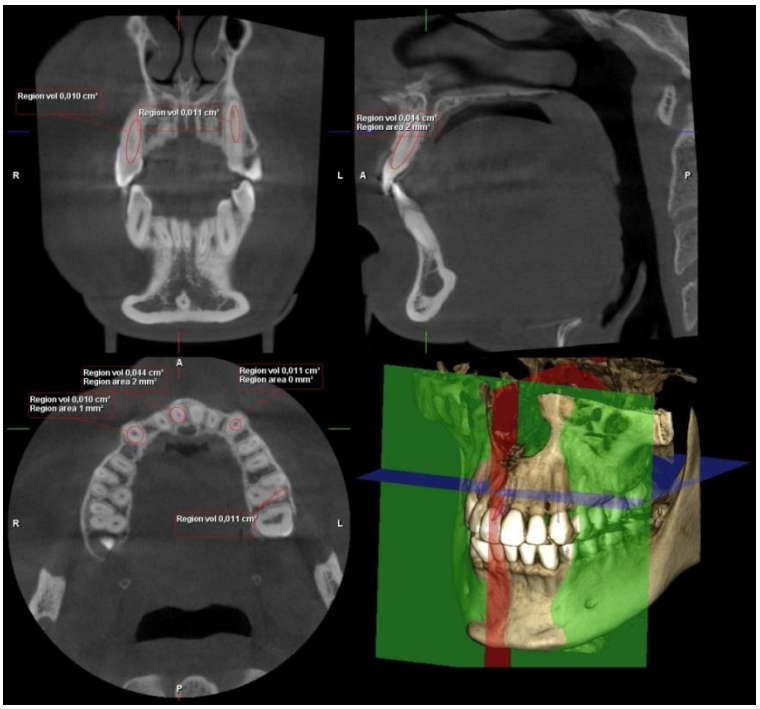


Fig. 2 Three-dimensional view of pulp volume measurements of U12, U23, U21 and U26.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

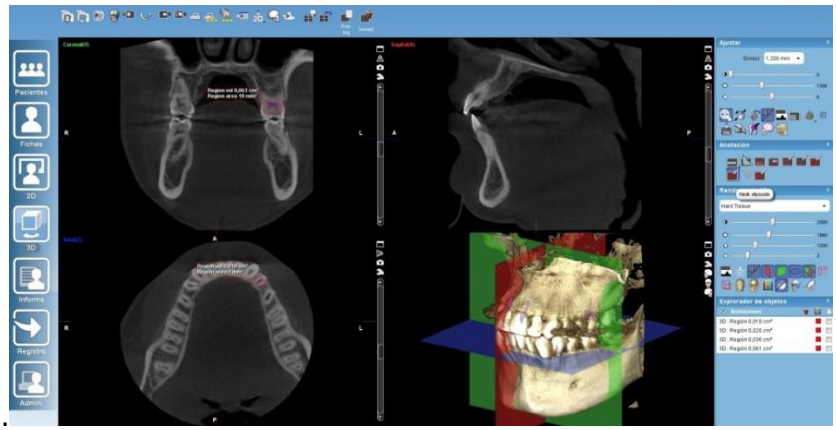


Fig. 3 Three-dimensional view of pulp volume measurements of L34.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

III. CARTAS DE RESPUESTA A LAS OBSERVACIONES DE LOS REVISORES.

1. **How many investigators analized the sample? Who was the expert or gold standard in charge of the callibration process? (not the name but the area of expertie)**

   The volumetric readings were performed by 2 operators (JS and EA).

2. **In the study sample please explain patientswho attended the private oral and maxillofacial facility from which year to which year?**

   The study sample consisted of CBCT records of patients who attended a private oral and maxillofacial facility from 2018 to 2019.

3. **Were all the exams acquiered with that mA? Even in the 12-19 age group?**

   The CBCT records for the study were selected based on known chronological age and the presence of outlined five teeth in high resolution, teeth in good condition (no caries or associated pathologies), and no obvious morphological abnormalities.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

1. Please specify the age groups, (whether they start from 10-19 or 12-19), as discussed in the meeting. Kindly change it everywhere from abstract to material methods

Age groups start from 12 to 19 and have already been corrected in the manuscript that was sent in Spanish and English

2. Please give the rationale of the distribution of age groups, if previous studies, please give relevant references

In the third set of materials and methods we find the references …A number of 231 CBCT images of patients female (134) and male (97) between aged 12 to over 60 years was categorized into six groups, considering the age of sub adults with adults and for precedents of previous studies (12-19; 20-29; 30-39; 40-49; 50-59; 60 and older) (8,9,11-15,19); Volumetric measurements of the dental pulp were made in 1155 teeth out of a total of 231 selected CBCT.

3. "The upper canines, the left upper central incisor, and the lower-left premolar were chosen for evaluation because they have simpler, straighter root anatomy and a wider pulp cavity compared to the lower incisor.", please give appropriate references to the choice of teeth for study. Also, no rationale for including upper molar has been given.

In the second paragraph of the discussion are the references to why the choice of monoradiculars and molar.

The upper canines, the left upper central incisor, and the lower left premolar were chosen for evaluation because they have a simpler, straighter root anatomy and a wider pulp cavity compared to the lower incisors. These characteristics facilitated the delimitation of the pulp cavity, making the analysis and measurement of pulp volume accurate and fast. The upper molar was chosen in the analysis due to antecedents that refer to being a good predictor of the patient's age, since it presents the widest pulp chamber, where the formation of secondary dentin is directly related to the decrease in the pulp at an older age. (3-6,12,15, 22, 23)

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

- ✓ **Por favor revisar el inglés con algún profesional o un servicio de edición profesional.**

  Inglés revisado y corregido en última version enviada para publicación.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

IV. VERSIÓN EN ESPAÑOL

Estimación de la edad dental evaluando el volumen pulpar de cinco dientes en imágenes de tomografías computarizadas de haz cónico en una población peruana

RESUMEN

La estimación de la edad dental en personas vivas y cadáveres es muy importante para la Odontología Forense, sobre todo en casos de identificación en investigaciones legales y sociales. El objetivo del estudio fue estimación de la edad dental mediante la medición del volumen pulpar de imágenes dentales en tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) de pacientes peruanos. Fueron analizadas 231 TCHC de pacientes entre 12 a 60 años a más. [Mujeres (134), hombres (97)] se dividieron en seis grupos de edad (12-19, 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60 años a más). El análisis volumétrico de la pulpa dental se realizó en un total de 1155 dientes (caninos superiores, incisivos centrales superiores izquierdos, primeros molares superiores izquierdos y primeros premolares inferiores izquierdos), mediante el software Romexis® 5.3.3.5. El análisis de regresión lineal mostró un coeficiente de determinación del 30% que sugiere una correlación débil entre la relación del volumen pulpar de los dientes y la edad. El volumen pulpar de los caninos superiores derecho e izquierdo disminuyó a medida que aumentaba la edad y el volumen pulpar en dientes de personas de 60 años a más fue el más bajo. Sin embargo, se pueden proponer estudios futuros para incluir una gran muestra homogénea de dientes en diferentes categorías y grupos de edad para confirmar la correlación y establecer una ecuación de regresión confiable.

PALABRAS CLAVE: Ciencias forenses; Odontología forense; Estimación de la edad dental; Tomografía computarizada de haz cónico; Pulpa dental; Dentina secundaria.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

INTRODUCCIÓN

La estimación de la edad es muy importante para la identificación humana en procesos civiles y penales. Los dientes tienen la estructura tisular más dura del cuerpo humano, resisten a altas tensiones físicas y químicas, así como las deficiencias nutricionales (1-4). Por ello los dientes son muy usados para estimar la edad dental (EED) en muchas aplicaciones forenses mediante técnicas y ayudas. En niños y adolescentes la EED se basa en el desarrollo y la erupción de los dientes a diferencia de los métodos en adultos donde el desarrollo dental es completo (5,6). Sin embargo, los dientes adultos presentan importantes modificaciones fisiológicas a lo largo de la vida del individuo, como la formación de dentina secundaria que provoca una reducción del volumen pulpar (7,8). Por lo tanto, EED se puede realizar analizando el volumen de la pulpa dental en diferentes grupos de edad, mostrando una reducción en el volumen con la progresión de la edad (9-11).

El volumen pulpar de los dientes se puede evaluar mediante imágenes radiográficas bidimensionales (2D) y tridimensionales (3D), incluida la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC). Estas técnicas tienen la ventaja de ser mínimamente invasivas, no requieren extracción dental y son aplicables en diferentes grupos poblacionales (12-14). De los dos métodos radiográficos las 3D-TCHC es más preciso, porque permite el análisis de lecturas exactas y similares al tamaño real del volumen de la pulpa dental, por características del tamaño del voxel, tiempo de exposición y accesibilidad del equipo (15,16).

Estudios previos intentaron estudiar la asociación del volumen pulpar con la edad mediante los métodos radiográficos 2D y 3D, pero mostraron resultados contradictorios. Kvaal et al. (1995) utilizaron radiografías periapicales para estudiar diferentes proporciones de la pulpa-diente (pulpa-raíz, pulpa-diente, diente-raíz, anchura pulpa-raíz) en seis diferentes dientes de 100 pacientes. Los resultados mostraron una asociación significativa de la relación pulpa-raíz y pulpa-diente con la edad avanzada y una regresión lineal de (R^2=0,76) con un coeficiente de correlación muy alto. Vandevoort et al (2004) utilizaron la tomografía micro-computarizada (TC) de 43 dientes con raíz única para calcular la relación de volumen pulpa-diente y encontraron una asociación débil (R^2=31%) entre la edad biológica y la relación de volumen pulpar (17). Asif et al. (2019) evaluaron el volumen pulpar en TCHC de 300 dientes intactos clasificados en 5 grupos de edad de 16 a 65 años. Encontraron una fuerte correlación del volumen pulpar con la edad para los incisivos centrales superiores derecho (r = 0,83), caninos superiores derecho (r = 0,74) y caninos superiores izquierdo (r = 0,73) (7). Kazmi et al. (2019) utilizaron imágenes TCHC de caninos superiores e inferiores de 368 mujeres y 349 hombres en el grupo de edad de 15-65 años. Encontraron que al volumen pulpar del canino inferior y el sexo como fuertes predictores en la ecuación de regresión de estimación de la edad (R^2=0,33) (18).

Aunque la literatura previa ha estudiado la asociación entre el volumen de la pulpa y la edad, una limitación importante ha sido el uso de diferentes dientes y grupos de edad en los individuos. Por lo tanto, el estudio actual utilizó evaluaciones en TCHC de cinco dientes del mismo individuo para la estimación de la edad en una muestra peruana.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

MÉTODOS

Diseño del Estudio y Aprobación Ética: Se trata de un estudio retrospectivo, transversal y observacional. Se obtuvo la aprobación ética del comité Institucional de Ética de Investigación (Registro No.230 CIEI-Científica-2019).

Previamente se realizó un estudio piloto utilizando 30 TCHC para la evaluación del volumen pulpar. Las lecturas volumétricas fueron realizadas por dos operadores y repetidas en un intervalo de dos semanas. Se realizó un análisis de coeficiente de correlación intraclase (CCI) para determinar la confiabilidad intraexaminador e interexaminador. Los resultados del CCI fueron superiores a 0,90, lo que indica una excelente fiabilidad.

ESTUDIO DE LA MUESTRA

La muestra del estudio consistió en registros de TCHC de pacientes que acudieron a una Instituto de Diagnóstico Maxilofacial privado del 2018 a 2019. El estudio estuvo conformado por los registros de 231 pacientes, que incluyeron 134 mujeres y 97 hombres (12-60 años). Las imágenes de TCHC de estos pacientes se clasificaron en seis grupos, como se describió en estudios anteriores (7, 8, 9,11-15,19).

Se clasificaron en seis grupos según la edad de la siguiente manera:

Grupo 1: 12-19 años (a)

Grupo 2: 20-29 (a)

Grupo 3: 30-39 (a)

Grupo 4: 40-49 (a)

Grupo 5: 50-59 (a)

Grupo 6: 60 años a más.

De cada imagen de la TCHC, se seleccionaron 5 dientes para la medición volumétrica de la pulpa dental, lo que resultó en una muestra total de 1155 dientes. Los cinco dientes estudiados en cada imagen de TCHC seleccionada fueron: El canino superior derecho (U13), el incisivo central superior izquierdo (U21), el canino superior izquierdo (U23), el primer molar superior izquierdo (U26) y el primer premolar inferior izquierdo (L34), como se describió anteriormente (7,9,17,18).

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Los registros de las TCHC para el estudio se seleccionaron en función de la edad cronológica conocida y la presencia de cinco dientes nítidos en alta resolución, dientes en buen estado (sin caries ni patologías asociadas) y sin anomalías morfológicas obvias.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

La toma imaginológica de las TCHC se realizó utilizando un equipo Pro 3D Mid (PlanMecaR, ciudad, Finlandia con un kilovoltaje de 90KV y 10 Ma, tiempo de exposición de 13,5 segundos y el tamaño del voxel fue de 150 a 200 micras. Los archivos de datos se importaron para el análisis al software Romexis 5.3.3.5 (Plan MecaR, Helsinki, Finlandia) orientando los dientes en los planos axial, coronal y sagital (Figura 1). La cavidad pulpar se delimitó manualmente utilizando los diferentes valores del umbral predeterminado para detectar los bordes (más altos) de la cavidad pulpar. El software calculó automáticamente el volumen de la pulpa dental en mm3. Este procedimiento tomó aproximadamente 30 minutos para cada diente. (Figura 2, Figura 3).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó el programa estadístico STATA 14.0 para el análisis de datos. El análisis descriptivo de la variable respuesta (volumen pulpar del diente) fueron la Media y desviación estándar (DE). Se realizó una regresión lineal múltiple para determinar cuáles son las variables predictoras (U13, U21, U23, U26 L34, sexo) de la edad del paciente. Además, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple según sexo, para determinar si la ecuación determina con más precisión la edad en hombres que en mujeres o viceversa. El nivel de significancia fue del 5%.

RESULTADOS

La variable de respuesta fue calibrada por el CCI en 30 TCHC seleccionados. Se representó la fiabilidad intra-examinador para las piezas dentarias U13, U21, U23, U26, L34 mostrando valores de 0,984, 0,997, 0,996, 0,997 y 0,995 respectivamente y la fiabilidad inter-examinador para U13, U21, U23, U26, L34 fueron 0,917, 0,956, 0,987, 0,997 y 0,985, respectivamente.

Se analizó los volúmenes pulpares según el sexo del individuo (Tabla 1): El promedio del volumen pulpar en los hombres fue mayor que en las mujeres para todos los dientes analizados. El promedio del volumen de la pulpa de U23 en los hombres fue el más alto (20,54 mm^3) en comparación con las mujeres (17,31 mm^3).

Diferencias intergrupales en volumen de pulpa (Tabla 1): El promedio del volumen de pulpa fue mayor en el Grupo 1 y menor en el Grupo 6 para U13, U21, U23, L34, mientras que en U26, el volumen de pulpa fue mayor en el Grupo 1 y menor en el Grupo 4. Hubo una diferencia estadísticamente significativa entre el volumen pulpar de U13, U23, L34 y sexo, y entre todas las categorías de dientes y grupos de edad.

Se realizó una ecuación de regresión lineal múltiple a partir de variables predictores asociadas a U13, U21, U23 y U26 para estimar la edad de los pacientes, con base en el valor p y el intervalo de confianza (Tabla 2). Con un coeficiente de determinación ajustado (R^2) del 30% (p=0,001), la ecuación fue la siguiente:

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Edad= 55.616-0.376 (U13)-0.434 (U21)-0.284 (U23) -0.141 (U26).

Para estimar la edad en hombres, se formuló una ecuación de regresión lineal múltiple, a partir de ciertas variables predictores del volumen pulpar de U13, U21, U23 y U26. Con un R^2 ajustado de 42% (Tabla 3), este valor nos indica que el modelo no fue predictivo, mostrando sólo una asociación con la edad. La ecuación fue la siguiente:

Edad masculina= 61.926-0.563 (U21)-0.579 (U23) -0.305 (U26).

Para estimar la edad en las mujeres, se formuló una ecuación de regresión lineal múltiple basada en variables predictores del volumen pulpar de U13 y U21. Con un R^2 ajustado del 23% (Tabla 4), el valor nos indica que modelo no es predictivo y sólo están asociadas con la edad. La ecuación fue la siguiente:

Edad femenina= 49.263-0.478 (U13) -0.512 (U21).

DISCUSION

La medición del tamaño de la pulpa dental mediante TCHC es una técnica establecida de estimación de la edad no invasiva para adultos, que permite realizar una medición precisa de los cambios en el volumen pulpar en relación con el avance de la edad a consecuencia de la deposición de dentina secundaria (12,19). Esta técnica utiliza actualmente una dosis de radiación baja y capacidad de producir imágenes con alta resolución (3,20). El análisis del volumen de la pulpa dental y la cámara pulpar es más confiable, que el cálculo de áreas por la formación de dentina secundaria por la proyección incorrecta de irregularidades debido a la discontinuidad. En el presente estudio se realizó el análisis de imágenes y la medición del volumen pulpar de dientes en TCHC en aproximadamente 30 minutos por diente a diferencia de otros estudios, en los que el tiempo estimado de evaluación del volumen pulpar fue mayor. (7, 12,21).

Los dientes U13, U21, U23 y L34 fueron elegidos para evaluación porque tienen una anatomía radicular más simple, recta y una cavidad pulpar más amplia en comparación con los incisivos inferiores, estos dientes se han utilizado en muchos estudios (18, 19, 22,23). Estas características facilitaron la delimitación de la cavidad pulpar, permitiendo que el análisis y medición del volumen pulpar sean precisos y rápidos. El diente U26 incluido en el presente estudio fue elegida en el análisis por antecedentes que refieren ser buen predictor de edad del paciente, por presentar la cámara pulpar más amplia, en donde la formación de dentina secundaria está directamente relacionada con la disminución de la pulpa a mayor edad. (3-6,12,15,22,23).

El presente estudio excluyó los dientes de pacientes con enfermedades sistémicas y tratamientos restauradores dentales, ya que pueden influir en la formación patológica de la dentina secundaria (24,25).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

En estudios previos, la TCHC ha demostrado tener éxito para el análisis del volumen pulpar de dientes uniradiculares y multiradiculares (12, 15,26). El presente estudio mostró una reducción del volumen pulpar en los caninos superiores con la edad, en concordancia con los resultados de estudios previos (19,23,27). El volumen pulpar de los dientes en el Grupo 6 (60 años y más) fue el más bajo en todos los dientes excepto U26, de acuerdo con los resultados de estudios previos (12, 26,28). Por el contrario, un estudio realizado por Oi et al en 2004 evidenció que el volumen pulpar de los primeros premolares superiores mostró una gran disminución en los individuos de edades comprendidas entre 20 y 40 años, pero más allá de esa edad, no hubo una reducción significativa (29). Esta diferencia puede atribuirse a la muestra limitada de dientes premolares en este estudio en comparación con nuestro estudio.

En la presente investigación, el 30% de la variabilidad de la edad es explicada por el volumen pulpar de U13, U21 y U26, este resultado es similar a un estudio previo que obtuvo un coeficiente de determinación (R^2) del 31% en dónde analizaron los incisivos centrales superiores, caninos superiores y canino inferior izquierdo (30). Diferentes dientes dieron diversos valores de R^2 para la edad en distintos estudios, incluyendo caninos inferiores (R^2=39,7%),(19) incisivos (R^2=41%), (12) caninos (R^2=7%), (12) y premolares (R^2=23%)(12). Un R^2=21% inferior con los incisivos centrales superiores, reportó una correlación débil entre el volumen pulpar y la edad, que probablemente se debió a la formación secundaria de dentina por estímulos externos (8). Por lo tanto, a medida que se completa el desarrollo dental, se reduce la capacidad de estimar con precisión la edad dental, debido a cambios degenerativos en los dientes, como la atrición, abfracción, erosión.

Las ecuaciones de regresión generadas en el presente estudio para estimar la edad dental en hombres y mujeres utilizaron diferentes dientes con un valor R^2 de 42% y 23% respectivamente. Se han generado ecuaciones de regresión similares en estudios previos (4, 5,12,19). Sin embargo, pocos estudios han reportado un mayor coeficiente de determinación para las mujeres en contraste con los resultados del estudio actual (4, 8, 12,15). Esto puede deberse a un tamaño de muestra más pequeño de los dientes en nuestro estudio, que es una de las limitaciones del actual estudio.

Las variables de ecuación generadas en el presente estudio están asociadas con la edad y el volumen pulpar de los caninos superiores, incisivo central izquierdo y el primer molar superior izquierdo. Pero debido al valor R^2 bajo, no es útil para predecir la edad y solo se puede usar para la asociación. Nuestros resultados fueron similares a un estudio previo de Porto et al. (2015) que estudió 118 incisivos centrales en 5 grupos de edad que mostraron una correlación débil de la relación pulpa/volumen dental con la edad, con R^2=21% (8).

El premolar inferior izquierdo no contribuyó a la generación del modelo de ecuación de regresión lineal y, por lo tanto, no se incluyó en la ecuación. Además, no hubo linealidad entre ninguna de las variables independientes.

Nuestro estudio tiene algunas limitaciones. Hubo una distribución desigual de los participantes en los diferentes grupos de edad debido a la dificultad para encontrar imágenes

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

de pacientes adultos con todos sus dientes presentes. Además, la variabilidad en el tamaño de los dientes estudiados causó disparidad en los tamaños de las cavidades pulpares. Las futuras investigaciones deben incluir una muestra más grande de grupos de edad individuales y estudiar categorías similares de dientes para la uniformidad y una mejor reproducibilidad.

CONCLUSIONES

La presente investigación analizó la relación entre la edad cronológica y el volumen de la pulpa dental en cinco categorías de dientes en el mismo individuo adulto.

Se llegó a las siguientes conclusiones:

Se generaron ecuaciones de regresión lineal para la estimación de la edad utilizando volúmenes pulpares de múltiples dientes independientes del sexo, y también por separado para hombres y mujeres.

Un bajo coeficiente de determinación (R^2) de 30% indicó un bajo valor predictivo de las variables independientes de los volúmenes de pulpa de los dientes respectivos, lo que también sugiere una asociación débil entre el volumen de pulpa y la edad.

El volumen pulpar del canino superior derecho e izquierdo disminuyó a medida que aumentaba la edad. Los resultados muestran que el volumen pulpar de los dientes en personas de 60 años o más fue el más bajo entre todos los dientes, excepto U26.

Se necesita más investigación para confirmar la reproducibilidad del modelo y obtener una fórmula confiable con un alto potencial predictivo.

LISTA DE ABREVIATURAS

TCHC (tomografía computarizada de haz cónico)

EED (estimación dental)

2D (bidimensional)

3D (tridimensional)

R^2 (coeficiente de determinación)

r (correlación)

CCI (coeficiente de correlación intraclase)

DE (desviación estándar)

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DEL AUTOR

Conceptualización y diseño: J.M.S.G.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Revisión de literatura: J.M.S.G. y E.R.A.M.

Metodología: Validación de J.M.S.G. y A.D.S: A.D.S.

Análisis formal de: J.M.S.G.

Investigación y recolección de datos: J.M.S.G.

Recursos de: J.M.S.G.

Análisis e interpretación de datos: A.D.S.

redacción-preparación del borrador priginal: J.M.S.G.

Redacción de: Revisión y edición: J.M.S.G., E.R.A.M., P.K., A.C., Y.W.V.M. y A.G.R.Q.

Supervisión: E.R.A.M.

Adquisición de fondos: J.M.S.G.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sakuma A, Saitoh H, Suzuki Y, Makino Y, Inokuchi G, Hayakawa M, et al (2013) Age estimation based on pulp cavity to tooth volume ratio using postmortem computed tomography images. J Forensic Sci58(6):1531-5.doi: 10.1111/1556-4029.12175. PMID: 23879293.

2. Biuki N, Razi T, Faramarzi M (2017)Relationship between pulp-tooth volume ratios and chronological age in different anterior teeth on CBCT. J Clin Exp Dent1;9(5):e688-e693.doi: 10.4317/jced.53654. PMID: 28512548; PMCID: PMC5429483.

3. Pinchi V, Pradella F, Buti J, Baldinotti C, Focardi M, Norelli GA (2015) 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 Med36:150-7.doi: 10.1016/j.jflm.2015.09.015. PMID: 26458182.

4. De Angelis D, Gaudio D, Guercini N, Cipriani F, Gibelli D, Caputi S, et al (2015)Age estimation from canine volumes. Radiol Med 120(8):731-6. doi: 10.1007/s11547-015-0521-5. PMID: 25698302.

5. Asif MK, Nambiar P, Mani SA, Ibrahim NB, Khan IM, Sukumaran P(2018)Dental age estimation employing CBCT scans enhanced with Mimics software: Comparison of two different approaches using pulp/tooth volumetric analysis. J Forensic Leg54:53-61. doi: 10.1016/j.jflm.2017.12.010. PMID: 29324319.

6. Ge ZP, Ma RH, Li G, Zhang JZ, Ma XC (2015)Age estimation based on pulp chamber volume of first molars from cone-beam computed tomography images. Forensic Sci Int 253:133.e1-7. doi: 10.1016/j.forsciint.2015.05.004. PMID: 26031807.

7. Asif MK, Nambiar P, Mani SA, Ibrahim NB, Khan IM, Lokman NB (2019)Dental age estimation in Malaysian adults based on volumetric analysis of pulp/tooth ratio using CBCT data. Leg Med (Tokyo, Japan) 36:50-58. doi: 10.1016/j.legalmed.2018.10.005. PMID: 30415192.

8. Porto LV, Celestino da Silva Neto J, Anjos Pontual AD, Catunda RQ (2015) Evaluation of volumetric changes of teeth in a Brazilian population by using cone beam computed tomography. J Forensic Leg Med36:4-9.doi: 10.1016/j.jflm.2015.07.007. PMID: 26320003.

9. Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO, Solheim T (1995) Age estimation of adults from dental radiographs. Forensic Sci Int 74(3):175-85.doi: 10.1016/0379-0738(95)01760-g. PMID: 7557754.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

10. Gotmare SS, Shah T, Periera T, Waghmare MS, Shetty S, Sonawane S, et al. (2019) The coronal pulp cavity index: A forensic tool for age determination in adults. Dent Res J (Isfahan) 16(3):160-165.PMID: 31040871; PMCID: PMC6474176.

11. Cameriere R, De Luca S, Egidi N, Bacaloni M, Maponi P, Ferrante L, et al (2015) Automatic age estimation in adults by analysis of canine pulp/tooth ratio: Preliminary results. J. Forensic Radiol. Imaging3(1):61-66. https://doi.org/10.1016/j.jofri.2014.10.001.

12. Star H, Thevissen P, Jacobs R, Fieuws S, Solheim T, Willems G (2011)Human dental age estimation by calculation of pulp-tooth volume ratios yielded on clinically acquired cone beam computed tomography images of monoradicular teeth. J F orensic Sci56 Suppl 1:S77-82. doi: 10.1111/j.1556-4029.2010.01633.x. PMID: 21182523.

13. Marroquin TY, Karkhanis S, Kvaal SI, Kruger E, Tennant M (2018)Overcoming population differences for dental age estimation in adults through pulp/tooth volume calculations: a pilot study.Aust. J. Forensic Sci1-8.DOI: 10.1080/00450618.2018.1554089

14. Marroquin Penaloza TY, Karkhanis S, Kvaal SI, Nurul F, Kanagasingam S, Franklin D, et al (2016)Application of the Kvaal method for adult dental age estimation using Cone Beam Computed Tomography (CBCT). J Forensic Leg Med44:178-182.doi: 10.1016/j.jflm.2016.10.013. PMID: 27821308.

15. Ge ZP, Yang P, Li G, Zhang JZ, Ma XC (2016)Age estimation based on pulp cavity/chamber volume of 13 types of tooth from cone beam computed tomography images. Int J Legal Med130(4):1159-1167. doi: 10.1007/s00414-016-1384-6. PMID: 27221534.

16. Gulsahi A, Kulah CK, Bakirarar B, Gulen O, Kamburoglu K (2018)Age estimation based on pulp/tooth volume ratio measured on cone-beam CT images. Dentomaxillofac Radiol47(1):20170239.doi: 10.1259/dmfr.20170239. PMID: 28991500; PMCID: PMC5965734.

17. Vandevoort FM, Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Bielen DJ, Lambrechts P, Wevers M, et al (2004)Age calculation using X-ray microfocus computed tomographical scanning of teeth: a pilot study. J Forensic Sci49(4):787-90.PMID: 15317195.

18. Kazmi S, Mânica S, Revie G, Shepherd S, Hector M (2019)Age estimation using canine pulp volumes in adults: a CBCT image analysis. Int J Legal Med133(6):1967-76.doi: 10.1007/s00414-019-02147-5. PMID: 31471652; PMCID: PMC6811669.

19. Jagannathan N, Neelakantan P, Thiruvengadam C, Ramani P, Premkumar P, Natesan A, et al (2011)Age estimation in an Indian population using pulp/tooth volume ratio of mandibular canines obtained from cone beam computed tomography. The J Forensic odontostomatol29(1):1-6.PMID: 21841263; PMCID: PMC5734837.

20. De Vos W, Casselman J, Swennen GRJ (2009)Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: A systematic review of the literature.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Int J Oral and Maxillofac Surg38(6):609-25.doi: 10.1016/j.ijom.2009.02.028. PMID: 19464146.

21. Aboshi H, Takahashi T, Komuro T (2010) Age estimation using microfocus X-ray computed tomography of lower premolars. Forensic Sci Int200(1-3):35-40. doi: 10.1016/j.forsciint.2010.03.024. PMID: 20381983.

22. Tardivo D, Sastre J, Ruquet M, Thollon L, Adalian P, Leonetti G, et al (2011) Three-dimensional modeling of the various volumes of canines to determine age and sex: a preliminary study. J Forensic Sci 56(3):766-70.doi: 10.1111/j.1556-4029.2011.01720.x. PMID: 21361946.

23. Tardivo D, Sastre J, Catherine JH, Leonetti G, Adalian P, Foti B (2014) Age determination of adult individuals by three-dimensional modelling of canines. Int J Legal Med128(1):161-9.doi: 10.1007/s00414-013-0863-2. PMID: 23624552.

24. Solheim T (1992)Amount of secondary dentin as an indicator of age. Scand J Dent Res100(4):193-9.doi: 10.1111/j.1600-0722.1992.tb01740.x. PMID: 1439521.

25. Gustafson G (1950)Age estimation on teeth. J Am Dent Assoc41:45-54.doi: 10.14219/jada.archive.1950.0132. PMID: 15428197.

26. Sasaki T, Kondo O (2014)Human age estimation from lower-canine pulp volume ratio based on Bayes theorem with modern Japanese population as prior distribution. Anthropol. Sci 122:23-35.https://doi.org/10.1537/ase.131115

27. Nemsi H, Haj Salem N, Bouanene I, Ben Jomaa S, Belhadj M, Mosrati MA, et al (2017)Age assessment in canine and premolar by cervical axial sections of cone-beam computed tomography. Leg Med (Tokyo, Japan) 28:31-36.doi: 10.1016/j.legalmed.2017.07.004. PMID: 28756305.

28. Someda H, Saka H, Matsunaga S, Ide Y, Nakahara K, Hirata S, et al (2009) Age estimation based on three-dimensional measurement of mandibular central incisors in Japanese. Forensic Sci Int 10;185(1-3):110-4.doi: 10.1016/j.forsciint.2009.01.001. PMID: 19201557.

29. Oi T, Saka H, Ide Y (2004) Three-dimensional observation of pulp cavities in the maxillary first premolar tooth using micro-CT. Int Endod J37(1):46-51.doi: 10.1111/j.1365-2591.2004.00757.x. PMID: 14718057.

30. Yang F, Jacobs R, Willems G (2006) Dental age estimation through volume matching of teeth imaged by cone-beam CT. Forensic Sci Int 159 Suppl 1:S78-83.doi: 10.1016/j.forsciint.2006.02.031. PMID: 16563678.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

FIGURAS Y TABLAS

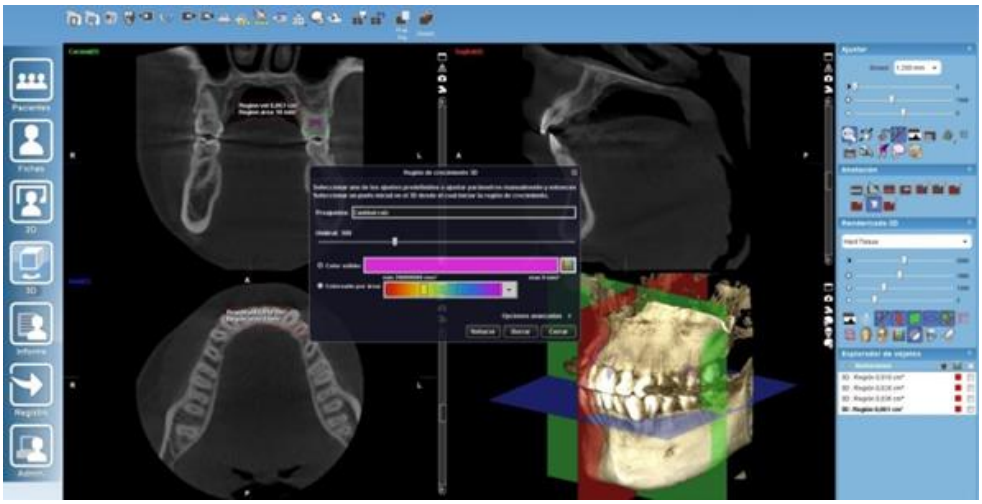


Figura 1. Umbral de medición del volumen pulpar en vistas sagitales, coronales y axiales.

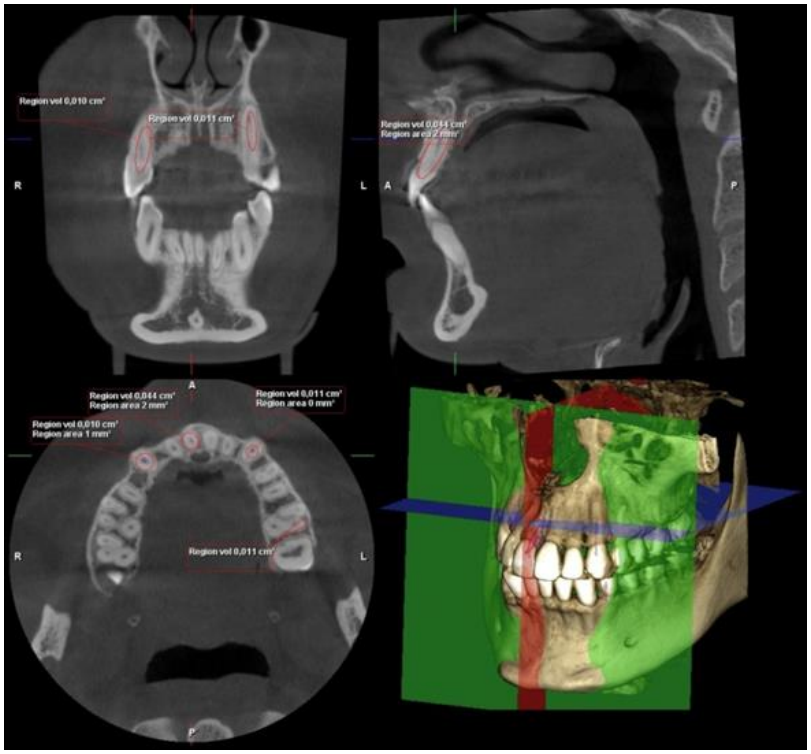


Figura 2. Vista tridimensional de las mediciones del volumen pulpar de U12, U23, U21 y U26.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

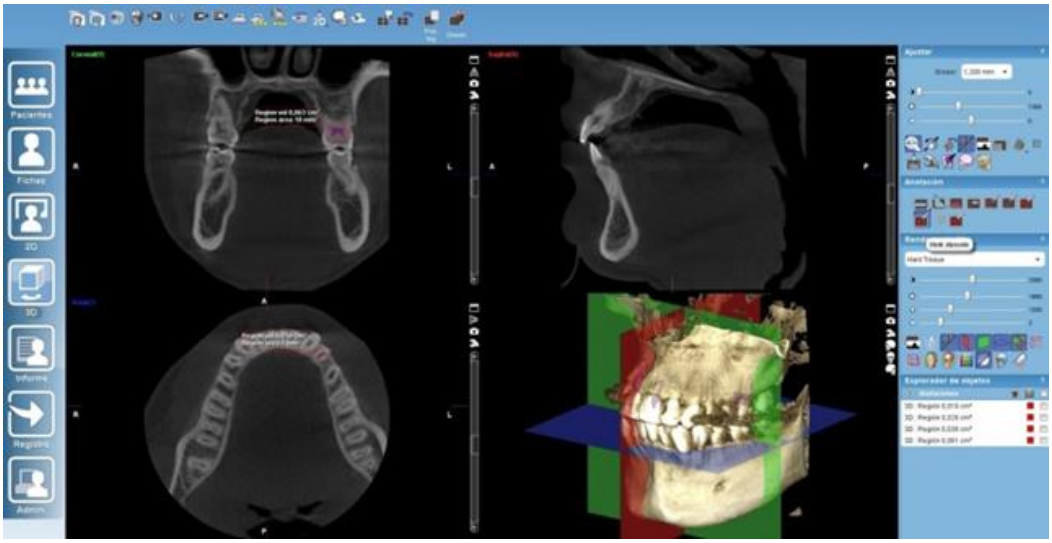


Figura 3. Vista tridimensional de las mediciones del volumen pulpar de L34

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tabla 1: Evaluación descriptiva del volumen pulpar en mm^3 con la media y desviación estándar (DE) del canino superior derecho (U13). Incisivo central superior izquierdo (U21). Canino superior izquierdo (U23). Molar superior izquierdo (U26). Y primer premolar inferior izquierdo (L34) según

Variable		U13 Media ± DE	U21 Media ± DE	U23 Media ± DE	U26 Media ± DE	L34 Media ± DE
Sexo	Femenino	17,31±9,49	14,11 ±7,63	17,36±9,09	22,24±11,95	13,75±7,35

sexo y grupo de edad.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

	Masculino	20,54±8,42	15,95±8,00	20,81±8,68	25,75±13,54	16,06±8,13
Valor-p		0.003*	0.060*	0.001*	0.066*	0.034*
	12-19	26,76±6,70a	22,77± 4,31a	27,60±6,21a	30,79±9,32a	21,30±3,89a
Edad	20-29	16,77±8,51a	12,69 ±5,97a	16,35 ±7,75ab	20,75±11,78a	12,83±6,62ab
(años)	30-39	17,68 ±9,15ac	13,04 ±8,89a	16,60 ±8,86ab	23,81±11,28a	12,85±8,65ab
	40-49	14,87 ±7,98bc	12,80 ±6,70a	16,09 ±7,94b	22,44±15,99b	13,64 ±7,41b
	50-59	16,75 ±7,49bc	12,36 ±6,62a	17,00 ±8,32b	17,21±8,64a	12,11 ±7,61b
	60 +	11,90 ±7,78ab	8,70 ±4,74a	11,70 ±5,38ab	23,90±17,58ab	9,80 ±7,12ab
Valor-p		p<0.001**	p<0.001**	p<0.001**	p<0.001**	p<0.001**

*Student's t-test para muestras independientes

**Kruskal-Wallis test Diferentes letras minúsculas implican significación estadística

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 2: Modelo de regresión lineal múltiple para estimar la edad basado en el volumen pulpar (mm3) del canino superior derecho (U13). Incisivo central superior izquierdo (U21). Canino superior izquierdo (U23). Y molar superior izquierdo (U26).

TOOTH	COEFFICIENT	STANDARD ERROR	p	95% CONFIDENCE INTERVAL
U13	-0,376	0, 099	P<0,001	-0,573 to -0,180
U21	-0,434	0,122	P<0,001	-0,674 to -0,193
U23	-0,284	0,107	P<0,008	-0,495 to -0,073
U26	-0,141	0,066	P<0,033	-0,270 to -0,011
CONSTANT	55, 62	2,41	0.001	50,86 to 60,37

*El modelo de regresión lineal múltiple tuvo un R^2 ajustado: 30%, p= 0,001

Tabla 3: Modelo de regresión lineal múltiple para estimar la edad en hombres basado en el volumen pulpar (mm3) del incisivo central superior izquierdo (U21). Canino superior izquierdo (U23). Y molar superior izquierdo (U26).

TOOTH	COEFFICIENT	STANDARD ERROR	p	95% CONFIDENCE INTERVAL
U21	-0,563	0,174	P<0,002	-0,909 a -0,216
U23	-0,579	0,166	P<0,001	-0,909 a -0,250
U26	-0,305	0,093	P<0,002	-0,490 a -0,120
CONSTANT	61.93	3.62	0.001	54.74 a 69.11

* El modelo de regresión múltiple tuvo un R^2 ajustado: 42% en varones; p = 0.001

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Tabla 4: Modelo de regresión lineal múltiple para estimar la edad en mujeres basado en el volumen pulpar (mm3) del canino superior derecho (U13). Canino superior izquierdo (U23).

TOOTH	COEFFICIENT	STANDARD ERROR	p	95% CONFIDENCE INTERVAL
U13	-0,478	0,117	P<0,001	-0,711 a 0,246
U23	-0,512	0,146	P<0,001	-0,801 a 0,223
CONSTANT	49,26	2,61	0,001	44.10 a 54.42

* El modelo de regresión múltiple con R2 ajustado: 23% en el sexo femenino; p=0,001

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

V. ABREVIATURAS

CBCT (cone beam computed tomography)

DAE (dental estimation)

2D (two-dimensional)

3D (three-dimensional)

R^2 (coefficient of determination)

r (correlation)

ICC (intraclass correlation coefficient)

SD (standard deviation)

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

VI. ANEXOS

Anexo 1. Evidencia de revisión y aceptación para publicación en revista científica.

ODOVTOS
International Journal of Dental Sciences
https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/Odontos | ISSN: 2215-3411

CLINICAL RESEARCH

DOI: 10.15517/ijds.2023.54932

Received: 12-II-2023

Accepted: 29-III-2023

Published Online: 26-IV-2023

Dental Age Estimation by Assessing the Pulp Volume of Five Teeth in a Peruvian Population Using Cone Beam Computed Tomography Images

Estimación de la edad dental evaluando el volumen pulpar de cinco dientes utilizando imágenes de tomografías computarizadas de haz cónico en una población peruana

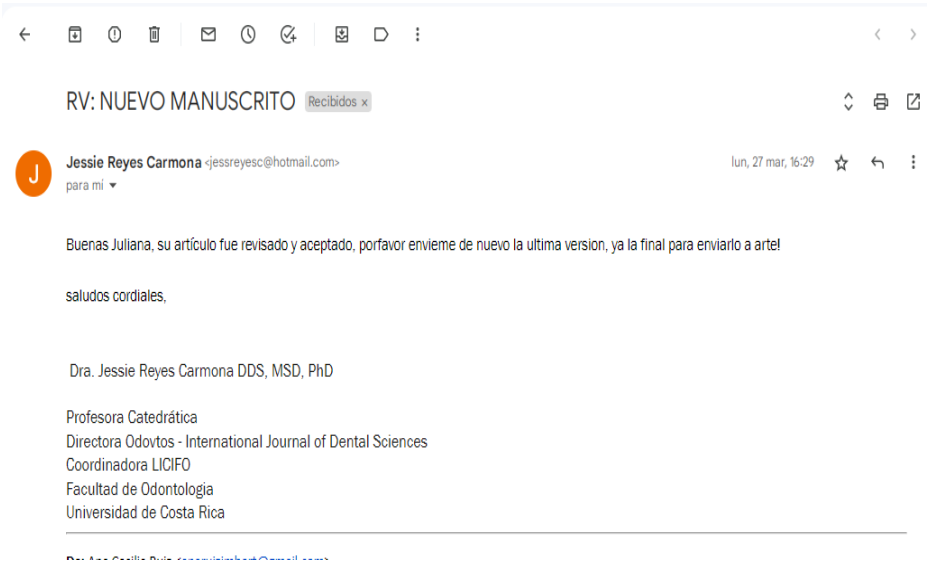
Juliana Magaly Salvatierra Gálvez DDS[1]; Antonio Díaz-Suyo DDS,MSc[2]; Erika Ruth Alvarado Muñoz DDS, MSc[3]; Priyanka Kapoor BDS, MDS[4]; Aman Chowdhry BDS, MDS[5]; Ymelda Wendy Velezmoro Montes DDS, MSc, PhD[6]; Aldren Godofredo Rivas Quispe DDS[7]

1. Specialist in Forensic Odontology, Faculty of Life Sciences and Health, Stomatology college, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. https://orcid.org/0000-0003-1270-8914
2. Specialist in Oral Implantology, Faculty of Life Sciences and Health , Stomatology college, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. https://orcid.org/0000-0002-4726-2716
3. Specialist in Forensic Odontology, Faculty of Life Sciences and Health, Stomatology college, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. https://orcid.org/0000-0003-0959-7117
4. Professor and Incharge, Dept. of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Jamia Millia Islamia, New Delhi, India 110025. https://orcid.org/0000-0002-7676-9743
5. Professor, Dept of Oral Pathology and Microbiology, Faculty of Dentistry, Jamia Millia Islamia, Delhi, India. https://orcid.org/0000-0001-6243-4152
6. Specialist in Forensic Odontology, Faculty of Life Sciences and Health , Stomatology college, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. https://orcid.org/0000-0002-6269-682X
7. Odontologist, Lima, Perú. https://orcid.org/0000-0002-5012-0591

Correspondence to: Dr. Juliana Magaly Salvatierra Gálvez - jsalvatierragalvez@gmail.com

ABSTRACT: Dental age estimation is very important for individual identification in criminal and civil forensic investigations. One of the methods for age estimation is studying age related changes in pulp volume of teeth. The objective of the current study was to estimate dental age from the pulp volume of five different categories of teeth of a Peruvian sample using cone beam computed tomography (CBCT). Retrospective CBCT records of 231 patients [females (134), males (97), age: 12-60 years] were included in the study, categorized into five different age groups (12-19, 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60 years and older). Dental pulp volume of five categories of teeth(upper canines, left upper central incisors, left upper first molars, lower left first premolars, first molars) were analyzed using Romexis® 5.3.3.5 software for each patient. There was a reduction in the pulp volume of upper right and left canine with age. The pulp

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis



RV: NUEVO MANUSCRITO Recibidos ×

Jessie Reyes Carmona <jessreyesc@hotmail.com> lun, 27 mar, 16:29
para mí

Buenas Juliana, su artículo fue revisado y aceptado, porfavor envieme de nuevo la ultima version, ya la final para enviarlo a arte!

saludos cordiales,

Dra. Jessie Reyes Carmona DDS, MSD, PhD

Profesora Catedrática
Directora Odovtos - International Journal of Dental Sciences
Coordinadora LICIFO
Facultad de Odontologia
Universidad de Costa Rica

Link de publicación

El artículo se encuentra publicado en el sitio web de la revista ODOVTOS -International Journal of Dental Sciences: https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/Odontos/article/view/54932

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo 2. Documento de aprobación del comité de ética.

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN

CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

CONSTANCIA N° 230-CIEI-CIENTÍFICA-2019

El presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Científica del Sur (CIEI-CIENTÍFICA) da constancia que el proyecto de investigación, cuyos datos se registran a continuación, ha sido **aprobado** por el CIEI-CIENTÍFICA.

Código de registro:	**457-2019-POS8**
Título:	**Precisión de la técnica de medición del volumen pulpar para la estimación de la edad dental en tomografías computarizadas de haz cónico de adultos entre 21 y 75 años**
Investigador(a):	**Juliana Magaly Salvatierra Gálvez**

La aprobación del proyecto de investigación implica que el documento presentado a evaluación cumple con los lineamientos de Universidad en materia de investigación y ética, los cuales se sustentan en la normativa internacional vigente. No obstante, requiere también obtener el permiso de la institución en donde se realizará el estudio; sin esto no puede iniciar la recolección de datos.

En tal sentido, esta aprobación carecerá de valor si es que el proyecto de investigación arriba indicado es modificado de cualquier forma. Toda enmienda, añadido, eliminación o eventualidad (eventos adversos, etc.) posterior a la fecha de aprobación debe ser reportado al CIEI-CIENTÍFICA.

La vigencia de la aprobación de este documento es de dieciocho (18) meses (**hasta el 11 de mayo del 2021**), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto. Cualquier trámite para su renovación deberá ser enviado antes del término de la vigencia de este documento, debiendo suspenderse todo desarrollo hasta que la renovación sea aprobada.

Villa El Salvador, 12 de noviembre de 2019

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR
Comité Institucional de Ética en Investigación
UCSUR

Méd. Fernando M. Runzer Colmenares
Presidente
Comité Institucional de Ética en Investigación

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Anexo 3. Resolución Directoral de cambio de título de proyecto de tesis

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

RESOLUCIÓN DIRECTORAL DE CAMBIO DEL PROYECTO DE TESIS

RESOLUCIÓN DIRECTORAL DE LA CARRERA DE ESTOMATOLOGÍA
N° 037-POSG-DACE-DAFCS-U-CIENTÍFICA-2023

Lima, 19 de junio del 2023.

VISTO:
La solicitud presentada por: **SALVATIERRA GÁLVEZ, JULIANA MAGALY** con el fin de modificar el título del proyecto de tesis Titulado: **"PRECISIÓN DE LA TÉCNICA DE MEDICIÓN DEL VOLUMEN PULPAR PARA LA ESTIMACIÓN DE LA EDAD DENTAL EN TOMOGRAFÍAS COMPUTARIZADAS DE HAZ CÓNICO DE ADULTOS ENTRE 21 A 75 AÑOS";** por el título de **"ESTIMACIÓN DE LA EDAD DENTAL EVALUANDO EL VOLUMEN PULPAR DE CINCO DIENTES UTILIZANDO IMÁGENES DE TOMOGRAFÍAS COMPUTARIZADAS DE HAZ CÓNICO EN UNA POBLACIÓN PERUANA"**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo con lo dispuesto en las Normas y Procedimientos de los Trabajos de Investigación para la Obtención de Títulos y Grados Académicos, se admite el cambio del título del proyecto de tesis si se exponen los motivos que justifican el cambio.
Que, habiendo recibido la justificación del cambio de título y, luego de su evaluación por parte de la carrera profesional, esta se considera satisfactoria.
Que, de acuerdo con la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Decano de Carrera.

SE RESUELVE:

ART. 1°: APROBAR E INSCRIBIR el cambio del título del Proyecto de Tesis titulado: **"ESTIMACIÓN DE LA EDAD DENTAL EVALUANDO EL VOLUMEN PULPAR DE CINCO DIENTES UTILIZANDO IMÁGENES DE TOMOGRAFÍAS COMPUTARIZADAS DE HAZ CÓNICO EN UNA POBLACIÓN PERUANA".**

Regístrese, comuníquese y archívese.

DIRECCIÓN ACADÉMICA

Dr. Claudio Peña Soto
Decano de la Carrera de Estomatología

T.// (511) 610 6738
informes@cientifica.edu.pe
cientifica.edu.pe

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 4

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Ficha N°: **Fecha:**

Sexo: **Edad cronológica:**

PIEZA DENTARIA	VOLUMEN PULPAR (mm^3)
CANINO SUPERIOR DERECHO	

PIEZA DENTARIA	VOLUMEN PULPAR (mm^3)
INCISIVO CENTRAL SUPERIOR IZQUIERDO	

PIEZA DENTARIA	VOLUMEN PULPAR (mm^3)
CANINO SUPERIOR IZQUIERDO	

PIEZA DENTARIA	VOLUMEN PULPAR (mm^3)
PRIMERA MOLAR SUPERIOR IZQUIERDO	

PIEZA DENTARIA	VOLUMEN PULPAR (mm^3)
PRIMER PREMOLAR INFERIOR IZQUIERDO	

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis