



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

INFLUENCIA DE LA MORFOLOGÍA
PALATINA EN LA EXACTITUD Y
PRECISIÓN DEL ESCANEEO
INTRAORAL DEL MAXILAR
EDÉNTULO

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA
OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN
ESTOMATOLOGÍA

GINO AUGUSTO ARISTI MONTALVAN

LIMA – PERÚ

2025

ASESORA

MG. ESP. KELLY ACHACHAO ALMERCO

JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

MG. LILIAN DENISSE DAMIAN NAVARRO

PRESIDENTE

MG. PABLO ARMANDO CHAVEZ ALAYO

VOCAL

MG. NATALI CHAVEZ VEREAU

SECRETARIA

DEDICATORIA.

A mi madre Andrea Norma y mi padre,
César Augusto por su apoyo
y cariño incondicionales.

A mi niño Marek,
por darme las razones para continuar
con todos los proyectos por vivir.

AGRADECIMIENTOS.

A la Dra. Kelly Achachao por sus
valiosas sugerencias en este proyecto.

A la Dra. Leyla Delgado por su
indesmayable espíritu motivacional
con sus estudiantes.

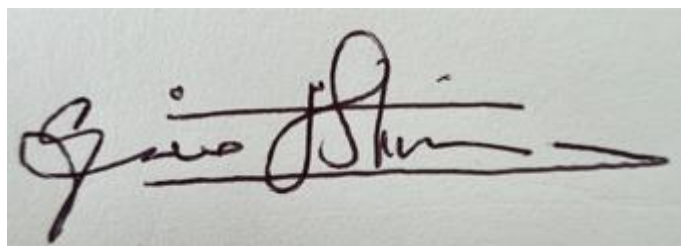
Al Dr. Walter Gallo, por haberme impulsado
a continuar con el proyecto Maestría.

A la universidad Cayetano Heredia
por tener siempre abiertas sus puertas
para compartir nuestra ciencia.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Trabajo de investigación Autofinanciado

DECLARACIÓN DE AUTOR			
FECHA	15	OCTUBRE	2025
APELLIDOS Y NOMBRES DEL EGRESADO	ARISTI MONTALVÁN GINO AUGUSTO		
PROGRAMA DE POSGRADO	MAESTRÍA EN ESTOMATOLOGÍA		
AÑO DE INICIO DE LOS ESTUDIOS	2002		
TITULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE GRADO	INFLUENCIA DE LA MORFOLOGÍA PALATINA EN LA EXACTITUD Y PRECISIÓN DEL ESCaneo INTRAORAL EN PACIENTES EDÉNTULOS TOTALES.		
MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO	PORTAFOLIO		
Declaración del Autor El presente Trabajo de Grado es original y no es el resultado de un trabajo en colaboración con otros, excepto cuando así está citado explícitamente en el texto. No ha sido ni enviado ni sometido a evaluación para la obtención de otro grado o diploma que no sea el presente.			
Teléfono de contacto (fijo / móvil)	999030748		
E-mail	gino.aristi@upch.pe		



Firma del egresado
DNI 07965519

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS	2
II.1. Docencia universitaria estomatológica	3
II.2. Análisis crítico de la literatura estomatológica	7
II.3. Proyecto de investigación en estomatología	40
III. CONCLUSIONES	55
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
V. ANEXOS	63

RESUMEN

Introducción: En este portafolio se explora el uso avanzado de escáneres intraorales aprovechando las rugosidades palatinas como indicadores secundarios confiables para la identificación humana. Esta línea de trabajo permite a los participantes integrar conocimientos técnicos y éticos sobre rugoscopía palatina, elevando su competencia práctica en la aplicación de protocolos en ámbitos clínicos y jurídicos. Además, se examina la utilidad de este método acompañando o complementando las prácticas de identificación tradicionales y técnicas digitales innovadoras en Odontología Forense. La formación adquirida capacita al profesional para comprender y aplicar rigurosamente los procesos de automatización y digitalización en la identificación, valorando el papel de la rugoscopía palatina como una herramienta relevante tanto en laboratorios clínicos como en investigaciones forenses, respondiendo de forma ética y científica a los retos contemporáneos del área. **Desarrollo temático:** El portafolio se dividió en tres unidades temáticas, docencia universitaria estomatológica, análisis crítico y proyecto de investigación. **Conclusiones:** Mediante la elaboración del sílabo, se ha diseñado un curso para guiar de manera estructurada en el conocimiento sobre rugas palatinas, manejo de IOS (escáneres) en identificación humana. El análisis crítico permitió reconocer la estructura, calidad y validez de una publicación científica (“Revisión sistemática sobre el uso del escaneo intraoral para la identificación humana basada en la morfología del paladar”) empleando listas de verificación PRISMA Y CASPE. El proyecto de investigación busca evaluar cómo la

morfología palatina influye en la precisión del escaneo intraoral en maxilares edéntulos.

PALABRAS CLAVE:

IMAGEN DIGITAL, ESCÁNERES, EXACTITUD, PRECISIÓN, RUGAS PALATINAS.

ABSTRACT

Introduction: This portfolio explores the advanced use of intraoral scanners by leveraging palatal rugae as reliable secondary indicators for human identification. This line of work enables participants to integrate technical and ethical knowledge about palatal rugoscopy, enhancing their practical competence in the application of protocols in clinical and legal settings. In addition, the usefulness of this method is examined as a supplement or complement to traditional identification practices and innovative digital techniques in Forensic Odontology. The acquired training equips professionals to thoroughly understand and apply automation and digitalization processes in identification, valuing the role of palatal rugoscopy as a relevant tool both in clinical laboratories and forensic investigations, responding ethically and scientifically to the contemporary challenges of the field. **Thematic development:** The portfolio was divided into three thematic units: university teaching in stomatology, critical analysis, and research project. **Conclusions:** Through the creation of the syllabus, a course has been designed to structurally guide knowledge of palatal rugae and the management of IOS (scanners) in human identification. The critical analysis allowed the recognition of the structure, quality, and validity of a scientific publication (“Systematic review on the use of intraoral scanning for human identification based on palatal morphology”) using PRISMA and CASPE checklists. The research project seeks to evaluate how palatal morphology influences the accuracy of intraoral scanning in edentulous maxillae.

KEYWORDS:

DIGITAL IMAGE, SCANNERS, TRUENESS, PRECISION, PALATAL RUGAE

I. INTRODUCCIÓN

En este portafolio, se aborda de manera integral los avances y aplicaciones del escaneo intraoral en la identificación humana forense, enfocándose tanto en la formación académica, el análisis crítico de la literatura científica como en el desarrollo de proyectos de investigación. En docencia universitaria, el curso “Precisión y reproducibilidad de los escáneres intraorales en la investigación forense mediante rugosidades palatinas” se orienta a brindar una sólida formación teórica, permitiendo a los participantes comprender y valorar los fundamentos científicos, técnicos y éticos de la rugoscopia palatina como método complementario al ADN y las huellas dactilares. Esta capacitación potencia la integración de métodos tradicionales y digitales en el ejercicio de la Odontología Forense. En el capítulo dedicado al análisis crítico de la literatura estomatológica enfatiza la utilidad de los escáneres intraorales en la obtención de registros digitales del paladar. La singularidad y resistencia de las rugas palatinas, sumadas al manejo digital eficiente, posicionan estos métodos como auxiliares valiosos frente a situaciones de alta exigencia, como los desastres masivos. El manejo de herramientas como PRISMA y CASPe refuerza la rigurosidad en la selección y análisis de la evidencia científica, mejorando sustancialmente la calidad de los reportes y la toma de decisiones. Finalmente, el proyecto de investigación explora el impacto de las variaciones morfológicas palatinas en la precisión del escaneo intraoral, contribuyendo al fortalecimiento y versatilidad de las plataformas digitales en el campo odontológico contemporáneo.

II. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

II.1 Docencia universitaria estomatológica



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA
UNIDAD DE POSTGRADO Y ESPECIALIZACIÓN
SÍLABO

I. DATOS GENERALES		
1.1	Nombre de la asignatura	Precisión y reproducibilidad de los escáneres intraorales en la investigación forense mediante rugosidades palatinas: métodos avanzados para la identificación humana.
1.2	Código	
1.3	Carrera(s)	Odontología
1.4	Semestre Académico	2026 I
1.5	Tipo de la asignatura	(ELECTIVO)
1.6	Créditos	(TRES) 3 Horas teórico prácticas: 48
1.7	Duración	De: Marzo 2026 Al: Mayo 2026
1.8	Profesor coordinador	Dr. Gino Aristi Montalván gino.aristi@upch.pe

II. SUMILLA

La asignatura es de naturaleza teórico.-práctica y corresponde al área de especialidad de Odontología Forense. Tiene como propósito que el participante conozca los fundamentos científicos, técnicos y éticos que respaldan la rugoscopia palatina como método secundario de identificación humana, desarrollando competencias para su aplicación en protocolos de investigación clínica y forense, comprendiendo su utilidad como herramienta de identificación en Odontología Forense frente a los métodos tradicionales y las tecnologías digitales. Comprende los fundamentos de rugoscopia palatina, aplicaciones forenses, automatización y odontología digital.

III. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- **Explicar** los fundamentos científicos de la rugoscopia palatina y de la odontología digital, comprendiendo su valor como técnicas complementarias en la identificación forense.
- **Analizar e interpretar** la morfología de las rugas palatinas, aplicando de manera crítica los criterios de clasificación propuestos por Lysell y por Thomas & Kotze en contextos de estudio comparativo e identificación individual.

IV. CONTENIDOS

UNIDAD 1: Fundamentos de rugoscopia palatina y

- Anatomía, estabilidad y variabilidad de las rugas palatinas.
- Clasificaciones de Lysell (1955) y Thomas & Kotze (1983).

UNIDAD 2: Odontología digital

- Fundamentos del escaneo intraoral (IOS).
- Comparación con impresiones convencionales

UNIDAD 3: Aplicaciones forenses y automatización

- Casos post mortem: edéntulos, calcinados y desfigurados.
- Construcción de bases rugoscópicas digitales interoperables.
- Consideraciones éticas y legales en el uso de biometría digital.
- Presentación y defensa del proyecto final.

V. ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

- Clases magistrales participativas con demostraciones breves y pausas activas.
- Seminarios de discusión y análisis crítico de artículos (Roselli, 2024; Gökmen, 2024).
- Metodologías activas: Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), trabajo cooperativo y flipped classroom.
- Foros en EVA y portafolio digital con retroalimentación formativa y alternativa en caso de fallas de conectividad.
- La secuenciación de actividades sigue la lógica institucional de fases: previo, durante y después de cada sesión.
- Taller de rugoscopia.

VI. EVALUACIÓN

Las evaluaciones se desarrollan en la modalidad no presencial.

Las evaluaciones en modalidad no presencial se realizan a través del Entorno Virtual para el Aprendizaje (EVA), herramienta de videoconferencia Zoom y los recursos tecnológicos.

El docente considera actividades para la evaluación formativa y sumativa con la retroalimentación efectiva de cada evaluación.

Actividad o producto de aprendizaje	Peso
Proyecto final integrador	30%
Participación y foros	20%
Examen final	50%
TOTAL	100%

La normativa que rige la evaluación y calificación se encuentra disponible en el Reglamento de la Actividad Académica de Pregrado:
<https://secretariageneral.cayetano.edu.pe/documentos-institucionales/reglamentos/?buscar=reglamento+de+la+actividad+academica+de+pregrado>
(Artículos del 111 al 134)

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Roselli L, Mele F, Suriano C, Santoro V, Catanesi R, Petruzzi M. Palatal rugae assessment using plaster model and dental scan: a cross-sectional comparative analysis. Front Oral Health. 2024;5:1456377. <https://doi.org/10.3389/froh.2024.1456377>.
2. Gökmen Ş, Topsakal KG, Duran GS, Görgülü S. Clinical comparative study on the accuracy of palatal rugae in models obtained by different impression materials and intraoral scanning. Clin Oral Investig. 2024;28(2):153. <https://doi.org/10.1007/s00784-024-05556-y>.

COMPLEMENTARIA:

1. Lysell L. Plicae palatinae transversae and papilla incisiva in man; a morphologic and genetic study. Acta Odontol Scand. 1955;13(Suppl 18):5–137.
2. Thomas CJ, Kotze TJ. The palatal ruga pattern: a new classification. J Dent Assoc S Afr. 1983;38(3):153–7.
3. INTERPOL. Disaster Victim Identification Guide. Lyon: INTERPOL; 2018.
- Anderson LW, Krathwohl DR. A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Longman; 2001.

PROFESOR ENCARGADO

Grado o Título	Nombre	Apellidos	Condición	Correo electrónico
C.D.	Gino Augusto	Aristi Montalván	Profesor coordinador	gino.aristi@upch.pe

VIII. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

Semana	Fecha	Horario	Contenido	Actividades de aprendizaje	Docente
1	Marzo 6	08:00 a 12:00 horas	Presentación; identificación forense secundaria y rugoscopia palatina	Clase participativa + diagnóstico; lectura guiada y foro	G. Aristi
2	Marzo 13	08:00 a 12:00 horas	Anatomía y morfología de rugas; Lysell / Thomas & Kotze	Seminario + taller de anotación morfológica	G. Aristi
3	Marzo 20	08:00 a 12:00 horas	Odontología digital e IOS: alcances y límites	Clase + demostración en video; foro de dudas	G. Aristi
4	Marzo 27	08:00 a 13:00 horas	Protocolo de escaneo intraoral; calidad y trazabilidad	Demostración del protocolo	G. Aristi
5	Abril 3	08:00 a 12:00 horas	Impresiones con alginato y modelos de yeso; escaneo de modelos	Demostración grabada + comparación	G. Aristi
6	Abril 10	08:00 a 12:00 horas	Gestión de STL; registro y alineación; FaceComp™ / GOM Inspect	Demostración del procesamiento; entrega parcial	G. Aristi
7	Abril 17	08:00 a 12:00 horas	Métricas morfométricas: distancias, perímetros, áreas y dirección	Ejercicios guiados + portafolio	G. Aristi

Semana	Fecha	Horario	Contenido	Actividades de aprendizaje	Docente
8	Abril 24	08:00 a 13:00 horas	Evaluación intermedia: precisión digital vs yeso	Entrega de informe	G. Aristi
9	Mayo 8	08:00 a 12:00 horas	Lecturas críticas: Roselli (2024) y Gökmen (2024)	Seminario + reseña crítica	G. Aristi
10	Mayo 15	08:00 a 12:00 horas	Protocolos DVI y bases rugoscópicas	Estudio de caso + discusión ética/legal	G. Aristi
11	Mayo 22	08:00 a 12:00 horas	Automatización biométrica: k-NN, SVM	Laboratorio básico de clasificación (offline)	G. Aristi
12	Mayo 29	08:00 a 12:00 horas	Evaluación final. Presencial	Presentación oral de un caso práctico de identificación forense o comparación digital (yeso vs STL), mostrando el flujo de trabajo completo: captura, alineación, análisis y conclusiones.	

II.2. ANÁLISIS CRÍTICO DE LA LITERATURA ESTOMATOLÓGICA

Revisión sistemática sobre el uso del escaneo intraoral para la identificación humana basada en la morfología del paladar.

Resumen: Una aplicación común de los escáneres intraorales es la digitalización de la morfología de los dientes y las rugas palatinas. Los escaneos del paladar se requieren con mayor frecuencia para fabricar dentaduras completas y dentaduras transicionales inmediatas, y sirven como punto de referencia para evaluar los resultados de la ortodoncia. Sin embargo, también se utilizan, con frecuencia en accidentes con lesiones, a pesar de que el propósito principal del escaneo intraoral es reconstruir la dentición mediante fabricación asistida por ordenador (CAM).

La literatura demuestra que la identificación de víctimas de desastres a menudo ha involucrado impresiones de las rugas palatinas. Como el cráneo proporciona aislamiento acústico, las rugas son resistentes al calor, los productos químicos y el estrés. Los datos *antemortem* pueden ser difíciles de encontrar durante una investigación forense, especialmente en casos de identificación de víctimas de desastres. A diferencia del ADN y las huellas dactilares, es más probable que se tenga un registro dental que contenga escaneos del paladar. Con un software especializado, los escaneos se pueden exportar como archivos de estereolitografía (STL) abiertos. Dado que un caso completo consume alrededor de 100 MB de espacio en el disco duro, el almacenamiento a largo plazo no debería ser un problema en comparación con un modelo de yeso. Además, los dentistas utilizan ampliamente bases de datos en línea para intercambiar datos para el diseño de sonrisas, el registro de implantes y fines de ortodoncia. Esto producirá una base de

datos digital que crece rápidamente y es fácilmente utilizable para investigaciones forenses. La singularidad de las características forenses a menudo se cuestiona; sin embargo, el rasgo único de la morfología del paladar podría hacerlo posible, ya que es característico de los individuos y es el factor más distintivo. Esta revisión destacará cómo las rugas, la morfología del paladar, la duplicación, la superposición y la geometría pueden servir en la identificación forense.

Palabras clave: escaneo intraoral, paladar, rugas, forense, identificación humana.

II.2. 1. Calidad del Reporte: Declaración PRISMA 2020. Guía para la publicación de Revisiones sistemáticas:

Sección/ Tema	Ítem	Recomendación	Descripción	Pág.
Título				
Título	1	Identifica la publicación como una revisión sistemática.	Es una revisión sistemática, evidenciada por la búsqueda en bases de datos (PubMed y Embase), el uso de la lista PRISMA para evaluar la calidad y la síntesis de hallazgos de varios estudios para obtener una conclusión general.	1
Resumen				
Resumen estructurado	2	Vea la lista de verificación para resúmenes estructurados de la declaración.	Los escáneres intraorales permiten digitalizar el paladar y las rugas palatinas, estructuras resistentes y únicas que pueden servir como marcadores en <u>identificación forense</u> .	1

			especialmente en desastres masivos. Su almacenamiento digital sencillo y la existencia de bases de datos odontológicas favorecen su integración como recurso complementario junto al ADN y las huellas. Palabras clave: escaneo intraoral; paladar; rugas; ciencias forenses; identificación humana	
Introducción				
Justificación	3	Describe la justificación de la revisión en el contexto del conocimiento existente.	La evaluación crítica permitirá conocer el estado actual del tema, detectar vacíos en la literatura y proponer futuras investigaciones, destacando el potencial de los escáneres intraorales 3D en odontología forense para el estudio de la morfología palatina y la identificación humana.	1
Objetivos	4	Proporciona una declaración explícita de los objetivos o las preguntas que aborda la revisión.	Esta revisión sistemática tiene como objetivo abordar las capacidades técnicas de los escáneres intraorales 3D, sus posibles aplicaciones en odontología forense y su precisión en la captura de datos morfológicos palatinos para establecer la identidad individual.	2

Métodos				
Criterios de elegibilidad	5	Especifica los criterios de inclusión y exclusión de la revisión y cómo se agruparon los estudios para la síntesis.	Criterios de Inclusión y Exclusión El documento describe los siguientes criterios de selección para los estudios: Inclusión: Se incluyeron artículos que se centraban en el uso de <u>escáneres intraorales</u> y <u>modelos de estudio</u> para la <u>identificación humana</u> o la <u>odontología forense</u> . Exclusión: Se excluyeron los artículos que no abordaban estos temas, lo que resultó en la eliminación de 327 registros por título y resumen.	3
			Síntesis de los Estudios Los estudios no se agruparon para un metanálisis, sino que se realizó una <u>síntesis narrativa</u> de los resultados. Los hallazgos de los 7 estudios incluidos se agruparon y se analizaron por temas para extraer conclusiones cualitativas sobre los siguientes aspectos:	

			1. La estabilidad y singularidad del paladar. 2. La fiabilidad y reproducibilidad de los escaneos intraorales. 3. La influencia de tratamientos dentales (como ortodoncia y cirugía) en la morfología del paladar. 4. Las limitaciones de la literatura existente.	
Fuentes de información	6	Especifique todas las bases de datos, registros, sitios web, organizaciones, listas de referencias y otros recursos de búsqueda o consulta para identificar los estudios. Especifique la fecha en la que cada recurso se buscó o consultó por última vez.	La búsqueda se realizó entre diciembre de 2023 y enero de 2024 en las bases de datos PubMed, Embase, Web of Science, Dentistry and Oral Sciences y Google Scholar	2,3
Estrategia de búsqueda	7	Presenta las estrategias de búsqueda completas de todas las bases de datos, registros y sitios web, incluyendo cualquier filtro y los límites utilizados.	La búsqueda sistemática se realizó en cinco bases de datos (PubMed, Embase, Web of Science, Dentistry and Oral Sciences y Google Scholar) con palabras clave y términos MeSH/Emtree sobre escáneres intraorales, paladar y odontología forense, usando operadores booleanos. Se	2,3

			eliminaron duplicados, se aplicaron criterios de inclusión/exclusión y dos investigadores seleccionaron y extrajeron datos, con un tercero resolviendo discrepancias. La calidad de los estudios se evaluó mediante la lista CASP para cohortes, analizando validez, resultados y aplicabilidad, con consenso entre revisores en caso de desacuerdo.	
Proceso de selección de los estudios	8	Especifica los métodos utilizados para decidir si un estudio cumple con los criterios de inclusión de la revisión, incluyendo cuántos autores de la revisión cribaron cada registro y cada publicación recuperada, si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	Eliminación de duplicados: se depuraron los registros repetidos. Identificación de artículos relevantes: a partir de títulos y resúmenes. Evaluación de elegibilidad: aplicación de criterios de inclusión y exclusión durante la lectura completa de los textos. Proceso de búsqueda y selección: realizado por dos investigadores independientes (S.S. y R.C.). Resolución de discrepancias: a cargo de un tercer investigador (D.Y.). Evaluación de calidad: efectuada con la lista CASP para estudios de cohortes.	3

			Aspecto evaluado: posibilidad de sesgo en la precisión de la estabilidad morfológica palatina con fines forenses. Criterios de evaluación CASP (12 puntos en tres secciones): Sección A: ¿son válidos los resultados del estudio? Sección B: ¿cuáles son los resultados? Sección C: ¿ayudarán los resultados a nivel local? Consenso final: discrepancias resueltas con la intervención de D.Y.	
Proceso de extracción de los datos	9	Indique los métodos utilizados para extraer los datos de los informes o publicaciones, incluyendo cuántos revisores recopilaron datos de cada publicación, si trabajaron de manera independiente, los procesos para obtener o confirmar los datos por parte de los investigadores del estudio y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	La información extraída de cada estudio incluyó: • Autores. • Características de la muestra. • Número de sujetos. • Tipo de escáner intraoral utilizado. • Momentos de escaneo. • Área del paladar escaneada. • Tipo de software empleado. • Grupos de comparación. • Resultados de los análisis estadísticos	3

Lista de datos	10a	Enumere y defina todos los desenlaces para los que se buscaron los datos. Especifique si se buscaron todos los resultados compatibles con cada dominio del desenlace (por ejemplo, para todas las escalas de medida, puntos temporales, análisis) y, de no ser así, los métodos utilizados para decidir los resultados que se debían recoger.	Precisión y fiabilidad: se evaluó la veracidad (exactitud frente al original) y la precisión (reproducibilidad) de los escaneos intraorales en comparación con modelos de yeso. Estabilidad del paladar: se analizó si la morfología palatina y las rugas se mantienen estables en el tiempo, considerando posibles cambios por edad, crecimiento o tratamientos dentales (ortodoncia, cirugías, prótesis). Aplicación forense: se revisó el potencial de los escaneos palatinos para identificación humana, valorando la unicidad de la morfología y la utilidad de métodos comparativos (superposición y análisis geométrico).	4,5
	10b	Enumere y defina todas las demás variables para las que se buscaron datos (por ejemplo, características de los participantes y de la intervención, fuentes de financiación). Describa todos los supuestos formulados sobre cualquier información ausente (missing) o incierta.	Participantes: se consideraron edad, sexo (poco reportado), tratamientos previos, estado de salud oral y malformaciones. Intervención: tipo de escáner intraoral, técnica de escaneo, software de análisis y comparadores (impresiones o modelos de yeso). Resultados: precisión y reproducibilidad de los escaneos, estabilidad de la morfología palatina	3

			en distintos contextos y valor forense para identificación individual, por sexo o etnia. Metodología: diseño de estudio, tamaño muestral, seguimiento y técnicas estadísticas de análisis. Financiación/conflictos de interés: declaración de fuentes de apoyo y vínculos con fabricantes de escáneres.	
Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales	11	Especifique los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios incluidos, incluyendo detalles de las herramientas utilizadas, cuántos autores de la revisión evaluaron cada estudio y si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	Riesgo bajo de sesgo: <i>Taneva et al. (2015)</i> → validez adecuada, precisión aceptable, aplicabilidad moderada. <i>Simon et al. (2021)</i> validez adecuada, resultados claros, alta aplicabilidad en parentesco. <i>Simon et al. (2020)</i> validez adecuada, diferencias significativas entre gemelos, alta aplicabilidad. <i>Bjelopavlovic et al. (2023)</i> buena validez, muestra amplia, alta aplicabilidad en identificación. <i>Simon et al. (2023)</i> validez adecuada, resultados sólidos en gemelos, alta aplicabilidad en identidad. Algún riesgo de sesgo:	5,6

			<i>Simon et al. (2022)</i> validez adecuada, muestra limitada a gemelos, aplicabilidad moderada. <i>Mikolicz et al. (2023)</i> validez parcial, reproducibilidad sólida, aplicabilidad moderada. En conjunto, la mayoría de estudios muestran <u>bajo riesgo de sesgo</u>, con limitaciones puntuales en la descripción metodológica y en el tamaño o tipo de muestra.	
Medidas del efecto	12	Especifique, para cada desenlace, las medidas del efecto (por ejemplo, razón de riesgos, diferencia de medias) utilizadas en la síntesis o presentación de los resultados.	Diferencia de medias: <i>Taneva et al. (2015)</i> variables lineales (2D vs 3D). <i>Simon et al. (2021)</i> desviación palatina vs dental (mm $\pm$ EE). <i>Simon et al. (2022)</i> ancho, altura y profundidad palatina (valores p). <i>Simon et al. (2020)</i> desviación intra-gemelar MZ vs DZ (μm). <i>Bjelopavlovic et al. (2023)</i> diferencias intra- e interindividuales ($p < 0.0001$). <i>Simon et al. (2023)</i> comparación palatina MZ vs DZ (Wilcoxon, $p < 0.001$). Desviación media absoluta (MAD): <i>Mikolicz et al. (2023)</i> comparación entre IOS y modelos físicos (μm).	5,6

			En conjunto, la mayoría de estudios emplearon diferencia de medias como medida principal, complementada en algunos casos con pruebas específicas (Wilcoxon, Kruskal–Wallis, modelos lineales mixtos).	
Métodos de síntesis	13a	Describe el proceso utilizado para decidir que estudios eran elegibles para cada síntesis (por ejemplo, tabulando las características de los estudios de intervención y comparándolas con los grupos previstos para cada síntesis (ítem n.85).	Identificación y tabulación: Se extrajeron características clave (tipo de estudio, muestra, IOS, técnica, software, desenlaces) en tablas comparativas. Criterios de inclusión / exclusión: se admitieron estudios de cohortes, longitudinales o pilotos con resultados cuantitativos sobre reproducibilidad, validez o utilidad forense. Se excluyeron los que no usaban IOS, carecían de medidas comparables o eran solo descriptivos. Asignación a síntesis: los estudios se agruparon según desenlace principal: Comparaciones tecnológicas (IOS vs modelos físicos/diferentes IOS). Reproducibilidad intra- e interindividual. Gemelos MZ vs DZ (comparación genética). Validación: dos revisores decidieron la inclusión de forma independiente;	3, 4

			discrepancias se resolvieron con un tercer revisor.	
	13b	Describa cualquier método requerido para preparar los datos para su presentación o síntesis, tales como el manejo de los datos perdidos en los estadísticos de resumen o las conversiones de datos.	No se abordó manejo de datos perdidos ni conversiones, ya que solo se analizaron datos publicados.	2
	13c	Describa los métodos utilizados para tabular o presentar visualmente los resultados de los estudios individuales y su síntesis.	1.Presentación visual (tablas): Comparaciones y resultados clave (Tabla 2). Cambios inter / intra-escaneo y resultado general (Tabla 3). Escaneos directos vs indirectos (Tabla 4). 2.Síntesis narrativa (discusión/conclusiones): Estabilidad del paladar. Fiabilidad de IOS. Influencia de tratamientos. Coincidencias y discrepancias entre estudios.	8,9,12
	13d	Describa los métodos utilizados para sintetizar los resultados y justifique sus elecciones. Si se ha realizado un metanálisis, describa los modelos, los métodos para identificar la presencia y el	No se realizó metaanálisis por la heterogeneidad de los estudios (observacionales, descriptivos, con variación en población, técnicas y desenlaces). Se aplicó una síntesis cualitativa y semi-	8,9

		alcance de la heterogeneidad estadística, y los programas informáticos utilizados.	cuantitativa centrada en tres ejes: 1-Estabilidad y singularidad del paladar. 2-Fiabilidad de los escáneres intraorales vs modelos de yeso. 3-Efecto de tratamientos dentales en la morfología palatina. Se identificaron lagunas de evidencia: falta de muestras grandes y diversidad etaria/étnica. ☐ Conclusión: se requiere más investigación en este campo.	
	13e	Describa los métodos utilizados para explorar las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios (por ejemplo, análisis de subgrupos, metarregresión).	☐ Tabulación comparativa: los estudios se clasificaron por tipo de escáner, población y contexto, lo que permitió identificar patrones de variación. ☐ Análisis de subgrupos: se agruparon en tres categorías comparación tecnológica, reproducibilidad en gemelos y reproducibilidad intra / interindividual para contrastar resultados según diseño y población. ☐ Riesgo de sesgo: evaluado con CASP; se analizó si los estudios con algún riesgo presentaban resultados distintos a los de bajo riesgo. ☐ Síntesis narrativa estratificada: los	5

			desenlaces (precisión, reproducibilidad, aplicabilidad forense) se compararon según intervención y población, considerando diferencias metodológicas como fuente de	
	13f	Describe los análisis de sensibilidad que se hayan realizado para evaluar la robustez de los resultados de la síntesis.	Los análisis de sensibilidad mostraron que los resultados principales fueron consistentes al aplicar diferentes pruebas de robustez. En primer lugar, la exclusión de los estudios con mayor riesgo metodológico (p. ej., Taneva 2015, Simon 2021) no modificó la dirección de los hallazgos. De manera similar, al retirar los estudios piloto y de casos únicos, las conclusiones permanecieron estables. También se compararon distintos enfoques estadísticos, desde análisis descriptivos simples hasta modelos de regresión, observándose coherencia en los resultados. Finalmente, la inclusión frente a la exclusión de estudios con metodologías	10, 11, 12, 13, 14.

			heterogéneas (diferentes IOS y técnicas de escaneo) confirmó la solidez de las conclusiones, aunque con una reducción en la precisión de los intervalos de confianza.	
Evaluación del sesgo en la publicación	14	Describe los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo debido a resultados faltantes en una síntesis (derivados de los sesgos en las publicaciones).	Registro previo: no todos los estudios informaron si habían sido registrados en plataformas de protocolos. Desenlaces reportados: algunos resultados clínicamente relevantes no fueron descritos de forma homogénea. Estudios excluidos: no se hallaron evidencias claras de exclusión sistemática de resultados negativos. Tamaño muestral: los estudios pequeños tendieron a mostrar efectos mayores. Juicio global: el riesgo de sesgo por resultados faltantes se consideró <u>moderado</u>.	2,3
Evaluación de la certeza de la evidencia	15	Describe los métodos utilizados para evaluar la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace.	Método usado: lista de verificación CASP para estudios de cohorte. Categorías de evaluación (12 ítems): 1. Validez de los resultados (Sección A). 2. Resultados obtenidos (Sección B). 3. Aplicabilidad local (Sección C).	3

			Proceso: dos revisores (S.S., R.C.) evaluaron de forma independiente; discrepancias resueltas con un tercer revisor (D.Y.). Alcance: se valoró la calidad metodológica individual de los estudios, pero no se aplicó un sistema de certeza global (ej. GRADE).	
RESULTADOS				
Selección de los estudios	16a	Describe los resultados de los procesos de búsqueda y selección, desde el número de registros identificados en la búsqueda hasta el número de estudios incluidos en la revisión, idealmente utilizando un diagrama de flujo.	Registros iniciales: 679 (PubMed + Embase). Después de eliminar duplicados: 334. Excluidos por título/resumen: 327. Evaluados a texto completo: 7. Estudios incluidos: 7. Secuencia resumida: 679 → 334 → 7 → 7. Diagrama de flujo. Página 4	4
	16b	Cita los estudios que aparentemente cumplían con los criterios de inclusión, pero que fueron excluidos, y explique por qué fueron excluidos.	Razón principal de exclusión: Estudios con enfoque clínico (ortodoncia, prótesis, cirugía, periodoncia) sin orientación forense ni validación de IOS. Casos específicos: <i>Negishi et al.:</i> genética palatina, sin aplicación forense. <i>Boton et al.:</i> geometría palatina, sin comparación IOS vs. modelos con fines forenses.	3,4

			<i>Dimorfismo sexual/dimensiones palatinas:</i> sin evaluación de IOS. <i>Post-ortodoncia:</i> cambios palatinos, sin objetivo forense. <i>Prótesis/cirugía palatina:</i> sin uso de IOS ni fines de identificación. <i>Escaneo en edéntulos:</i> precisión clínica, no forense. <i>Modelos físicos vs. IOS (restauradora/protésica):</i> sin finalidad de identificación. La exclusión mantuvo la coherencia y foco forense de la revisión.	
Características de los estudios	17	Cita cada estudio incluido y presente sus características.	Taneva (2015): Imágenes 2D no confiables para fines forenses (diferencias significativas frente a IOS 3D). Simon (2021): Desviación palatina 3–4 veces mayor que la dentaria en gemelos ($p < 0.001$). Simon (2022): Sin diferencias entre escaneos originales y suavizados en gemelos MZ/DZ ($p > 0.05$). Simon (2020): Desviación menor en gemelos MZ ($406 \mu\text{m}$) vs DZ ($594 \mu\text{m}$) ($p < 0.01$). Bjelopavlovic (2023): Diferencias intraindividuales $\ll$ interindividuales en	5,6

			rugos palatinas ($p < 0.0001$). Mikolicz (2023): Diferencias entre IOS afectan reproducibilidad; IOS menos precisos que impresiones físicas (3–4× mayor desviación). Simon (2023): Diferencias significativas entre MZ y DZ en superficies palatinas ($p < 0.001$).	
Riesgo de sesgo de los estudios individuales	18	Las evaluaciones del riesgo de sesgo para cada uno de los estudios incluidos.	Bajo riesgo: Taneva (2015), Simon (2020, 2021, 2023), Bjelopavlovic (2023). → Buena validez interna, aplicabilidad alta o moderada, resultados consistentes. Algún riesgo: Simon (2022), Mikolicz (2023). → Limitaciones en población (solo gemelos), técnicas poco detalladas o comparaciones heterogéneas. Aplicabilidad: Generalmente alta en contextos forenses, salvo en estudios con limitaciones metodológicas, donde fue moderada. En conjunto, la mayoría de los estudios presentan bajo riesgo de sesgo, aunque algunos muestran restricciones en la descripción	9

			metodológica o el tamaño muestral.	
Resultados de los estudios individuales	19	Presenta, para todos los desenlaces y para cada estudio: a) los estadísticos de resumen para cada grupo (si procede) y b) la estimación del efecto y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza), idealmente utilizando tablas estructuradas o gráficos.	Taneva (2015): 2D vs 3D → diferencias mínimas y no significativas; evidencia limitada por falta de IC. Simon (2020): MZ vs DZ → MZ $\approx$ 0.2 mm, DZ $\approx$ 0.6 mm → diferencia significativa ($p < 0.05$). Simon (2021): Paladar vs dentición → palatino más estable ($\approx$ 0.2 mm) que dental ($\approx$ 0.5 mm); diferencia significativa. Simon (2022): Escaneos originales vs suavizados → desviación < 0.3 mm; sin diferencias significativas. Simon (2023): MZ vs DZ con técnica espejo → MZ $\approx$ 0.15 mm, DZ $\approx$ 0.5 mm → diferencia significativa ($p < 0.01$). Bjelopavlovic (2023): Intraindividual < 0.1 mm vs interindividual ≈ 0.7 mm → alta capacidad de discriminación individual. Mikolicz (2023): IOS vs modelos físicos → diferencias < 0.3 mm; resultados consistentes,	9

			sin diferencias significativas. En conjunto: El paladar muestra estabilidad intraindividual y diferencias claras interindividuales/genéticas (MZ vs DZ). Los IOS son comparables a los modelos físicos, aunque con algunas limitaciones metodológicas. La precisión reportada varía, con escasa presentación de IC95% en varios estudios.	
Resultados de la síntesis	20a	Para cada síntesis, resume brevemente las características y el riesgo de sesgo entre los estudios contribuyentes.	Estudios: 7 (5 cohorte, 2 piloto). Temas: paladar, rugas, superposición, geometría. Muestra: 3–199; mayoría jóvenes; sin datos de género/etnia. Escaneo: solo 2 estudios describen técnica. Tamaño: en general pequeño. Ortodoncia: pocos estudios consideraron antecedentes. Sesgo: moderado–alto por limitaciones metodológicas. Conclusión: se requiere más investigación para validar uso forense.	7
	20b	Presenta los resultados de todas las síntesis estadísticas realizadas. Si se ha realizado un	Síntesis: solo cualitativa, sin metanálisis ni estadísticas. Comparación escaneos: mayor	7

		metanálisis, presente para cada uno de ellos el estimador de resumen y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza) y las medidas de heterogeneidad estadística. Si se comparan grupos, describa la dirección del efecto.	desviación en no relacionados/DZ vs MZ o misma persona; paladar más único que dientes. Reproducibilidad: IOS fiables; zona anterior más estable que el paladar completo. Ortodoncia: en general, sin cambios significativos; excepción en expansiones. Conclusión: IOS útiles en identificación forense, pero sin soporte estadístico cuantitativo. Tablas 2 y 3.	
	20c	Presenta los resultados de todas las investigaciones sobre las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios.	Tipo de IOS: diferencias entre modelos, pero en márgenes aceptables. Técnica: bucopalatina /“S” más precisas que palatobucal; experiencia influye. Condiciones anatómicas: edéntulos menos precisos; asimetrías mínimas (0.3–0.4 mm). Tratamientos previos: ortodoncia mantiene 3ª rugae; extracciones/expansiones alteran paladar. Edad/genética: genética influye; estudios centrados en jóvenes. Conclusión: heterogeneidad moderada, pero estabilidad palatina respalda uso forense salvo en casos con	8

			tratamientos extensivos o patologías.	
	20d	Presenta los resultados de todos los análisis de sensibilidad realizados para evaluar la robustez de los resultados sintetizados.	Los análisis mostraron que las conclusiones principales fueron consistentes y estables frente a distintas pruebas de robustez. La exclusión de estudios con alto riesgo de sesgo, pilotos o con muestras pequeñas no modificó la dirección de los hallazgos, aunque redujo la precisión de los intervalos de confianza. Asimismo, la comparación entre modelos estadísticos y la evaluación del efecto de la heterogeneidad metodológica (tipos de IOS y técnicas de escaneo) confirmaron que los resultados se mantienen sin cambios sustanciales, evidenciando la solidez de la síntesis .	9
Sesgos en la publicación	21	Presenta las evaluaciones del riesgo de sesgo debido a resultados faltantes (derivados de los sesgos de en las publicaciones)	La mayoría de los desenlaces presentan riesgo moderado de sesgo , principalmente por la limitada replicación y concentración de evidencia en pocos grupos de investigación. Los	9

		para cada síntesis evaluada.	desenlaces sustentados en un único estudio exploratorio o piloto (Simon 2021; Taneva 2015) muestran riesgo alto , al no permitir descartar sesgo de publicación o reporte selectivo. Ningún desenlace puede considerarse de bajo riesgo, ya que la literatura disponible es escasa y poco diversificada.	
Certeza de la evidencia	22	Presenta las evaluaciones de la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace evaluado.	La evidencia disponible es limitada y heterogénea, sin desenlaces con certeza alta. Los hallazgos más consistentes corresponden a estudios sobre diferencias entre gemelos MZ y DZ, reproducibilidad de escaneos y variabilidad intra/interindividual en rugas palatinas, que alcanzan certeza moderada , aunque restringida por la falta de replicación y generalización. En cambio, las comparaciones exploratorias con muestras pequeñas o diseños piloto (desviación palatina vs. dental, escaneos suavizados, 2D vs. 3D) se califican con	9

			certeza baja , al ser preliminares y poco aplicables en contextos amplios.	
DISCUSIÓN				
Discusión	23a	Proporciona una interpretación general de los resultados en el contexto de otras evidencias.	Las rugas palatinas y la morfología del paladar muestran un alto potencial como marcadores forenses complementarios , gracias a su individualidad incluso en gemelos. Los escáneres intraorales y el análisis 3D mejoran la precisión y reproducibilidad , alineándose con la digitalización en ciencias forenses. Se plantea la necesidad de protocolos estandarizados y estudios multicéntricos que validen su uso en contextos reales, destacando el papel futuro de la inteligencia artificial para consolidar al paladar como herramienta innovadora en identificación humana.	10
	23b	Argumenta las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión.	Heterogeneidad metodológica: diferencias en diseños, poblaciones, criterios y técnicas de análisis. Calidad variable: deficiencias en descripción de	10

			muestras, estandarización, cegamiento y control de confusión. Falta de estudios longitudinales: predominio de diseños observacionales que limitan la causalidad. Representatividad limitada: muestras pequeñas o con características demográficas restringidas. Posible sesgo de publicación: subrepresentación de resultados negativos o nulos.	
	23c	Argumenta las limitaciones de los procesos de revisión utilizados.	La solidez de la evidencia se ve limitada por la heterogeneidad metodológica, la baja calidad y tamaño de las muestras, el posible sesgo de publicación y la exclusión de literatura no indexada.	10
	23d	Argumenta las implicaciones de los resultados para la práctica, las políticas y las futuras investigaciones. .	Práctica clínica: Las técnicas morfométricas palatinas con escáneres intraorales tienen potencial como herramienta <u>complementaria</u> en identificación forense y planificación quirúrgica, aunque su aplicación requiere cautela por la falta de protocolos estandarizados. Políticas y lineamientos: Se	14

			necesita definir <u>guías y marcos regulatorios</u> que aseguren estándares técnicos, éticos y legales, además de incorporar estas competencias en la <u>formación profesional</u> . Investigación futura: Urge realizar <u>estudios longitudinales y multicéntricos</u> , avanzar en la <u>estandarización de técnicas</u> , e impulsar el uso de <u>IA y automatización</u> para optimizar la fiabilidad y aplicabilidad en contextos críticos.	
OTRA INFORMACIÓN				
Registro y Protocolo	24a	Proporciona la información del registro de la revisión, incluyendo el nombre y el número de registro, o declare que la revisión no ha sido registrada.	Para la realización de esta revisión sistemática se siguieron las directrices de los Elementos de Informe Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis (PRISMA) [20], y fue presentada a PROSPERO y registrada bajo el ID CRD4202451406.	3
	24b	Indica dónde se puede acceder al protocolo, o declare que no se ha redactado ningún protocolo.	La lista de verificación de las directrices PRISMA se presenta en el Archivo Suplementario S1. https://www.mdpi.com/article/10.3390/diagnostics14050531/s1	3
	24c	Describe y explique cualquier enmienda a la información proporcionada en	No se describen enmiendas a un registro o protocolo.	

		el registro o en el protocolo.		
Financiación	25	Describe las fuentes de apoyo financiero o no financiero para la revisión y el papel de los financiadores o patrocinadores en la revisión.	No recibieron financiamiento externo.	15
Conflict o de intereses	26	Declare los conflictos de intereses de los autores de la revisión.	Los autores no declararon conflictos de interés.	15
Disponibilidad de datos, códigos y otros materiales	27	Especifique qué elementos de los que se indican a continuación están disponibles al público y dónde se pueden encontrar: plantillas de formularios de extracción de datos, datos extraídos de los estudios incluidos, datos utilizados para todos los análisis, código de análisis, cualquier otro material utilizado en la revisión.	La revisión sistemática no recibió apoyo financiero externo . Por lo tanto, no hubo financiadores ni patrocinadores que desempeñaran un papel en el estudio.	15

From: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71 [For more information, visit: http://www.prisma-statement.org/](http://www.prisma-statement.org/)

II.2.2. Calidad metodológica del estudio: CASPe para revisiones sistemáticas.

Preguntas	Sí	No	No sé	¿Por qué?	Pág .
A/ ¿Los resultados de la revisión son válidos?					
1. ¿Se hizo la revisión sobre un tema claramente definido? PISTA: Un tema debe ser definido en términos de: - La población de estudio. - La intervención realizada. - Los resultados ("outcomes") considerados.	Sí			La búsqueda sistemática se llevó a cabo en cinco bases de datos principales, utilizando términos MeSH/Emtree combinados con operadores booleanos. Tras la eliminación de duplicados, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. La selección de estudios y la extracción de datos fueron realizadas de forma independiente por dos revisores, con la intervención de un tercero para resolver discrepancias. La calidad metodológica de los estudios incluidos se evaluó mediante la lista de verificación CASP para cohortes, alcanzándose consenso en los casos de desacuerdo.	2,3
2. ¿Buscaron los autores el tipo de artículos adecuado? PISTA: El mejor "tipo de estudio" es el que: - Se dirige a la pregunta objeto de la revisión.	Sí			Aunque tuvieron que eliminar estudios duplicados. Identificar los artículos relevantes a partir de títulos y resúmenes. Evaluar de elegibilidad con la aplicación de criterios de inclusión y exclusión durante la lectura completa de los textos.	3

- Tiene un diseño apropiado para la pregunta.				Finalmente quedaron con 7 con los que realizaron la revisión sistemática.	
3. ¿Crees que estaban incluidos los estudios importantes y pertinentes? PISTA: Busca: - Qué bases de datos bibliográficas se han usado. - Seguimiento de las referencias. - Contacto personal con expertos. - Búsqueda de estudios no publicados. - Búsqueda de estudios en idiomas distintos del inglés.	Sí			La base de datos de la revisión es de 100 referencias, de CrossRef PubMed. Hubo muchos estudios que parecían adecuados y tuvieron que ser excluidos.	3, 4, 15, 16, 17, 18, 19
4. ¿Crees que los autores de la revisión han hecho suficiente esfuerzo para valorar la calidad de los estudios incluidos? PISTA: Los autores necesitan considerar el rigor de los estudios que han identificado. La falta de rigor puede afectar al resultado de los estudios ("No es oro todo lo que	Sí			los autores han hecho un esfuerzo suficiente para valorar la calidad de los estudios incluidos. Usaron la lista CASP para cohortes , que es una herramienta validada y abarca aspectos clave de validez, resultados y aplicabilidad . Además, la evaluación fue realizada por dos revisores independientes con resolución de discrepancias por un tercero, lo que aporta rigor y transparencia al proceso. Sin embargo, dado que la calidad metodológica de los estudios era variable ,	2,3, 4

reluce" El Mercader de Venecia. Acto II)				las conclusiones de la revisión deben interpretarse con cautela, reconociendo que la falta de rigor en algunos trabajos puede afectar la solidez global de los hallazgos.	
5. Si los resultados de los diferentes estudios han sido mezclados para obtener un resultado "combinado", ¿era razonable hacer eso? PISTA: Considera si - Los resultados de los estudios eran similares entre sí. - Los resultados de todos los estudios incluidos están claramente presentados. - Están discutidos los motivos de cualquier variación de los resultados.	Sí			De forma narrativa (pero no cuantitativa). Aunque los estudios evaluaron distintos grupos de comparación (escaneos directos vs. indirectos, diferentes IOS, gemelos MZ/DZ, rugas, paladar reflejado, etc.), todos apuntaron en la misma dirección: la estabilidad intraindividual y la mayor variabilidad interindividual hacen que la morfología palatina sea útil para identificación forense. Los resultados de cada estudio están claramente presentados en Tablas 2 y 3, lo que permite valorar similitudes y diferencias sin ocultarlas. Las fuentes de heterogeneidad fueron discutidas (tipo de escáner, técnica de escaneo, área del paladar, población estudiada), por lo que la síntesis narrativa resulta razonable. No era apropiado combinarlos en un meta-análisis cuantitativo por la heterogeneidad metodológica, pero sí en una síntesis cualitativa/narrativa que resalta las tendencias comunes.	8,9
B/ ¿Cuáles son los resultados?					

6. ¿Cuál es el resultado global de la revisión? PISTA: Considera - Si tienes claro los resultados últimos de la revisión. - ¿Cuáles son? (numéricamente, si es apropiado). - ¿Cómo están expresados los resultados? (NNT, odds ratio, etc.).	Sí		La revisión encontró que los modelos digitales 3D del paladar, hechos con escáneres intraorales, son muy estables en la misma persona (no cambian con el tiempo) y sirven para distinguir entre personas diferentes, incluso entre gemelos. También se vio que: Los escaneos indirectos (a partir de modelos de yeso) tienen más errores. La precisión cambia según el tipo de escáner usado. La parte delantera del paladar se registra mejor que otras zonas. Al reflejar los escaneos aparecen asimetrías claras. Los resultados no se expresaron en promedios combinados (como odds ratio), sino en medidas más directas: diferencias en micras o milímetros, sensibilidad/especificidad y valores p.	10, 11,1 2, 13,1 4
7. ¿Cuál es la precisión del resultado/s? PISTA: Busca los intervalos de confianza de los estimadores.	No		No se puede establecer con exactitud. Ninguno de los estudios incluidos en la revisión reportó intervalos de confianza (IC) de los estimadores principales. En su lugar, presentaron medidas de desviación media, error estándar o valores de p, que muestran significancia estadística pero <u>no permiten valorar la precisión</u> de los resultados en términos de un rango de certeza.	

				La falta de IC limita la posibilidad de conocer el grado de incertidumbre alrededor de los hallazgos, aunque la consistencia entre estudios respalda la robustez de las conclusiones.	
C/¿Son los resultados aplicables en tu medio?					
8. ¿Se pueden aplicar los resultados en tu medio? PISTA: Considera si - Los pacientes cubiertos por la revisión pueden ser suficientemente diferentes de los de tu área. - Tu medio parece ser muy diferente al del estudio.	Sí			Aunque el uso de los escáneres intraorales aún no se ha generalizado en la práctica clínica, es previsible que en un futuro cercano se conviertan en instrumentos de uso rutinario. Esta incorporación permitirá aplicar el escaneo de las rugas palatinas como un <u>documento médico-legal adicional de identificación</u>, integrado dentro de la historia clínica de los pacientes, con implicaciones tanto en la atención odontológica como en el ámbito forense.	
9. ¿Se han considerado todos los resultados importantes para tomar la decisión?	Sí			Los estudios incluidos analizaron tanto resultados intraindividuales (repetibilidad, estabilidad en diferentes momentos de tiempo) como interindividuales (diferencias entre sujetos, entre gemelos MZ y DZ, entre escaneos reflejados, etc.). Se valoraron los principales factores de heterogeneidad: tipo de escáner, técnica de escaneo, área del paladar, efecto de ortodoncia y comparación entre	8,9

			escaneos directos vs. indirectos. También se consideraron hallazgos que apoyan la <u>utilidad forense</u> (alta estabilidad intraindividual, buena diferenciación interindividual) y hallazgos que advierten <u>limitaciones</u> (mayor error en escaneos indirectos, variabilidad según el escáner, dificultades con reflejos y asimetrías palatinas). Por tanto, la síntesis incluyó los resultados relevantes necesarios para valorar la aplicabilidad forense de los modelos digitales 3D del paladar.	
10. ¿Los beneficios merecen la pena frente a los perjuicios y costes? Aunque no esté planteado explícitamente en la revisión, ¿qué opinas?	Sí		Una base de datos digital cuidadosamente estructurada, que integre la codificación de las rugas palatinas, la morfología del paladar, los patrones de duplicación o solapamiento y las medidas geométricas tridimensionales, constituye un recurso de gran potencial para la identificación forense. Respaldada por protocolos estandarizados, validación estadística rigurosa y un marco ético-legal sólido, esta herramienta puede convertir las características palatinas en evidencia forense objetiva, reproducible y cuantificable.	1,5

II.3 Proyecto de investigación

INFLUENCIA DE LA MORFOLOGÍA PALATINA EN LA EXACTITUD Y PRECISIÓN DEL ESCANEEO INTRAORAL DEL MAXILAR EDÉNTULO.

RESUMEN

Las investigaciones precedentes han evidenciado que las características morfológicas del paladar ejercen una influencia considerable sobre la calidad y confiabilidad de los registros digitales obtenidos mediante escaneo intraoral en maxilares edéntulos. De manera específica, los análisis realizados revelan que aquellas configuraciones palatinas caracterizadas por una profundidad intermedia, acompañadas de texturas rugosas naturales, proporcionan resultados superiores en cuanto a exactitud y reproducibilidad de los datos capturados.

Tales observaciones plantean la necesidad de que las líneas de investigación futuras, orientadas hacia el perfeccionamiento o evaluación de sistemas digitales odontológicos, con particular énfasis en dispositivos de captura intraoral, incorporen de manera prioritaria el estudio de las variantes anatómicas palatinas como factor determinante en la obtención de registros fidedignos.

La presente investigación se propone examinar cómo las variaciones en la textura rugosa palatina y los diferentes grados de profundidad impactan en el rendimiento diagnóstico en poblaciones de pacientes, con miras a extender su aplicabilidad hacia diversos contextos clínicos y demográficos. Este enfoque busca fortalecer la

confiabilidad y versatilidad de las plataformas de digitalización odontológica contemporáneas.

PALABRAS CLAVE

IMAGEN DIGITAL, ESCÁNERES, EXACTITUD, PRECISIÓN, RUGAS PALATINAS.

INTRODUCCIÓN

La tecnología digital ha transformado la odontología contemporánea, los escáneres intraorales (IOS) ofrecen ventajas notables frente a las impresiones convencionales. Entre sus beneficios destacan la reducción del tiempo clínico y de laboratorio^{1,2}, la mejora en la comunicación entre clínico, paciente y técnico dental^{3,4}, la posibilidad de flujos completamente digitales sin necesidad de modelos físicos^{5,6} y una mayor comodidad para los pacientes durante el procedimiento^{5,7,8}.

No obstante, la captura precisa de maxilares completamente edéntulos mediante IOS continúa siendo un desafío, debido a la ausencia de referencias dentales que faciliten el algoritmo de unión (stitching)⁹. Diversos autores han propuesto mejorar la exactitud mediante marcadores artificiales colocados sobre el paladar^{9,10}. Fang et al. recomendaron el uso de marcadores semiesféricos de resina compuesta¹¹, mientras que Lee propuso tiras de óxido de zinc-eugenol aplicadas sobre la mucosa palatina¹². Estudios recientes sugieren que determinadas zonas como las tuberosidades, la papila incisiva posterior y las regiones planas del paladar presentan menor gradiente de error y, por lo tanto, podrían ser idóneas para la colocación de dichos marcadores^{13,15,20}. Otros factores anatómicos y técnicos también influyen en la precisión del escaneo. El ancho de la bóveda palatina podría afectar negativamente la exactitud, mientras que su profundidad parece tener escasa influencia^{14,15}. Asimismo, la estrategia de escaneo¹⁶, el tipo de IOS¹⁷ y las condiciones lumínicas durante la captura¹⁸ pueden modificar los resultados. Sin embargo, la mayoría de estos estudios se realizaron en arcos con dientes presentes, los cuales actúan como marcadores anatómicos que podrían mejorar la precisión.

En el caso de maxilares completamente edéntulos, Osman et al. observaron que la profundidad palatina no afecta significativamente la precisión¹⁹. Por su parte, las rugas palatinas podrían desempeñar un papel dual: su morfología irregular puede reducir la exactitud métrica, pero al mismo tiempo proporcionar puntos anatómicos que mejoran el proceso de stitching en áreas sin referencias dentales²⁰. De hecho, en ortodoncia se utilizan como zonas de referencia estables para la superposición tridimensional de escaneos y el análisis de movimientos dentales^{21,23}.

Considerando lo anterior, es admisible que tanto la morfología palatina como la presencia de rugas influyan en la precisión del escaneo intraoral en pacientes edéntulos. Sin embargo, la literatura sigue siendo limitada respecto a la influencia de estas variables.

Por otro lado, la rehabilitación protésica removible mejora significativamente la calidad de vida de los pacientes edéntulos^{24,25} y continúa siendo una opción eficaz y accesible en salud pública^{26,27}. Las impresiones digitales, al reducir la incomodidad del paciente^{5,7,28} y optimizar los flujos clínicos, representan una alternativa de creciente interés, especialmente en una población de adultos mayores con alta demanda de dentaduras parciales y completas²⁹.

Por lo tanto, resulta clínicamente relevante evaluar si la profundidad palatina y la presencia de rugas afectan la precisión de los IOS en maxilares edéntulos. Se plantea, por lo tanto, ¿Cuál es la influencia de las diferentes morfologías palatinas en la exactitud y precisión del escaneo intraoral del maxilar edéntulo?

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la influencia de la morfología palatina (profundidad y rugas palatinas) sobre la exactitud y precisión del escaneo intraoral en maxilares edéntulos.

Objetivos Específicos

1. Determinar los valores de exactitud de los escaneos intraorales en maxilares edéntulos.
2. Determinar los valores de precisión de los escaneos intraorales en maxilares edéntulos.
3. Analizar el impacto de la presencia o ausencia de rugas palatinas en la exactitud y precisión de los escaneos intraorales.

METODOLOGÍA

Tipo y diseño de estudio

Descriptivo observacional transversal.

Población y Muestra

Pacientes que ingresen al servicio de rehabilitación Oral del Centro Dental Docente de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (CDD-UPCH), Lima Perú, 2026.

Para este estudio, se seleccionarán pacientes adultos con maxilares edéntulos, quienes presenten diversas morfologías palatinas (planas, medias y profundas), incluyendo casos con y sin rugas palatinas bien definidas. La selección seguirá criterios clínicos preestablecidos y se emitirá consentimiento informado.

En estudios clínicos sobre la exactitud y precisión de escaneos intraorales en pacientes reales, el tamaño de muestra ideal depende de varios factores, incluyendo la variabilidad esperada entre individuos, el diseño estadístico y la cantidad de grupos morfológicos a comparar. Se hará el cálculo del tamaño muestral utilizando el software G*Power.

Variables (Anexo 1).

Escaneo: Exactitud del escaneo y precisión del escaneo.

Morfología palatina: Profundidad del paladar, presencia de rugas.

Procedimientos y técnicas

Cada participante será sometido a escaneo intraoral utilizando un escáner intraoral de alta resolución (Trios 4, 3Shape, Copenhagen, Dinamarca), aplicando un protocolo estandarizado validado en la literatura, que asegura la captura de todas las áreas anatómicas relevantes. (Anexo 4). El procedimiento de escaneo incluirá la siguiente secuencia:

- Se escanea el borde superior de la cresta del arco edéntulo, comenzando desde la tuberosidad maxilar derecha.
- Se avanza longitudinalmente a lo largo de la cresta hasta llegar a la tuberosidad maxilar izquierda.
- Se continúa con el escaneo por la cara vestibular.
- El siguiente paso es escanear la bóveda palatina.
- El paladar se digitaliza inicialmente en sentido horario, recorriendo la bóveda hasta la tuberosidad maxilar izquierda.

- Finalmente, se realiza un movimiento longitudinal en dirección postero-anterior para cerrar el espacio a lo largo de la línea media del paladar.

A cada paladar se le realizarán diez escaneos independientes en una única sesión, bajo condiciones controladas de ambiente (temperatura, humedad y presión constantes), por un operador experimentado. Se realizará un calentamiento previo con el IOS y descansos programados entre escaneos para evitar sesgos operativos. Todos los archivos generados en formato STL serán almacenados y registrados bajo código anonimizado para respetar la privacidad de los pacientes.

Los datos digitales obtenidos de cada paciente serán superpuestos con el modelo digital de referencia generado a partir de un escaneo metrológico industrial 8Anexo6)de alta resolución del paladar real (previo a la inclusión en el estudio). Se emplearán softwares especializados (Meshlab, Geomagic Control X), (Anexo 6), para recortar superficies no relevantes y analizar la exactitud y precisión mediante la alineación inicial y de mejor ajuste ("best fit alignment"). Los parámetros se establecerán según rangos clínicamente aceptables para el análisis morfométrico.

Consideraciones éticas

El primer aspecto fundamental a considerar es asegurar que todos los pacientes firmen el consentimiento informado (Anexo 3) y que el estudio cuente con la aprobación previa del CIEUPCH. Este comité es responsable de establecer los procesos de autorización que garantizan la protección de los derechos, la seguridad, la dignidad y el bienestar de los sujetos involucrados en la investigación.

Plan de análisis

La exactitud se calculará como el promedio de las desviaciones estándar obtenidas al comparar cada escaneo con el modelo digital de referencia de cada paciente; la precisión se determinará como el promedio de desviaciones respecto al escaneo que presente la mejor exactitud dentro de cada grupo morfológico. Se generarán mapas de color para la evaluación visual de desplazamientos en las superficies superpuestas, diferenciando áreas según el nivel de desviación métrica (verde para mínima, rojo y azul para mayor discrepancia). (Anexo 5).

El tamaño de la muestra se determinará por análisis factorial y referencias a estudios previos similares, considerando criterios estadísticos (Kaiser-Meyer-Olkin y esfericidad de Bartlett). El análisis estadístico se realizará con software especializado (IBM SPSS v25), aplicando pruebas descriptivas y de comparación (ANOVA, Kruskal-Wallis, Dunn con Bonferroni), previa verificación de la normalidad y homogeneidad de los datos (Shapiro-Wilk, Levene). (Anexo 7).

Finalmente, se evaluará si existen diferencias significativas en la exactitud y precisión de los escaneos según la profundidad palatina y la presencia de rugas, permitiendo extrapolar los resultados a contextos clínicos más amplios.

PRESUPUESTO

1. Recursos humanos	
Investigador principal (honorarios)	S/0.00
Asistentes de investigación (2)	S/0.00
Personal clínico/operador de escáner	S/0.00
Estadístico/asesoría en análisis de datos	S/1500.00
2. Materiales y suministros	
Kits para limpieza y desinfección	S/200.00
Materiales descartables	S/200.00
Materiales de registro y almacenamiento de datos	S/200.00
3. Equipamiento	
Alquiler o uso de escáner intraoral (TRIOS 4 o equivalente)	S/1000.00
Computadora y software especializado (MeshLab, Geomagic Control X, software estadístico):	S/2500.00
Respaldo informático y almacenamiento digital	S/200.00
TOTAL	S/5800.00

CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	2026					
	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
Diseño y presentación del protocolo	X					
Aceptación del protocolo	X					
Selección de pacientes		X				
Escaneos		X				
Procesamiento de datos			X			
Análisis de los resultados				X		
Redacción del informe final					X	
Presentación de resultados						X

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Joda T, Lenherr P, Dedem P, Kovaltschuk I, Bragger U, Zitzmann NU. Time efficiency, difficulty, and operator's preference comparing digital and conventional implant impressions: a randomized controlled trial. Clin Oral Implants Res. 2017;28:1318–23. <https://doi.org/10.1111/clr.12982> PMID:27596805.
2. Goracci C, Franchi L, Vichi A, Ferrari M. Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impressions: a systematic review of the clinical evidence. Eur J Orthod. 2016;38:422–8. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjv077> PMID:26487391.
3. Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, Veronesi G, Mangano C, Mangano FG. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. BMC Oral Health. 2017;17:92. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0383-4>, PMID:28577366.
4. Lawson NC, Burgess JO. Clinicians reaping benefits of new concepts in impressioning. Compend Contin Educ Dent. 2015;36:152-3. PMID:25822643.
5. Zimmermann M, Mehl A, Mörmann WH, Reich S. Intraoral scanning systems - a current overview. Int J Comput Dent. 2015;18:101–29. PMID:26110925.
6. Marti AM, Harris BT, Metz MJ, Morton D, Scarfe WC, Metz CJ, et al. Comparison of digital scanning and polyvinyl siloxane impression techniques by dental students: instructional efficiency and attitudes towards technology. Eur J Dent Educ. 2017;21:200–5. <https://doi.org/10.1111/eje.12201> PMID:26960967.

7. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital versus conventional impressions in fixed prosthodontics: a review. *J Prosthodont.* 2018;27:35-41. <https://doi.org/10.1111/jopr.12527> PMID:27483210.
8. Lo Russo L, Salamini A. Single-arch digital removable complete denture: A workflow that starts from the intraoral scan. *J Prosthet Dent.* 2018;120:20-4. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.09.004> PMID:29195814.
9. Patzelt SBM, Vonau S, Stampf S, Att W. Assessing the feasibility and accuracy of digitizing edentulous jaws. *J Am Dent Assoc.* 2013;144:914-20. <https://doi.org/10.14219/jada.archive> 2013.0209 PMID:23904578.
10. Rutkūnas V, Gedrimienė A, Al-Haj Husain N, Pletkus J, Barauskis D, Jegelevičius D, et al. Effect of additional reference objects on accuracy of five intraoral scanners in partially and completely edentulous jaws: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2023;130:111-8. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.09.032>.
11. Fang JH, An X, Jeong SM, Choi BH. Digital intraoral scanning technique for edentulous jaws. *J Prosthet Dent.* 2018;119:733–5. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.05.008> PMID:28888413.
12. Lee JH. Improved digital impressions of edentulous areas. *J Prosthet Dent.* 2017;117:448–9. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.08.019> PMID:27881330.
13. Sorrentino R, Ruggiero G, Leone R, Ferrari M, Zarone F. Area accuracy gradient and artificial markers: a three-dimensional analysis of the accuracy of IOS scans on the completely edentulous upper jaw. *J Osseointegr.* 2021;13:S257–64. <https://doi.org/10.23805/JO.2021.13.S04.1>

14. Deferm JT, Schreurs R, Baan F, Bruggink R, Merckx MAW, Xi T, et al. Validation of 3D documentation of palatal soft tissue shape, color, and irregularity with intraoral scanning. *Clin Oral Investig*. 2018;22:1303–9. <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2198-8> PMID:28983706.
15. Gan N, Xiong Y, Jiao T. Accuracy of intraoral digital impressions for whole upper jaws, including full dentitions and palatal soft tissues. *PLoS One*. 2016;11:e0158800. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158800> PMID:27383409.
16. Zhongpeng Y, Tianmin X, Ruoping J. Deviations in palatal region between indirect and direct digital models: an in vivo study. *BMC Oral Health*. 2019;19:66. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0751-3> PMID:31029133.
17. Mennito AS, Evans ZP, Nash J, Bocklet C, Lauer Kelly A, Bacro T, et al. Evaluation of the trueness and precision of complete arch digital impressions on a human maxilla using seven different intraoral digital impression systems and a laboratory scanner. *J Esthet Restor Dent*. 2019;31:369–77. <https://doi.org/10.1111/jerd.12485> PMID:31058428.
18. Revilla-León M, Jiang P, Sadeghpour M, Piedra-Cascón W, Zandinejad A, Özcan M, et al. Intraoral digital scans—Part 1: influence of ambient scanning light conditions on the accuracy (trueness and precision) of different intraoral scanners. *J Prosthet Dent*. 2020;124:372–8. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.06.003>, PMID:31864638.
19. Osman R, Alharbi N. Does the palatal vault form have an influence on the scan time and accuracy of intraoral scans of completely edentulous arches? An in-

- vitro study. *J Adv Prosthodont.* 2022;14:294–304. <https://doi.org/10.4047/jap.2022.14.5.294>, PMID:36452365.
20. Zarone F, Ruggiero G, Ferrari M, Mangano F, Joda T, Sorrentino R. Comparison of different intraoral scanning techniques on the completely edentulous maxilla: an in vitro 3-dimensional comparative analysis. *J Prosthet Dent.* 2020;124:762.e1–8. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.07.017>, PMID:33289648.
 21. Choi DS, Jeong YM, Jang I, Jost-Brinkmann PG, Cha BK. Accuracy and reliability of palatal superimposition of three-dimensional digital models. *Angle Orthod.* 2010;80:685–91. <https://doi.org/10.2319/101309-569.1>, PMID:20482354
 22. Chen G, Chen S, Zhang XY, Jiang RP, Liu Y, Shi FH, et al. Stable region for maxillary dental cast superimposition in adults, studied with the aid of stable miniscrews. *Orthod Craniofac Res.* 2011;14:70–9. <https://doi.org/10.1111/j.1601-6343.2011.01510.x>, PMID:21457456
 23. Choi JI, Cha BK, Jost-Brinkmann PG, Choi DS, Jang IS. Validity of palatal superimposition of 3-dimensional digital models in cases treated with rapid maxillary expansion and maxillary protraction headgear. *Korean J Orthod.* 2012;42:235–41. <https://doi.org/10.4041/kjod.2012.42.5.235>, PMID:23173116
 24. de Medeiros A, Campos M, Costa R, de Melo L, Barbosa G, Carreiro A. Improvement in quality of life of elderly edentulous patients with new complete dentures: a systematic review. *Int J Prosthodont.* 2019;32:272–7. <https://doi.org/10.11607/ijp.6075>, PMID:31034544

25. Shrestha B, Basnet BB, Adhikari G. A questionnaire study on the impact on oral health-related quality of life by conventional rehabilitation of edentulous patient. *BDJ Open*. 2020;6:3. <https://doi.org/10.1038/s41405-020-0029-5>, PMID:32577306
26. Smith PB, Perry J, Elza W. Economic and clinical impact of digitally produced dentures. *J Prosthodont*. 2021;30:108–12. <https://doi.org/10.1111/jopr.13283>, PMID:33196143
27. Lo Russo L, Zhurakivska K, Guida L, Chochlidakis K, Troiano G, Ercoli C. Comparative cost-analysis for removable complete dentures fabricated with conventional, partial, and complete digital workflows. *J Prosthet Dent*. 2024;131:689–96. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.03.023>
28. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC Oral Health*. 2014;14:10. <https://doi.org/10.1186/1472-6831-14-10>, PMID:24479892
29. Felton DA. Complete edentulism and comorbid diseases: an update. *J Prosthodont*. 2016;25:5–20. <https://doi.org/10.1111/jopr.12350>, PMID:26371954
30. Johnson DL, Holt RA, Duncanson MG Jr. Contours of the edentulous palate. *J Am Dent Assoc*. 1986;113:35–40. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1986.0147>, PMID:3525644

III. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación se concluye:

1. Con relación al capítulo de docencia universitaria, del curso de especialidad, titulado “Precisión y reproducibilidad de los escáneres intraorales en la investigación forense mediante rugosidades palatinas: métodos avanzados para la identificación humana”, es que la asignatura brinda una sólida formación teórica para que el participante conozca y valore los principios científicos, técnicos y éticos de la rugoscopia palatina como método complementario de identificación humana. Además, permite desarrollar habilidades para aplicar este conocimiento en investigación clínica y forense, integrando enfoques tradicionales y digitales en Odontología Forense.
2. En el capítulo de análisis crítico de la literatura estomatológica, titulado: “Revisión sistemática sobre el uso del escaneo intraoral para la identificación humana basada en la morfología palatina” se concluye que, con el aprovechamiento de los escáneres intraorales para obtener registros digitales del paladar y las rugas palatinas, se tiene una opción útil en la identificación forense, considerando la singularidad y la durabilidad de estas características anatómicas. La gestión digital de estos datos, junto con la existencia de bases específicas en odontología, facilita su empleo como complemento de técnicas tradicionales como las pruebas genéticas o las impresiones dactilares, siendo especialmente relevante en la resolución de casos de múltiples víctimas. Con la revisión sistemática se busca potenciar las habilidades del investigador, mediante el análisis crítico de artículos científicos, empleando las herramientas más adecuadas para cada nivel de evidencia y perfeccionando así la calidad de

sus reportes escritos como PRISMA. También en el presente trabajo se empleó la herramienta CASPe, con el fin identificar y seleccionar la información científica más sólida para respaldar la toma de decisiones basadas en evidencia.

3. Con respecto al capítulo del proyecto de investigación, titulado. “Influencia de la morfología palatina en la exactitud y precisión del escaneo intraoral del maxilar edéntulo”, se propone examinar cómo las variaciones en la textura rugosa palatina y los diferentes grados de profundidad del paladar, afectan en el rendimiento diagnóstico de los instrumentos de digitalización. Este proyecto busca fortalecer la confiabilidad y versatilidad de las plataformas de digitalización odontológica contemporáneas. Será aplicado en pacientes atendidos en el Centro Dental Docente de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima Perú, 2026.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Joda T, Lenherr P, Dedem P, Kovaltschuk I, Bragger U, Zitzmann NU. Time efficiency, difficulty, and operator's preference comparing digital and conventional implant impressions: a randomized controlled trial. Clin Oral Implants Res. 2017;28:1318–23. <https://doi.org/10.1111/clr.12982> PMID:27596805.
2. Goracci C, Franchi L, Vichi A, Ferrari M. Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impressions: a systematic review of the clinical evidence. Eur J Orthod. 2016;38:422–8. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjv077> PMID:26487391.
3. Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, Veronesi G, Mangano C, Mangano FG. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. BMC Oral Health. 2017;17:92. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0383-4>, PMID:28577366.
4. Lawson NC, Burgess JO. Clinicians reaping benefits of new concepts in impressioning. Compend Contin Educ Dent. 2015;36:152-3. PMID:25822643.
5. Zimmermann M, Mehl A, Mörmann WH, Reich S. Intraoral scanning systems - a current overview. Int J Comput Dent. 2015;18:101–29. PMID:26110925.
6. Marti AM, Harris BT, Metz MJ, Morton D, Scarfe WC, Metz CJ, et al. Comparison of digital scanning and polyvinyl siloxane impression techniques by dental students: instructional efficiency and attitudes towards technology. Eur J Dent Educ. 2017;21:200–5. <https://doi.org/10.1111/eje.12201> PMID:26960967.

7. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital versus conventional impressions in fixed prosthodontics: a review. *J Prosthodont.* 2018;27:35-41. <https://doi.org/10.1111/jopr.12527> PMID:27483210.
8. Lo Russo L, Salamini A. Single-arch digital removable complete denture: A workflow that starts from the intraoral scan. *J Prosthet Dent.* 2018;120:20-4. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.09.004> PMID:29195814.
9. Patzelt SBM, Vonau S, Stampf S, Att W. Assessing the feasibility and accuracy of digitizing edentulous jaws. *J Am Dent Assoc.* 2013;144:914-20. <https://doi.org/10.14219/jada.archive> 2013.0209 PMID:23904578.
10. Rutkūnas V, Gedrimienė A, Al-Haj Husain N, Pletkus J, Barauskis D, Jegelevičius D, et al. Effect of additional reference objects on accuracy of five intraoral scanners in partially and completely edentulous jaws: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2023;130:111-8. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.09.032>.
11. Fang JH, An X, Jeong SM, Choi BH. Digital intraoral scanning technique for edentulous jaws. *J Prosthet Dent.* 2018;119:733–5. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.05.008> PMID:28888413.
12. Lee JH. Improved digital impressions of edentulous areas. *J Prosthet Dent.* 2017;117:448–9. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.08.019> PMID:27881330.
13. Sorrentino R, Ruggiero G, Leone R, Ferrari M, Zarone F. Area accuracy gradient and artificial markers: a three-dimensional analysis of the accuracy of IOS scans on the completely edentulous upper jaw. *J Osseointegr.* 2021;13:S257–64. <https://doi.org/10.23805/JO.2021.13.S04.1>

14. Deferm JT, Schreurs R, Baan F, Bruggink R, Merkx MAW, Xi T, et al. Validation of 3D documentation of palatal soft tissue shape, color, and irregularity with intraoral scanning. *Clin Oral Investig*. 2018;22:1303–9. <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2198-8> PMID:28983706.
15. Gan N, Xiong Y, Jiao T. Accuracy of intraoral digital impressions for whole upper jaws, including full dentitions and palatal soft tissues. *PLoS One*. 2016;11:e0158800. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158800> PMID:27383409.
16. Zhongpeng Y, Tianmin X, Ruoping J. Deviations in palatal region between indirect and direct digital models: an in vivo study. *BMC Oral Health*. 2019;19:66. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0751-3> PMID:31029133.
17. Mennito AS, Evans ZP, Nash J, Bocklet C, Lauer Kelly A, Bacro T, et al. Evaluation of the trueness and precision of complete arch digital impressions on a human maxilla using seven different intraoral digital impression systems and a laboratory scanner. *J Esthet Restor Dent*. 2019;31:369–77. <https://doi.org/10.1111/jerd.12485> PMID:31058428.
18. Revilla-León M, Jiang P, Sadeghpour M, Piedra-Cascón W, Zandinejad A, Özcan M, et al. Intraoral digital scans—Part 1: influence of ambient scanning light conditions on the accuracy (trueness and precision) of different intraoral scanners. *J Prosthet Dent*. 2020;124:372–8. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.06.003>, PMID:31864638.
19. Osman R, Alharbi N. Does the palatal vault form have an influence on the scan time and accuracy of intraoral scans of completely edentulous arches? An in-

- vitro study. *J Adv Prosthodont.* 2022;14:294–304. <https://doi.org/10.4047/jap.2022.14.5.294>, PMID:36452365.
20. Zarone F, Ruggiero G, Ferrari M, Mangano F, Joda T, Sorrentino R. Comparison of different intraoral scanning techniques on the completely edentulous maxilla: an in vitro 3-dimensional comparative analysis. *J Prosthet Dent.* 2020;124:762.e1–8. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.07.017>, PMID:33289648.
21. Choi DS, Jeong YM, Jang I, Jost-Brinkmann PG, Cha BK. Accuracy and reliability of palatal superimposition of three-dimensional digital models. *Angle Orthod.* 2010;80:685–91. <https://doi.org/10.2319/101309-569.1>, PMID:20482354
22. Chen G, Chen S, Zhang XY, Jiang RP, Liu Y, Shi FH, et al. Stable region for maxillary dental cast superimposition in adults, studied with the aid of stable miniscrews. *Orthod Craniofac Res.* 2011;14:70–9. <https://doi.org/10.1111/j.1601-6343.2011.01510.x>, PMID:21457456
23. Choi JI, Cha BK, Jost-Brinkmann PG, Choi DS, Jang IS. Validity of palatal superimposition of 3-dimensional digital models in cases treated with rapid maxillary expansion and maxillary protraction headgear. *Korean J Orthod.* 2012;42:235–41. <https://doi.org/10.4041/kjod.2012.42.5.235>, PMID:23173116
24. De Medeiros A, Campos M, Costa R, de Melo L, Barbosa G, Carreiro A. Improvement in quality of life of elderly edentulous patients with new complete dentures: a systematic review. *Int J Prosthodont.* 2019;32:272–7. <https://doi.org/10.11607/ijp.6075>, PMID:31034544

25. Shrestha B, Basnet BB, Adhikari G. A questionnaire study on the impact on oral health-related quality of life by conventional rehabilitation of edentulous patient. *BDJ Open*. 2020;6:3. <https://doi.org/10.1038/s41405-020-0029-5>, PMID:32577306
26. Smith PB, Perry J, Elza W. Economic and clinical impact of digitally produced dentures. *J Prosthodont*. 2021;30:108–12. <https://doi.org/10.1111/jopr.13283>, PMID:33196143
27. Lo Russo L, Zhurakivska K, Guida L, Chochlidakis K, Troiano G, Ercoli C. Comparative cost-analysis for removable complete dentures fabricated with conventional, partial, and complete digital workflows. *J Prosthet Dent*. 2024;131:689–96. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.03.023>
28. Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC Oral Health*. 2014;14:10. <https://doi.org/10.1186/1472-6831-14-10>, PMID:24479892
29. Felton DA. Complete edentulism and comorbid diseases: an update. *J Prosthodont*. 2016;25:5–20. <https://doi.org/10.1111/jopr.12350>, PMID:26371954
30. Johnson DL, Holt RA, Duncanson MG Jr. Contours of the edentulous palate. *J Am Dent Assoc*. 1986;113:35–40. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1986.0147>, PMID:3525644
31. Santhosh Kumar S, Chacko R, Kaur A, Ibrahim G, Ye D. A Systematic Review of the Use of Intraoral Scanning for Human Identification Based on Palatal

Morphology. *Diagnostics (Basel)*. 2024 Mar 1;14(5):531. doi:
10.3390/diagnostics14050531. PMID: 38473003; PMCID: PMC10930713.

IV. ANEXOS

ANEXO 1. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Dimensiones	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Tipo	Escala de medición	Valores y categorías
Escaneo.	Exactitud del escaneo.	Grado en que el resultado de la medición corresponde al valor real.	Se mide mediante superposición digital de escaneos, obteniendo desviación (μm).	Desviación media	Cuantitativo.	De razón.	Valores numéricos: μm (micrómetros).
	Precisión del escaneo.	Grado en que la el resultado de la medición se repite de manera consistente.	Se mide mediante superposición digital de escaneos, obteniendo desviación (μm).	Desviación estándar	Cuantitativo.	De razón.	Valores numéricos: μm (micrómetros).
Morfología palatina.	Profundidad del paladar. Superficie (con/sin rugas).	Forma del paladar que puede influir en la calidad del escaneo.	Clasificación de paladares: paladar plano, medio, profundo con rugas, sin rugas.	Tipo de paladar.	Cualitativo.	Ordinal Nominal.	Catégoricas (cualitativas).

ANEXO 2.

FICHA DE DATOS DEL PARTICIPANTE. ESTUDIO DE EXACTITUD Y PRECISIÓN – ESCÁNER INTRAORAL

Código del participante: _____

Datos generales

- Fecha de registro: _____
- Edad: _____ Sexo: ☐ M ☐ F
- Documento de identidad: _____
- Teléfono de contacto: _____
- Correo electrónico: _____

Datos clínicos

- Edentulismo: ☐ Parcial ☐ Total
- Tiempo de edentulismo: _____ años/meses
- Morfología palatina: ☐ Plana ☐ Media ☐ Profunda
- Presencia de rugas palatinas: ☐ Sí ☐ No
- Otras particularidades anatómicas:

- Historial médico relevante (enfermedades sistémicas, alergias, etc.):

- Fecha del escaneo: _____
- Operador responsable: _____

Consentimiento y validación

- Consentimiento informado firmado: ☐ Sí ☐ No
- Número de anexo de consentimiento: _____
- Aprobación Comité Ético (CIEUPCH): ☐ Sí ☐ No

Observaciones: _____

ANEXO 3. CONSENTIMIENTO INFORMADO

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVO OBSERVACIONAL TRANSVERSAL	
(Adultos)	
<i>Título del estudio:</i>	Influencia de la morfología palatina en la exactitud y precisión del escaneo intraoral del maxilar edéntulo.
<i>Investigador (a):</i>	Gino Aristi Montalván.
<i>Institución:</i>	Universidad Peruana Cayetano Heredia.

Declaración del investigador: Lo estamos invitando a participar en un estudio llamado: “Influencia de la morfología palatina en la exactitud y precisión del escaneo intraoral del maxilar edéntulo”. Este estudio consiste en la evaluación de la morfología palatina mediante el uso de escáners intraorales para determinar cómo influyen en la exactitud y precisión en maxilares edéntulos, desarrollado por investigadores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

Procedimientos: Si usted acepta participar en este estudio se le realizarán los siguientes procedimientos:

1. Se le tomarán imágenes digitales intraorales repetidas veces (hasta 10 tomas por cita).
2. Es posible el uso de anestésicos tópicos si no tiene tolerancia al contacto del escáner en el paladar posterior.
3. Todos los procedimientos serán fotografiados y grabados (audio/video) para el control de las técnicas de instrumentalización y como base de datos de los pacientes.

Riesgos: Este tipo de procedimientos es mínimamente invasivo. No será expuesto a ningún tipo de radiaciones o algún otro factor que pueda causar lesiones físicas.

Beneficios: Usted se beneficiará con una evaluación clínica y el registro de imágenes digitales. Los costos de todos los exámenes serán cubiertos por el estudio, éstos no le ocasionarán gasto alguno.

Costos y compensación: Usted no deberá pagar nada por participar en el estudio. Igualmente, usted recibirá una compensación económica de 50 soles por transporte y/o traslado.

Confidencialidad: La información y respuestas recolectadas mantendrán el anonimato de los participantes. Asimismo, si los datos llegaran a publicarse, no se expondrá información que permita la identificación de quienes completaron el cuestionario.

Derechos del participante:

Si decide participar en el estudio, puede retirarse de éste en cualquier momento, o no participar en una parte del estudio sin perjuicio alguno. Si tiene alguna duda adicional, por favor pregunte al personal del estudio o llame al (Dr. Gino Aristi o a la Dra. Kelly Achachao), a los teléfonos 999030748 / 993613222.

Si tiene preguntas sobre los aspectos éticos del estudio, o cree que ha sido tratado injustamente puede contactar al Dr. Manuel Raúl Pérez Martinot, presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Peruana Cayetano Heredia al teléfono 01-3190000 anexo 201355 o al correo electrónico: orvei.ciei@oficinas-upch.pe

Asimismo, puede ingresar a este enlace para comunicarse con el Comité Institucional de Ética en Investigación UPCH: <https://investigacion.cayetano.edu.pe/etica/ciei/consultasquejas>

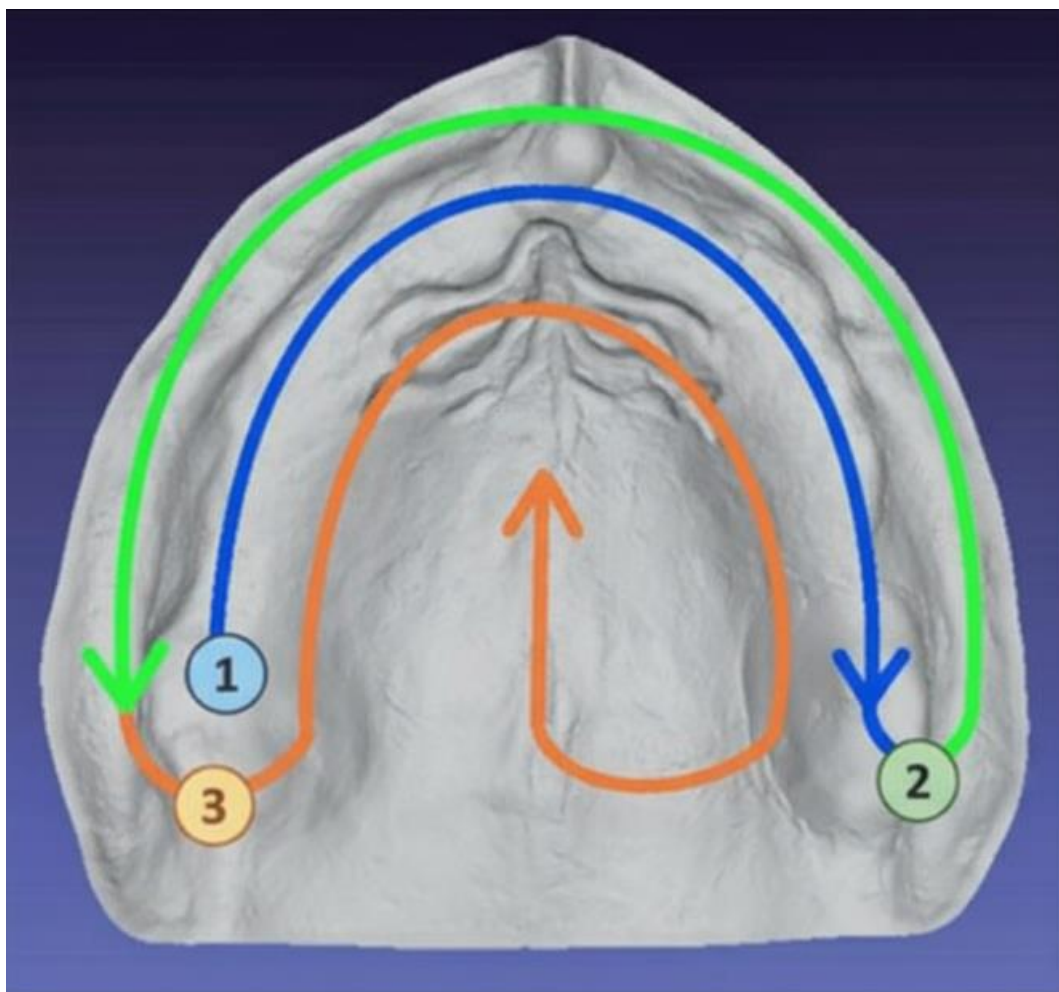
Una copia de este consentimiento informado le será entregada.

DECLARACIÓN Y/O CONSENTIMIENTO

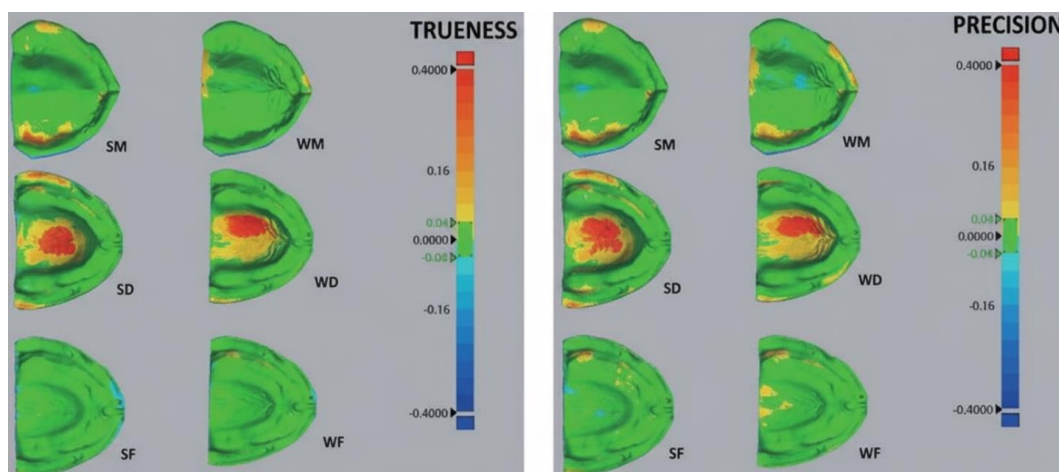
Acepto voluntariamente participar en este estudio, comprendo las actividades en las que participaré si decido ingresar al estudio, también entiendo que puedo decidir no participar y que puedo retirarme del estudio en cualquier momento.

Nombres y Apellidos Participante	Firma	Fecha y Hora
Nombres y Apellidos Testigo (si el participante es analfabeto	Firma	Fecha y Hora
Nombres y Apellidos Investigador	Firma	Fecha y Hora

ANEXO 4. SECUENCIA DEL ESCaneo DEL PALADAR



ANEXO 5. GRÁFICO DE EXACTITUD Y PRECISIÓN DE LOS ESCANEOS



ANEXO 6. TABLA DE SOFTWARES UTILIZADOS PARA PROCESAR IMÁGENES Y DATOS DE EXACTITUD Y PRECISIÓN. CONCEPTOS:

Aspecto	MeshLab	Geomagic Control X
Tipo de software	Gratuito (open source).	Comercial (licencia profesional).
Finalidad principal en odontología	Procesamiento y limpieza de modelos 3D obtenidos con escáneres intraorales o de laboratorio.	Análisis metrológico y control dimensional de modelos escaneados.
Aplicaciones principales	Eliminación de artefactos en escaneos intraorales. Recorte del modelo (paladar, arcada, rugas). Alineación de modelos para comparaciones (antes/después, intra/interindividual). Creación de mapas de desviación cualitativos.	Comparación precisa entre escaneos (exactitud y precisión). Evaluación cuantitativa de desviaciones punto a punto. Generación de mapas de color con valores numéricos de error. Reporte de resultados para publicaciones o control de calidad.
Tipo de análisis	Cualitativo – descriptivo (visualización de desviaciones, alineación básica).	Cuantitativo – metrológico (análisis estadístico, tolerancias geométricas).
Nivel de exactitud	Dependiente de la resolución de la malla; orientado a inspección visual.	Alta precisión submilimétrica; orientado a verificación dimensional.
Funciones relevantes para escáneres intraorales (IOS)	Importación de archivos STL/OBJ generados por IOS (TRIOS, iTero, Medit, Primescan, etc.). Limpieza del modelo de tejidos blandos o exceso de datos. Alineación de escaneos de diferentes sesiones o tipos de escáner.	Comparación entre distintos escáneres intraorales o técnicas (directa vs. indirecta). Evaluación de estabilidad morfológica palatina. Determinación de error promedio (RMS) entre modelos digitales.
Visualización 3D	Permite inspección libre de superficies y aplicación de color falso.	Visualización profesional con medición, secciones y mapas interactivos.
Reporte de resultados	Manual (capturas o exportación de imágenes).	Automático (informes PDF con valores, histogramas y desviaciones).
Ventajas en investigación odontológica	Ideal para procesamiento preliminar y alineación de modelos. Gratuito y fácil de implementar en estudios académicos. Soporta modelos complejos (paladar, arcadas, rugas).	Ofrece análisis reproducible y preciso. Facilita comparaciones entre métodos de escaneo. Genera documentación técnica estandarizada.

Aspecto	MeshLab	Geomagic Control X
Limitaciones	No permite análisis estadístico automatizado. No apto para control metrológico certificado.	Requiere licencia costosa y capacitación avanzada. Alto consumo de recursos informáticos.
Nivel de usuario recomendado	Investigadores y estudiantes (procesamiento básico y comparaciones visuales).	Profesionales y equipos de investigación (análisis cuantitativo de precisión y exactitud).

MeshLab

MeshLab es un software de código abierto diseñado para el procesamiento, edición y análisis de modelos tridimensionales obtenidos a partir de escaneos 3D. Permite limpiar, recortar, alinear y optimizar mallas digitales (por ejemplo, modelos palatinos o de arcadas dentarias) generadas por escáneres intraorales o de laboratorio.

En odontología digital, se utiliza principalmente para:

- Eliminar artefactos o ruido del escaneo.
- Alinear modelos de diferentes capturas o momentos (por ejemplo, antes y después de un tratamiento).
- Generar mapas de color que muestran visualmente las desviaciones entre modelos.
- Reducir tamaño de archivo sin perder detalle anatómico.

Por su carácter gratuito y versátil, MeshLab es una herramienta muy usada en investigación académica para el análisis morfológico cualitativo de estructuras intraorales, como el paladar o las rugas palatinas.

Geomagic Control X

Geomagic Control X es un software profesional de metrología e inspección tridimensional desarrollado por *3D Systems*. Está diseñado para comparar y analizar con alta precisión modelos digitales obtenidos mediante escáneres 3D, verificando desviaciones, errores de forma o cambios dimensionales.

En el ámbito odontológico, su aplicación se centra en:

- Evaluar la exactitud y precisión de escáneres intraorales.
- Comparar modelos digitales entre distintos dispositivos o técnicas (escaneo directo vs. indirecto).
- Generar mapas de desviación cuantitativos y reportes técnicos automáticos.
- Analizar estabilidad morfológica del paladar o de arcadas con fines forenses o de identificación.

El escaneo metrológico industrial

Es una técnica avanzada utilizada en ingeniería y ciencias biomédicas para obtener representaciones digitales extremadamente precisas de objetos físicos, como modelos anatómicos. En este contexto, el término "metrológico" implica el uso de métodos y equipos diseñados específicamente para mediciones dimensionales exactas, con tolerancias muy bajas de error.

A diferencia de los escáneres clínicos convencionales, que están optimizados para el trabajo diario en consultorios odontológicos, los escáneres industriales metrológicos emplean tecnologías sofisticadas como la luz estructurada o el láser 3D, permitiendo captar la superficie de un objeto con altísima resolución y reproducir fielmente cada detalle y micro-relieve. Estos dispositivos son herramientas estándar en laboratorios de ingeniería de precisión, en la industria para control de calidad, y en investigación científica para establecer patrones de referencia.

En los estudios sobre modelos palatinos, el escaneo metrológico industrial sirve para crear un modelo digital “patrón” o de referencia, contra el cual se pueden comparar otros escaneos y medir la fidelidad (exactitud y precisión) de los sistemas clínicos. Así, se garantiza que cualquier análisis digital se basa en datos de máxima fiabilidad, validando los resultados del estudio en términos cuantitativos y científicos.

ANEXO 7. TABLA DEL PLAN DE ANÁLISIS

Etapas / Objetivo	Prueba estadística	Tipo de prueba	Supuesto que evalúa o requiere	Criterio de decisión (p-valor)	Interpretación esperada
1. Describir los datos	Estadísticos descriptivos (media, desviación estándar, mediana, rango)	Descriptiva			Permite resumir y visualizar el comportamiento general de las variables <i>exactitud y precisión</i> .
2. Evaluar normalidad	Shapiro – Wilk	Paramétrica	Distribución normal de los datos	$p > 0,05 \rightarrow$ normalidad aceptada $p < 0,05 \rightarrow$ datos no normales	Define si se aplicarán pruebas paramétricas o no paramétricas.
3. Evaluar homogeneidad de varianzas	Levene	Paramétrica	Igualdad de varianzas entre grupos: homocedasticidad	$p > 0,05 \rightarrow$ varianzas homogéneas $p < 0,05 \rightarrow$ varianzas heterogéneas	Determina si puede emplearse ANOVA o si debe usarse una prueba alternativa.
4. Comparar grupos, si se cumple normalidad y homogeneidad.	ANOVA de un factor	Paramétrica	Normalidad y homogeneidad cumplidas	$p < 0,05 \rightarrow$ diferencias significativas entre medias	Evalúa si existen diferencias en la exactitud o precisión según la morfología palatina.
5. Comparar grupos (si no se cumplen los supuestos)	Kruskal–Wallis	No paramétrica	Sin necesidad de normalidad u homogeneidad	$p < 0,05 \rightarrow$ diferencias significativas entre medianas	Analiza diferencias entre grupos cuando los datos no siguen distribución normal.
6. Comparaciones múltiples post hoc	Dunn con corrección de Bonferroni	No paramétrica	Se aplica tras Kruskal–Wallis significativo	p ajustado $< 0,05 \rightarrow$ grupos con diferencias significativas	Identifica entre qué grupos específicos existen diferencias, ajustando por error tipo I.
7. Evaluar significancia y magnitud del efecto	p-valor e intervalos de confianza (95%) Tamaño del efecto (η^2 parcial o r)	Complementario		$p < 0,05 \rightarrow$ significancia estadística	Confirma la relevancia estadística y práctica de las diferencias observadas.

ANEXO 8. ARTÍCULO DEL ANÁLISIS CRÍTICO DE LA LITERATURA ESTOMATOLÓGICA.



diagnostics



Systematic Review

A Systematic Review of the Use of Intraoral Scanning for Human Identification Based on Palatal Morphology

Sanjana Santhosh Kumar ¹ , Rachel Chacko ², Amritpreet Kaur ¹, Gasser Ibrahim ¹ and Dongxia Ye ^{1,*}

¹ Eastman Institute for Oral Health, University of Rochester Medical Center, Rochester, NY 14620, USA; sanjana_santhoshkumar@urmc.rochester.edu (S.S.K.); amritpreet_kaur@urmc.rochester.edu (A.K.); gasser_ibrahim@urmc.rochester.edu (G.I.)

² Department of Health Promotion and Behavioral Sciences, University of Texas School of Public Health, Houston, TX 77030, USA; rachel.chacko@uth.tmc.edu

* Correspondence: dongxia_ye@urmc.rochester.edu

Abstract: A common application for intraoral scanners is the digitization of the morphology of teeth and palatal rugae. Palatal scans are most commonly required to fabricate complete dentures and immediate transitional dentures and serve as a reference point for assessing orthodontic results. However, they are also frequently included by accident, even though the main purpose of intraoral scanning is to reconstruct dentition using computer-aided manufacturing (CAM). The literature shows that the identification of disaster victims has frequently involved palatal rugae impressions. As the skull provides sound insulation, the rugae are resistant to heat, chemicals, and stress. Antemortem data might be difficult to find during a forensic inquiry, particularly in disaster victim identification cases. In contrast with DNA and fingerprints, there is a greater likelihood of having a dental record that contains palatal scans. With specialized software, the scans can be exported as open stereolithography (STL) files. Considering that a full case consumes up to about 100 MB of hard drive space, long-term storage should not be an issue compared to a plaster model. Additionally, dentists widely use online databases to exchange data for smile design, implant registration, and orthodontic purposes. This will produce a digital database that grows quickly and is readily usable for forensic investigations. The uniqueness of forensic features is frequently challenged; however, palatal morphology's unique trait could make it possible as it is characteristic of individuals as well as the most distinguishing factor. This review will highlight how rugae, palatal morphology, mirroring, superimposition, and geometrics can serve in forensic identification.

Keywords: intraoral scanning; palate; rugae; forensics; human identification



Citation: Santhosh Kumar, S.; Chacko, R.; Kaur, A.; Ibrahim, G.; Ye, D. A Systematic Review of the Use of Intraoral Scanning for Human Identification Based on Palatal Morphology. *Diagnostics* **2024**, *14*, 531. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14050531>

Academic Editor: Dimitris Tasis

Received: 28 January 2024

Revised: 26 February 2024

Accepted: 28 February 2024

Published: 1 March 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

patterns are referred to as palatal rugoscopy, and they have recorded that palatal rugae are highly consistent in shape throughout aging and are unique to individuals [8]. This inherent uniqueness underscores the significance of palatal rugae in forensic odontology. Numerous studies have documented the stability of palatal rugae, thereby establishing their potential as a valuable tool for forensic identification [9–11]. Furthermore, evidence suggests that the distinctiveness of the palatal rugae aids in racial profiling as their patterns exhibit specificity to racial groups. Additionally, they contribute to sex identification, enhancing their role in forensic investigations [12]. The palatal rugae remains the most extensively studied anatomical structure of the palate for human identification.

Besides the palatal rugae, the palate consists of important landmarks, including the incisive canal, the greater palatine foramen, and the lesser palatine foramen [13,14]. The domain of dentition also plays a predominant role in identification purposes, as teeth are resistant to extreme temperatures and decomposition [15].

Recent advancements in the use of IOS have gained much relevance in recent years, and they aid in capturing the entire dental arch, thus simplifying palatal scans. Intraoral scanners are 3D measuring medical devices capable of holistically capturing the dental arch, thereby producing 3D models of the entire dental arch, including the hard and soft tissue of the oral cavity [16]. Intraoral scanners are designed primarily to digitize dental structures and incidentally capture palatal morphology during routine clinical examinations. However, they are not customarily integrated into the planned examination routine for chief complaints. Studies have shown that the geometrics of the palate have some potential to provide individual characteristics of the human palate, thereby showcasing its usefulness as a screening tool in the human identification process [17,18]. Evidence suggests that IOS are considered reliable in the analysis of dental arch length and have been proven valid in assessing precision in *in vivo* studies [19]. Morphological distinctions within the hard palate hold significance in the fields of forensic medicine, anthropology, anatomy, and scientific disciplines dedicated to exploring evolutionary development and population variations. Finally, IOSs could confirm, identify, and rule out false-positive situations by comparing the morphology of two palatal scans superimposed on one another [17].

As we delve into the existing body of literature, critical evaluation of available research will provide a comprehensive overview of the current state of knowledge, identify gaps in the literature, and suggest possibilities for future research in this upcoming field. As forensic odontology continues to evolve, the utilization of 3D intraoral scanners stands as a promising tool for advancing our understanding of palatal morphology and its significance in the process of human identification.

1.2. Objectives

This systematic review aims to address the technical capabilities of 3D intraoral scanners, their potential applications in forensic odontology, and their accuracy in capturing palatal morphological data in establishing individual identity.

2. Methods

2.1. Protocol and Registration

The Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) guidelines were followed in the conduct of this systematic review [20], and it was submitted to PROSPERO and registered under the ID CRD4202451406. The checklist of the PRISMA guidelines is presented in Supplementary File S1.

2.2. Search Process

The search was conducted between December 2023 and January 2024 in the databases PubMed, Embase, Web of Science, Dentistry and Oral Sciences, and Google Scholar. A set of keywords and MeSH/Emtree terms about intraoral scans, palate, and forensics were incorporated into the search. The Boolean operators AND and OR were utilized to combine

the search phrases. The search procedure was modified slightly to fit each database. Each database's specific search methodology is described in Supplementary File S2.

2.3. Eligibility Criteria

In this systematic review, studies with primary data on intraoral scanning of the palate evaluated for human identity or forensics were considered, with no restrictions on published language, with a longitudinal or cross-sectional design.

If the articles did not measure palatal changes, utilized cast models, evaluated scans from cadavers, or used scanners other than an intraoral scanner, they were eliminated. Exclusion criteria also applied to case reports or case series, conference papers, letters to the editor, reviews, meta-analyses, opinion pieces, and study procedures that did not present original data.

2.4. Study Selection

After the search was completed, duplicates were eliminated, and relevant articles were identified from the titles and abstracts. The inclusion and exclusion criteria suggested for this systematic review were taken into consideration while reading the entire text to ascertain eligibility. Two independent researchers (S.S. and R.C.) carried out the systematic search, study selection, and data extraction. A third researcher (D.Y.) addressed any uncertainties or differences.

2.5. Data Extraction

Information about the authors of the studies, the sample characteristics, the number of subjects, the type of intraoral scanner used, the time points of scanning, the area of the palate scanned, the type of software used, comparison groups, and the results of statistical analyses were extracted for each included study.

2.6. Quality Assessment

Two reviewers, S.S. and R.C., evaluated the quality of the included papers using the Critical Appraisal Skills Programme (CASP)—cohort study checklist, a method designed to evaluate the possibility of bias in the outcomes of cohort studies that report on the accuracy of palatal morphological stability for use in forensics. The outcomes of the included studies were assessed using twelve points divided into three main categories—are the results of the study valid? (Section A); what are the results? (Section B); and will the results help locally? (Section C). Whenever there was a disagreement, D.Y., the third reviewer, was consulted until consensus was reached.

3. Results

3.1. Literature Search

Our preliminary search yielded 42 records in total. Following the elimination of duplicates, 28 studies remained. After titles and abstracts were screened, seven articles were disqualified. A total of 14 full-text articles were eliminated because they failed to meet the inclusion or exclusion criteria. Finally, seven studies were included in the current systematic review. The detailed search process and exclusion criteria can be found in Figure 1.

3.2. Quality Assessment

The methodological quality of the included studies is summarized in Supplementary File S3. Although only three studies evaluated scans at different time points, all included studies measured the outcomes accurately, thus emphasizing the reliability of 3D palatal scans for human identification.

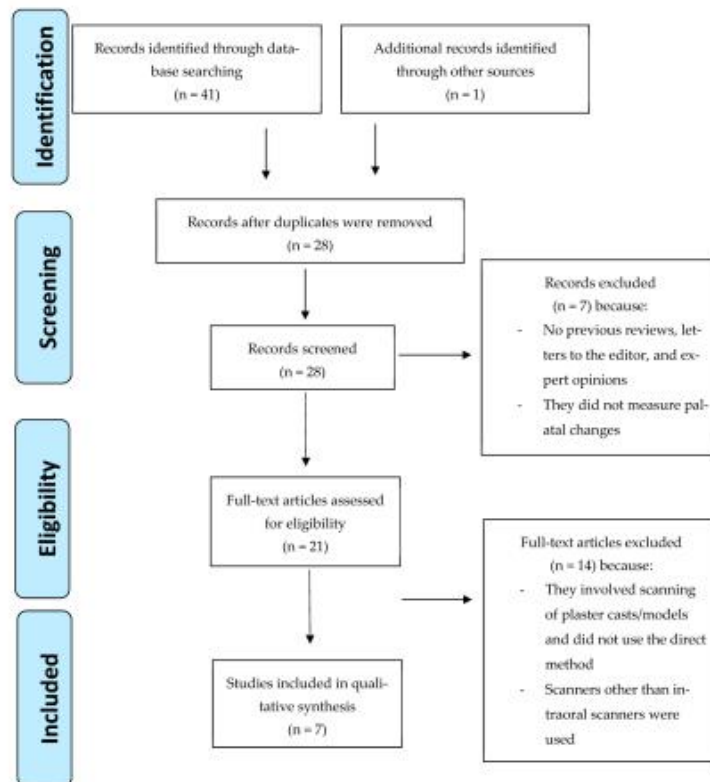


Figure 1. A flow diagram of the search strategy conducted (PRISMA flow of study selection process).

3.3. Study Characteristics

In all included studies, the number of participants ranged between 3 to 199 [17,21–26]. Only two studies reported the gender of the participants [23,24] and one reported the type of scanning pattern they followed [17]. Since the scanning pattern has a major impact on the speed and precision of digital impressions [27], Yang et al. suggest that the palatal side of the posterior teeth is where the initial scan should start for palatal scanning. The full palatal scan should be completed together with the arch [28]. The sample type was not reported in two of the seven included studies. Emerald, iTero, and Sirona IOSs were majorly used in all included studies [24,25]. Three studies [21,24,25] included the time points of when scans were taken, whereas all seven studies reported the type of software they used to store the scans [17,21–26] (Table 1).

Table 1. General characteristics of the included articles.

Literature	Type of Study	Sample Size	Age (Years)/Gender M:F	Sample Type	Type of IOS	Time Points of Scan	Scanning Technique	Type of File/Software Used to Export	Statistical Analysis
Taneva et al. (2015) [21]	Pilot study	20	12–18 years/NA	Adolescents	OrthoCAD (Align Technology, Inc., San Jose, CA, USA), Ortho Insight 3D TM laser scanner (Motion View Software, LLC, Chattanooga, TN, USA), and Tero [®] Intra Oral Digital Scanner (Align Technology, Inc., San Jose, CA, USA)	Initial scan—before ortho treatment; second scan—during ortho treatment; roughly 20–24 months apart	NR	Stereolithography binary file format (*.stl)/Geomagic [®] Software (Geomagic [®] , Research Triangle Park, NC, USA).	Descriptive and comparative statistics were performed using SPSS 20.0 (Chicago, IL, USA)
Simon et al. (2021) [22]	Pilot study	3	17, 22, 26 years/NA	Monozygotic twins	Emerald intraoral scanner (Planmeca, Helsinki, Finland, software version: Romexis 5.2.1)	NR	NR	NA/GOM Inspect software (GOM GmbH, Germany)	Generalized linear mixed method using SPSS (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 27.0., USA)
Simon et al. (2022) [17]	Cohort study	176	NA	61 monozygotic twin pairs and 27 dizygotic twin pairs	Emerald [®] intraoral scanner with ROMEXIS [®] PlanCAD Easy software (version 5.2.1, Planmeca Oy, Helsinki, Finland).	NR	Standard scanning pattern	NA/GOM Inspect [®] 3D mesh processing software (Suite 2020, GOM GmbH, Braunschweig, Germany, Meshmixer—(version 3.5, Autodesk Inc., San Rafael, CA, U.S.A.)	Mean absolute deviation (MAD), linear discriminant analysis (LDA), and Bayesian theorem
Simon et al. (2020) [23]	Cohort study	201	17–74 years/54M:147F	64 monozygotic twins, 33 same-sex dizygotic twins, and 7 opposite-sex dizygotic twins	Emerald [®] intraoral scanner (Planmeca Oy, Helsinki, Finland, software version Romexis 5.2.1)	Scanned thrice at the same time: R1, R2, and R3	Zig-zag scanning pattern (starting from the incisive papilla and finishing at the border of the hard and soft palate)	Stereolithography binary file format (*.stl)/GOM Inspect [®] inspection software (GOM GmbH, Braunschweig, Germany)	Generalized linear mixed model with gamma-distribution and log-link function

Table 1. Cont.

Literature	Type of Study	Sample Size	Age (Years)/Gender M:F	Sample Type	Type of IOS	Time Points of Scan	Scanning Technique	Type of File/Software Used to Export	Statistical Analysis
Bjelopavlovic et al. (2023) [24]	Longitudinal cohort study	105	19–38 years/37 M:68F	NR	Omnica SIRONA [®]	Initial scan; second scan: 3 months later	NR	Stereolithography binary file format (*.stl)/Cloud Compare (v. 2.12.0)	STATA 17 (STATACORP 2022, Revision 10) using a <i>t</i> -test
Mikoliz et al. (2023) [25]	Retrospective cohort study	40	18–32 years/NA	NR	Emerald intraoral scanner (software version 5.2.1, Planmeca, Helsinki, Finland) IOSs Emerald S (software version 5.1.3.7, Dentply Sirona, Charlotte, North Carolina, USA)	Initial scan: 2019; second scan: 2021	NR	NA/GOM Inspect [®] engineering analysis software (Suite 2020, GOM GmbH, Braunschweig, Germany)	Mean absolute deviation (MAD) was evaluated using a generalized linear mixed model using gamma distribution with a log link function and the Kruskal–Wallis non-parametric test [SPSS version 28 (IBM)]
Simon et al. (2023) [26]	Cohort study	174	NR	61 monozygotic twin pairs and 26 dizygotic twin pairs	Planmeca Emerald (Planmeca Oy, Helsinki, Finland, version number Romexis 5.2.1)	NR	NR	GOM Inspect Suite software (GOM GmbH, Braunschweig, Germany)	Wilcoxon test

NR—not reported; NA—not applicable.

3.4. Synthesis of the Results

3.4.1. Outcome of Comparison Groups in the Included Articles

Comparison between direct and indirect scans of the palate was carried out in two studies [21,25], whereas the other five studies compared palatal morphology, dentition, and mirrored and superimposed scans [17,22–24,26]. The deviation in the morphology of the palate was noted to be high in indirect scans, truncating its reproducibility compared to IOSs [25]. The same study also found that the same scan produced from different types of scanners could also lead to reduced repeatability of palatal morphology. Simon et al. in three of his studies reported that intra scans of twins had significantly fewer differences compared to inter scans between them [17,23,26]. Detailed results of the comparisons can be found in Table 2.

3.4.2. Main Study Outcomes of the Included Articles

All seven included articles reported no significant intra-scan changes or deviations. Scans of different participants were compared with each other in five studies [21–26]. All of the articles reported no statistically significant mean difference between scans of the same participants at different time points, suggesting that 3D digital models from IOSs are a highly valuable tool for human identification. On the other hand, six articles highlight the distinctiveness of the palate in forensics, by showing a significantly higher variance in palatal morphology when scans of various people were compared with one another [21–26]. Table 3 discusses the main study outcomes in detail.

Table 2. Outcome of comparison groups in the included articles.

Literature	Area of the Palate Scanned	Covariate	Comparison Groups	Outcome of Comparison
Taneva et al. (2015) [21]	Posterior point of the IP, and the most medial and lateral endpoints (12 nos) of the palatal rugae	Orthodontic management (no significant difference)	Comparison between ortho insight 3D TM plaster model scans (Motion View Software, LLC, Chattanooga, TN, USA) and iTero [®] intraoral scans (Align Technology, Inc., San Jose, CA, USA)	All 2D variables had statistically significant differences, indicating that 2D images and linear measurements are not useful for human verification
Simon et al. (2021) [22]	Palatal surface	Not present	Comparison of palatal deviation with teeth deviation between siblings	The palatal deviation between siblings was 3–4 times higher (0.393 ± 0.079 mm, $p < 0.001$) than the teeth deviation
Simon et al. (2022) [17]	Palatal width, height, and depth (occlusal first and S-shaped)	Not present	Comparison between original and smoothed scans	The intra-twin original scans were not statistically significant from smoothed scans in both M.Z.T. and D.Z.T., $p = 0.06$, and $p = 0.28$
Simon et al. (2020) [23]	Palatal surface superimposition	Not present	Comparison of intra-twin deviation between M.Z.T and D.Z.T.	Intra-twin deviation of monozygotic twins (406 ± 15 μ m) was significantly lower than that of dizygotic twins (594 ± 53 μ m) $p < 0.01$
Bjelopavlovic et al. (2023) [24]	Palatal rugae pairs	Not present	Comparison between inter- and intraindividual differences of palatal rugae pairs	The intraindividual differences were highly significantly lower than the interindividual differences ($p < 0.0001$)
Mikolicz et al. (2023) [25]	Anterior part of the palate	Orthodontic management (no significant difference)	Comparison between (a) different IOs and (b) IOs with physical impressions and stone casts	(a) The higher deviation of forensic reproducibility compared with technical reproducibility and repeatability was caused by differences in the scanners; (b) the forensic and technical reproducibility of IOs was $38\text{--}40$ μ m and 3–4 times higher than the physical impression
Simon et al. (2023) [26]	Palatal surface mirroring	Orthodontic management (recorded but not measured)	Comparison between monozygotic and dizygotic original and mirrored scans	Significant difference between palatal surfaces of monozygotic and dizygotic original and mirrored scans, $p < 0.001$

IOS—intraoral scanner; M.Z.T—monozygotic twins; D.Z.T—dizygotic twins; 2D—two-dimensional; 3D—three-dimensional.

Table 3. Main Outcome of the included articles.

Literature	Interscan Changes	Intrascan Changes	Overall Outcome
Taneva et al. (2015) [21]	No significant mean difference between 13 3D landmarks; $p > 0.05$	No significant mean difference between 12 3D landmarks; $p > 0.05$, except for the posterior point of the IP $p < 0.05$	Three-dimensional landmarks help with the matching process; hence, 3D digital models are a highly effective tool in evaluating different palatal rugae patterns with accurate landmark identification
Simon et al. (2021) [22]	The mean absolute deviation of the palates of non-relatives was significantly higher (1.061 ± 0.314 mm, $p < 0.001$)	Palatal deviation was significantly lower than non-relatives ($p < 0.001$)	Palatal uniqueness in 3D digital palatal model could serve as a highly reliable tool for human identification
Simon et al. (2022) [17]	NR	Geometrical comparison of intrascans resulted in 91.2% sensitivity and 97.8% specificity	Three-dimensional data containing only palatal height, width, and depth without surface morphology could assist with human identification
Simon et al. (2020) [23]	Superimposition of scans of two siblings had a higher deviation value	Superimposition of two scans of the same subject had smaller deviation values	Monozygotic twin siblings are highly distinguishable from one another and may represent individuality for the entire human community
Bjelopavlovic et al. (2023) [24]	Scans of randomly matched pairs had larger variance and precision difference greater than 300 μ m from the mean	All repeated scans of one participant had precision values less than 300 μ m around the mean	Palatal fold pairs do not differ at different lifetime points and are highly individual specific and differ significantly from individual to individual
Mikolicz et al. (2023) [25]	The precision value of scans between siblings (239 μ m) was much greater than the highest forensic reproducibility value (141 μ m)	The anterior palatal area showed significantly better repeatability and forensic reproducibility than the whole palate ($p < 0.001$)	The anterior area of the palate is a good candidate for identification purpose, owing to its inclusion in antemortem scans and its good reproducibility
Simon et al. (2023) [26]	In 22–27% of the twins, the difference between scans decreased after mirroring, suggesting that these twins have a contralateral similarity	The mirroring of the replicated scans increased the surface difference between the original and mirrored one by 7–9 folds, suggesting a significant asymmetry of the palate	(a) The between-sibling values were much higher than the between-replicate ones, indicating that an intraoral scanner is reliable for distinguishing persons. (b) The discrepancy between mirrored and non-mirrored scans indicates that if the contralateral side is available, the accuracy of the palatal scan-based identification process could be challenging

NR—not reported; IP—invasive papilla; 3D—three-dimensional.

4. Discussion

To facilitate fast and precise identification, the discipline of forensic odontology is now using digital images of teeth; IOSs will raise the value of using digital images [29]. In this study, we broadly chose studies that emphasized the use of intraoral palatal scans for human identification purposes [17,21–26]. These studies describe the significance and stability of palatal rugae, and the geometry, mirroring, and specific 3D landmarks of the palate for their use in forensics. In two of the seven articles, orthodontic therapy did not affect the palate's morphology [21,25]. Several studies also confirm this factor [2,30–32]. There is controversy in the change in position of the incisive papilla in orthodontically treated patients to use it as a reliable landmark for forensics [21,33–35].

Taneva et al. were the first to utilize a three-dimensional way of evaluating the rugae pattern to identify individuals [21]. Using digitalized alginate imprints, plaster models, and direct intraoral scans, they examined the 2D (measured on sections) and 3D deviation of the medial and lateral extremities of the rugae. Their research indicates that compared to the 2D method, the 3D method is more trustworthy for human identification [21].

Previous literature has demonstrated that palatal dimensions, arch depth, morphology, incisive papilla size, and palatal rugae could be indicative of sexual dimorphism in serving as sex predictors (gender-specific) [36–38]. In Negishi et al.'s study, a moderate to high genetic contribution was found to influence palatal morphology, with the posterior palate having a greater genetic contribution to height than the anterior [39]. Botton et al. showed that palatal geometry evaluated on an intraoral scan may identify victims and people with moderate certainty, even allowing for the distinction of identical twins and strangers [17]. Once potential matches have been chosen, their identity can be verified with one more palatal scan superimposition [22,30]. If there is low variation between two scans, it could be quite useful to make a mirrored alignment between them in a forensic inquiry [26]. In addition to helping locate the victim's family, the mirroring technique can verify a potential twinning relationship [26]. Four of the seven included studies in this review reported no statistically significant deviation in palatal morphology between scans of siblings, making the palate more individual-specific [17,22,23,26].

A previous study suggested that in palatal side-to-side asymmetry, there may be a relatively small (0.3–0.4 mm) difference in their sizes between the left and right sides measured in the horizontal plane [30]. The major limitation of dental records could be that dentists may sometimes focus on quadrant rehabilitation, limiting the scan to only one palate side. In cases of severe accidents, half of the victim's palate could become damaged. Simon et al. suggest that, if the contralateral side is available in the antemortem or postmortem database, the degree of the mismatch between mirrored and non-mirrored counterparts could be huge. This would make the accuracy of the palatal scan-based identification method possibly challenging or impossible [26]. In another study, the same author noted an interesting fact that despite having nearly identical DNA, the MZ twins' palate morphology reveals discrepancies, suggesting that the reproducibility of palatal intra-oral scanning could be helpful in forensic odontology [23].

4.1. Palatal Scans Using Different IOSs

Different types of intraoral scanners are available, like the iTERO Element 5D plus, CEREC Primescan, Medit 1700, Omnicam, Dextis IS 3700, Trios 3, and 3Shape Trios 5 Wireless [40–43]. Overall, the highest precision outcomes were seen with iTero5D, Medit i700, and Omnicam [40]. In another study, the authors reported that deviations in trueness and precision between these scanners would not be clinically relevant since the recorded accuracy values were of clinical acceptability. The iTERO Element 5D plus is the fifth generation of the series. It is known to be incredibly fast in recording the entire arch within 30 s [44]. Its impressive software capabilities are that it can simultaneously record 3D, intraoral color, and near-infra-red images (NIRI). The NIRI serves as a caries-detecting technology. One of its drawbacks can be the size of the wand, which is large and can affect maneuverability and comfort. The CEREC Primescan has similar characteristics but could be a bit costlier [44]. On the other hand, the Medit 1700 is

an affordable scanner while also being user-friendly. However, its drawback is that it lacks CAD/CAM software and does not facilitate the purpose of same-day dentistry as it requires third-party mills and software [45]. It does not have caries-detecting software nor are its scans accepted for Invisalign purposes. The Trios 5 is a recent introduction to the market, with modifications made to its size for better comfort and maneuverability, and it operates wirelessly [1]. Comparative studies of these scanners have evaluated the precision of these scanners and have discussed the fact that the TRIOS 3 showed higher precision in regard to the recording of the palate and dental arch [43]. In another study, several IOSs were used to scan the maxilla of an edentulous cadaver: iTero Element 2 (Align technologies), Cerec Primescan (Densply Sirona), Trios 4 (3Shape), Trios 3 (3Shape), and Medit i500 (Medit). Out of all of the scanners, the palatal scan taken using Medit i500 exhibited a significantly lower trueness. However, the authors mentioned that the amplitude of trueness and precision deviations from all scanners were still below the threshold level, therefore rendering no clinical significance [46]. Also, between CS3600 and TRIOS3, palatal area scans when superimposed showed no significant difference [43].

4.2. Influence of Scanning Technique

The impact of the operator's experience on scan accuracy and operating time indicates that shorter scanning times and the operator's expertise increase the accuracy of a digital scan [47–49]. There is abundant literature on the scanning technique for edentulous arches [50–53]. Since edentulous arch impressions are mainly used for the fabrication of complete dentures, these involve scanning of the palate in its entirety; studies that measured the accuracy of the scanning technique of intraoral maxillary edentulous scans were reviewed for discussion. Zarone et al. scanned typodonts with and without rugae using three different scanning techniques: buccopalatal, palatobuccal, and s-shaped technique. They discovered that the mean values for trueness and precision for the buccopalatal technique—moving counterclockwise along the palatal vault and then longitudinally in the posteroanterior direction—displayed greater mean values for trueness and precision than the palatobuccal technique [52]. Additionally, it has been reported that an S-shaped scan, which begins at the left maxillary tuberosity and moves the scanner tip in an S-shaped pattern along the ridge to alternate between the palatobuccal and buccopalatal areas, is advised to minimize errors. This ensures that there is sufficient overlap with previously scanned areas [50]. For our study, in Figure 2, we used the “S”-shaped scanning technique to cover the dentition and zig-zag pattern [23] to scan the palate of our volunteer. Jung et al. evaluated the IOS accuracy of the maxillary and mandibular arches' supporting tissues. The authors proposed that using a scanner with specially designed tips for soft tissue targeting could yield better outcomes [54].



Figure 2. The representative intraoral scan was acquired from a volunteer subject with an iTero scanner, started by a “S” movement on dentition (white arrow) and a zig-zag movement from the incisive papilla and finished at the border of the hard and soft palate (red arrow) (a). Teeth were removed from the scan, and only the palatal area was kept; the STL file was generated (b). The most common 2D and 3D reference landmarks were demonstrated, such as RM: a point at the gingiva of the right first molar, LM: a point at the gingiva of the left first molar, IP: the most anterior point of the incisive papilla, CP: the central point, width: the distance between the RM and LM, and depth: the distance between the IP and CP (c).

4.3. Stability of the Palatal Area in Forensics

The palate has been observed to exhibit resilience against adverse thermal conditions in survivors of burn injuries. Studies and observations indicate that the palate shows significant resistance to heat-related damage [55,56]. The stability and significance of palatal morphology in forensic odontology have been well-documented in various studies. Comparisons of palatal rugae with fingerprints is a widely accepted method in human identification, further emphasizing the robustness of palatal morphology in this context [55,57]. Another relevant finding establishes the suitability of palatal rugae as reference landmarks for longitudinal study [58]. They have not shown significant changes during short observation studies involving cast analysis of transverse and anterior–posterior planes [58]. Moreover, advancements in technology such as the use of intraoral scanners have expanded the scope of studying palatal rugae, thereby enhancing the efficiency and accuracy of human identification processes. Intraoral 3D scans of the palate have proven to establish good morphological reproducibility rates when compared to cast models, even though in real-life scenarios the palate could be subject to change. However, since these changes are not significant statistically, palatal morphology is considered important in forensic odontology [25]. The palate, however, is subjected to change post orthodontic treatment. Although these changes lack statistical significance, there are documented instances of alterations that could affect stability. However, the third rugae is suggested as a stable and reliable reference point even in post-orthodontic treatment cases [59,60]. Another study compares maxillary dimensional alterations in adults with a cleft lip and palate at two treatment phases: one after orthodontic treatment and the other after implant-supported prosthesis delivery. The comparison establishes dimensional changes in the arch post-treatment [61]. Hence, the palate serves as a reliable and stable reference point in forensic science, with some considerations in palatal expansion cases [60].

4.4. Reliability of IOSs Compared to Dental Cast Models

Several studies have investigated the accuracy of intraoral scans, which encompasses two parameters, namely ‘trueness’ and ‘precision’ [62–64]. Intraoral scanners can create an imprint of the oral cavity that is as near to its original shape as possible, free from distortion or deformation [43]. Prior research examined trueness and precision using models created by stone casts and traditional impressions [28,65]. When comparing dental cast models and IOSs, overall, there was only a slightly higher discrepancy in the cast models, making it on par with IOSs [66]. This is possible mostly when custom trays instead of stock trays are used. Nevertheless, this may not be ideal, particularly in the case of palatal structures, where the original anatomy may be altered by soft-tissue surface pressure points created during the traditional impressions [25,43]. When comparing conventional impressions with intraoral scanning of a cleft palate, Okazaki et al. discovered that a 3D printer model was safe because there was more tissue displaced in the conventional impression due to pressure applied during impression taking [67]. Table 4 below highlights the difference between palatal scans of direct (IOS) and indirect (dental cast) models.

Table 4. Difference between palatal scans of direct (IOS) and indirect (dental cast) models.

Factors	Dental Cast	Intraoral Scan
Accuracy	Not adequate [68]	Highly accurate [68]
Validity and Reliability	Not adequate [21,69]	Highly valid and reliable [21,69]
Deviation of palatal trueness	Affected by the flexibility of palatal soft tissue [28]	Not affected by the flexibility of palatal soft tissue [28] but increases with an increase in arch width [65]
Reproducibility	Not adequate [25,70]	Good reproducibility [25,70]
Arch dimension (anteroposterior and transverse)	Same as an intraoral scanner [18]	Same as a dental cast [18]

Physical impressions and dental cast models have poor technical reproducibility since bubbles or distortions are common in them. Since investigation time is limited in human cadavers, repeated physical impressions might damage the decayed tissues. An IOS also eliminates the need for the disinfection and cleaning of dental impressions and trays and bypasses the traditional process of casting models, preventing wear on the model and facilitating swift communication and accessibility [41]. Additionally, with shorter working time, digital impressions are more comfortable and widely accepted by patients than conventional impressions [71]. Three-dimensional technology, due to its superior nature, has overcome 2D analyses in several ways. A recent study noted that even 3D extraoral scanners are still far better than conventional dental models in terms of having higher precision and trueness [72].

4.5. The Influence of Dental Treatments on the Morphology of the Palate

Dental treatments, as well as oral diseases, could significantly affect the morphology of the palate [73,74]. Based on Martins dos Santos's palatal rugae classification, the most prevalent palatal rugae shape in aggressive periodontitis was found to be angle followed by sinuous, and in chronic and aggressive periodontitis, it was found to be sinuous followed by line pattern. The differences in rugae shape between the three groups may be attributed to genetic factors, disease progression, and recent shared ancestry, which has probably rendered their differences to moderate levels [74].

4.5.1. Orthodontics

The non-invasive nature of intraoral scanners, combined with their ability to scan the entire arch, including the soft tissues, makes it simple to analyze the mouth's dimensions in orthodontics [17,23,75]. Measuring 3D palatal models could be a reliable way to assess symmetry, morphology, and orthodontic treatment outcomes [30]. Palatal rugae, in orthodontics, have been considered a standard for the superimposition of upper jaw models when artificial markers (such as mini screws) are not accessible [76,77]. Although palatal rugae are considered the most stable landmarks of the oral cavity [78], palatal expansions, which are often carried out to make more room for crowded teeth, significantly influence the morphology of palatal rugae [79,80]. In individuals who have previously had palatal expansions, human identification and serial superimpositions based on palatal rugae should be considered cautiously and not be carried out immediately after expansion [79,80]. Palatal rugae are mostly stable in shape and number, not position, after rapid maxillary expansion [32,81]. On the other hand, a study revealed that slow maxillary expansion had no discernible effect on the growing individuals' palatal rugae pattern [11].

Pazera et al. assessed changes in the location of the palatal rugae relative to the underlying maxillary skeletal structures in 24 growing patients receiving fixed orthodontic treatment without palatal expansion, with a treatment period varying from 1.5 to 3.5 years. Based on the maxillary structural superimposition, the papilla point and all rugae points' median anteroposterior positions remained constant and showed no statistically significant variations [31]. While the medial and lateral locations of the third palatal rugae are stable landmarks for assessing tooth movement, the stability of the first and second palatal rugae depends on the kind of orthodontic tooth movement [82]. Therefore, if palatal rugae are regarded as an individual landmark, we can refer patients for scanning of their palatal rugae following orthodontic treatment to record their post-treatment pattern. It should be emphasized that treatment relapse may alter the post-treatment pattern again [81].

Palatal symmetry is an environmental phenomenon, and IOSs helped confirm that orthodontics is generally unaffected as they are relatively symmetrical in most human beings [30]. The literature suggests that the results of rapid maxillary expansion provide more parallel palatal expansion during the early treatment phase as opposed to a V-shaped opening during the latter treatment phase [83,84]. Guidice et al., in their study about palatal changes after correction of posterior cross-bite, reported that IOSs confirmed slight

morphological asymmetry of the maxillary anatomy of the palate mainly confined to the lower part of the palate at the level of alveolar processes [85].

4.5.2. Surgery

Dental extractions of the maxillary arch often affect the palatal form. According to a study, palatal length decreased 61% more in the after-extraction group compared to the non-extraction group [86]. In another study, a decrease in palatal volume was noticed in extraction patients [87]. As far as rugae are concerned, significant alterations were seen in the rugae location, particularly at their lateral ends, corresponding to the direction of tooth migration following the loss of neighboring teeth and the bone resorption around the maxillary arch [73]. However, variation mainly exists in the first rugae in cases of extraction, thereby making palatal rugae still distinct, nevertheless, and they can be an additional resource for individual identification [88]. When orthodontic treatment involves extraction, there is a possibility of changes in the length, width, and depth of the palate compared to orthodontics without extraction, which changes only the depth of the palate [89]. Kratzsch and Opitz reported that after surgical repair of a cleft palate, the rugae counts per segment reduced significantly; however, the third rugae was never lost following surgery [90]. In the case of a cleft lip, Kramer et al. reported that the maxillary arch depth reduced after surgery and was compensated by continued anteroposterior palatal growth [91]. Past research indicates that cleft palate surgery and forced canine eruption limit the palatal rugae's usefulness as a forensic marker [57,90,92]. According to Camargo et al., rugae regions should not be chosen for the palate donor site in gingival graft surgery as they may persist in the grafted tissues [93].

4.5.3. Prosthetics

There is not much evidence about the impact of dental prosthetics on the morphology of the palate. Instead, palatal prints from partial and complete dentures have been used as valuable tools in identifying victims [10,94]. However, following implant therapy in the alveolar cleft region, the dental arch may undergo a slight reduction in width, altering its geometry [95]. Prolonged use of complete dentures imparts pressure and compression on palatal mucosa, causing histological changes in palatal rugae [96,97]. This in turn changes the length of rugae but does not affect their number and orientation [36,98].

4.6. Limitations of the Available Literature

The main limitation of the available literature is the evaluation of the reliability and reproducibility of intraoral palatal scans in a smaller sample size and over a shorter time point. Gender and ethnicity were not considered in any studies. In total, six out of the seven studies chose only the young population group as their sample [17,21,22,24–26]. Additionally, five out of the seven included studies did not report the scanning technique they used [21,22,24–26] as it plays a huge role in the precision of the digital impression [27]. Only two studies evaluated participants who were previously treated with orthodontic appliances. None of the studies included participants who had deformities of the palate (soft and hard tissue) or any history of palatal surgeries, thus limiting the evidence.

4.7. Future Research Direction

It will be interesting to assess the morphological changes of the palate and palatal rugae landmarks in each decade of life to determine whether the aging and growing of the palatal mucosa result in any notable alterations. Data that includes people with a wide-ranging medical history and previous history of palatal surgeries and palate anomalies could be useful. According to Camargo et al., rugae areas should be avoided when choosing a palatal donor location for gingival transplant surgery since they may persist in the grafted tissues [93]. For this reason, palatal soft tissue may or may not be useful in forensics; research on the impact of palatal tissue harvesting for regenerative surgery could highlight this. According to earlier research, width gives the highest level of ethnic

discrimination [99,100]. To confirm the use of automated geometric measurement as an ethnicity discriminator, further soft tissue scans of different ethnic populations will be required. Since maxillary arch depth can be utilized in conjunction with other morphometric techniques to determine a person's sex [37] for a specific population, the mean value of the palatal and maxillary arch depths can serve as a baseline value and point of reference for future research. With the advancements in technology using artificial intelligence, the creation of a fully automated comparative procedure could also be possible in the future through which the identification process could be hastened. Original research of matching between antemortem and postmortem data obtained by new IOSs will provide increased evidence of the reliability of intraoral palatal scans in forensics. Furthermore, research should also focus on their application to deceased people, providing an additional primary identification feature, for example, in a mass disaster.

5. Conclusions

During this time of modern dental treatment, IOSs of the palate will contribute to the forensic applicability of dental data in human identification. Palatal uniqueness in its dimension, landmarks, and palatal rugae in 3D digital palatal models could serve as a highly reliable tool for human identification, especially during road traffic accidents or mass disasters as the palatal area is less likely to become damaged. This also stands true for edentulous victims as there would be no dental component for identification. After dental work is finished, it is crucial that dentists save their digital models. In the present and the long-term future, these preserved models will be of great assistance for forensic, legal, and rehabilitative purposes.

Supplementary Materials: The following supporting information can be downloaded at: <https://www.mdpi.com/article/10.3390/diagnostics14050531/s1>, S1: PRISMA_2020_checklist; S2: Search Strategy; S3: Quality Assessment.

Author Contributions: Conceptualization, S.S.K. and R.C.; writing—original draft preparation, S.S.K., R.C. and D.Y.; writing—review and editing, S.S.K., R.C., A.K. and G.L.; visualization, S.S.K.; supervision, D.Y. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: Not applicable as it is considered preparatory to research and therefore did not require IRB approval.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: Not applicable.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

References

- Hall, M.A.; Karawia, I.; Mahmoud, A.Z.; Mohamed, O.S. Knowledge, awareness, and perception of digital dentistry among Egyptian dentists: A cross-sectional study. *BMC Oral Health* **2023**, *23*, 963. [\[CrossRef\]](#)
- Ali, B.; Shaikh, A.; Fida, M. Stability of Palatal Rugae as a Forensic Marker in Orthodontically Treated Cases. *J. Forensic Sci.* **2016**, *61*, 1351–1355. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Sloan, A.J. Development of the dentition. In *Forensic Odontology: An Essential Guide*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2014; pp. 9–21.
- Adams, C.; Carabott, R.; Evans, S. *Forensic Odontology: An Essential Guide*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2014.
- Krishan, K.; Kanchan, T.; Garg, A.K. Dental evidence in forensic identification—An overview, methodology and present status. *Open Dent. J.* **2015**, *9*, 250. [\[CrossRef\]](#)
- Jayakrishnan, J.M.; Reddy, J.; Vinod Kumar, R.B. Role of forensic odontology and anthropology in the identification of human remains. *J. Oral Maxillofac. Pathol.* **2021**, *25*, 543–547. [\[CrossRef\]](#)
- Hauser, G.; Daponte, A.; Roberts, M.J. Palatal rugae. *J. Anat.* **1989**, *165*, 237–249.
- Harchandani, N.; Marathe, S.; Rochani, R.; Nisa, S.U. Palatal Rugoscopy: A new era for forensic identification. *J. Indian Acad. Oral Med. Radiol.* **2015**, *27*, 393–398. [\[CrossRef\]](#)
- Hemanth, M.; Vidya, M.; Shetty, N.; Karkera, B.V. Identification of individuals using palatal rugae: Computerized method. *J. Forensic Dent. Sci.* **2010**, *2*, 86. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

10. Lima de Castro-Espicalsky, T.; Freitas, P.; Ribeiro Tinoco, R.L.; Calmon, M.; Daruge Júnior, E.; Rossi, A.C. Human identification by the analysis of palatal rugae printed in complete dentures. *J. Forensic Odontostomatol.* **2020**, *38*, 57–62. [\[PubMed\]](#)
11. Lanteri, V.; Cossellu, G.; Farronato, M.; Ugolini, A.; Leonardi, R.; Rusconi, F.; De Luca, S.; Biagi, R. Assessment of the Stability of the Palatal Rugae in a 3D-3D Superimposition Technique Following Slow Maxillary Expansion (SME). *Sci. Rep.* **2020**, *10*, 2676. [\[CrossRef\]](#)
12. Pakshir, F.; Ajami, S.; Pakshir, H.R.; Malekzadeh, A.R. Characteristics of palatal rugae patterns as a potential tool for sex discrimination in a sample of Iranian children. *J. Dent.* **2019**, *20*, 1.
13. Olszewska, E.; Woodson, B.T. Palatal anatomy for sleep apnea surgery. *Laryngoscope Investig. Otolaryngol.* **2019**, *4*, 181–187. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
14. Hourfar, J.; Kanavakis, G.; Bister, D.; Schätzle, M.; Awad, L.; Nienkemper, M.; Goldbecher, C.; Ludwig, B. Three dimensional anatomical exploration of the anterior hard palate at the level of the third ruga for the placement of mini-implants—a cone-beam CT study. *Eur. J. Orthod.* **2015**, *37*, 589–595. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
15. Flint, D.J.; Brent Dove, S.; Brumit, P.C.; White, M.; Senn, D.R. Computer-aided dental identification: An objective method for assessment of radiographic image similarity. *J. Forensic Sci.* **2009**, *54*, 177–184. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
16. Kravitz, N.D.; Groth, C.; Jones, P.E.; Graham, J.W.; Redmond, W.R. Intraoral digital scanners. *J. Clin. Orthod.* **2014**, *48*, 337–347. [\[PubMed\]](#)
17. Simon, B.; Aschheim, K.; Vág, J. The discriminative potential of palatal geometric analysis for sex discrimination and human identification. *J. Forensic Sci.* **2022**, *67*, 2334–2342. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
18. Zhang, F.; Suh, K.J.; Lee, K.M. Validity of Intraoral Scans Compared with Plaster Models: An In-Vivo Comparison of Dental Measurements and 3D Surface Analysis. *PLoS ONE* **2016**, *11*, e0157713. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
19. Iturrate, M.; Lizundia, E.; Amezcua, X.; Solaberrieta, E. A new method to measure the accuracy of intraoral scanners along the complete dental arch: A pilot study. *J. Adv. Prosthodont.* **2019**, *11*, 331–340. [\[CrossRef\]](#)
20. Salameh, J.P.; Bossuyt, P.M.; McGrath, T.A.; Thoms, B.D.; Hyde, C.J.; Macaskill, P.; Deeks, J.J.; Leeftang, M.; Korevaar, D.A.; Whiting, P.; et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy studies (PRISMA-DTA): Explanation, elaboration, and checklist. *BMJ* **2020**, *370*, m2632. [\[CrossRef\]](#)
21. Taneva, E.D.; Johnson, A.; Viana, G.; Evans, C.A. 3D evaluation of palatal rugae for human identification using digital study models. *J. Forensic Dent. Sci.* **2015**, *7*, 244–252. [\[CrossRef\]](#)
22. Simon, B.; Farid, A.A.; Freedman, G.; Vag, J. Digital scans and human identification. *Oral Health Group* **2021**.
23. Simon, B.; Lipták, L.; Lipták, K.; Tárnoki, Á.D.; Tárnoki, D.L.; Melicher, D.; Vág, J. Application of intraoral scanner to identify monozygotic twins. *BMC Oral Health* **2020**, *20*, 268. [\[CrossRef\]](#)
24. Bjelopavlovic, M.; Degering, D.; Lehmann, K.M.; Thiem, D.G.E.; Hardt, J.; Petrowski, K. Forensic Identification: Dental Scan Data Sets of the Palatal Fold Pairs as an Individual Feature in a Longitudinal Cohort Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2023**, *20*, 2691. [\[CrossRef\]](#)
25. Mikolicz, A.; Simon, B.; Gáspár, O.; Shahbazi, A.; Vag, J. Reproducibility of the digital palate in forensic investigations: A two-year retrospective cohort study on twins. *J. Dent.* **2023**, *135*, 104562. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
26. Botond Simon, D. Digital Palate Analysis to Verify the Mirror Twin Phenomenon. *Oral Health Group* **2023**.
27. Kihara, H.; Hatakeyama, W.; Komine, F.; Takafuji, K.; Takahashi, T.; Yokota, J.; Oriso, K.; Kondo, H. Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. *J. Prosthodont. Res.* **2020**, *64*, 109–113. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
28. Zhongpeng, Y.; Tianmin, X.; Ruoping, J. Deviations in palatal region between indirect and direct digital models: An in vivo study. *BMC Oral Health* **2019**, *19*, 66. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
29. Bae, E.J.; Woo, E.J. Quantitative and qualitative evaluation on the accuracy of three intraoral scanners for human identification in forensic odontology. *Anat. Cell Biol.* **2022**, *55*, 72–78. [\[CrossRef\]](#)
30. Simon, B.; Mangano, F.G.; Pál, A.; Simon, I.; Pellei, D.; Shahbazi, A.; Vág, J. Palatal asymmetry assessed by intraoral scans: Effects of sex, orthodontic treatment, and twinning. A retrospective cohort study. *BMC Oral Health* **2023**, *23*, 305. [\[CrossRef\]](#)
31. Pazera, C.; Gkantidis, N. Palatal rugae positional changes during orthodontic treatment of growing patients. *Orthod. Craniofacial Res.* **2021**, *24*, 351–359. [\[CrossRef\]](#)
32. Shailaja, A.M.; Romana, I.R.U.; Narayanappa, G.; Smitha, T.; Gowda, N.C.; Vedavathi, H.K. Assessment of palatal rugae pattern and its significance in orthodontics and forensic odontology. *J. Oral Maxillofac. Pathol.* **2018**, *22*, 430–435. [\[CrossRef\]](#)
33. Castro, L.O.; Borges, G.J.; Castro, L.O.; Porto, O.C.L.; Estrela, C. Change of incisive papilla height due to orthodontic movement: An evaluation in study models and three-dimensional images. *Stomatol.* **2012**, *18*, 34.
34. Solomon, E.; Arunachalam, K. The incisive papilla: A significant landmark in prosthodontics. *J. Indian Prosthodont. Soc.* **2012**, *12*, 236–247. [\[CrossRef\]](#)
35. Ziar, N.; Pakshir, H.R.; Alamdarloo, Y.; Ajami, S. Characteristic changes of the palatal rugae following orthodontic treatment. *Egypt. J. Forensic Sci.* **2023**, *13*, 14. [\[CrossRef\]](#)
36. Akula, R.; Srinath, H.; Maroli, S.; Yarlagaadda, S.K.B.; Tej, D.U.K.; Srinath, T. Effect of Dentures on Palatal Rugae: An Investigation. *J. Forensic Dent. Sci.* **2020**, *12*, 35–49. [\[CrossRef\]](#)
37. Mankapure, P.K.; Barpande, S.R.; Bhavthankar, J.D. Evaluation of sexual dimorphism in arch depth and palatal depth in 500 young adults of Marathwada region, India. *J. Forensic Dent. Sci.* **2017**, *9*, 153–156. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

38. Saraf, A.; Bedia, S.; Indurkar, A.; Degwekar, S.; Bhowate, R. Rugae patterns as an adjunct to sex differentiation in forensic identification. *J. Forensic Odontostomatol.* **2011**, *29*, 14–19.
39. Negishi, S.; Richards, L.C.; Hughes, T.; Kondo, S.; Kasai, K. Genetic contribution to palatal morphology variation using three-dimensional analysis in Australian twins. *Arch. Oral Biol.* **2020**, *115*, 104740. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
40. Giuliadori, G.; Rappelli, G.; Aquilanti, L. Intraoral Scans of Full Dental Arches: An In Vitro Measurement Study of the Accuracy of Different Intraoral Scanners. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2023**, *20*, 4776. [\[CrossRef\]](#)
41. Aswani, K.; Wankhade, S.; Khalikar, A.; Deogade, S. Accuracy of an intraoral digital impression: A review. *J. Indian. Prosthodont. Soc.* **2020**, *20*, 27–37. [\[CrossRef\]](#)
42. Patzelt, S.B.; Emmanouilidi, A.; Stampf, S.; Strub, J.R.; Att, W. Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners. *Clin. Oral Investig.* **2014**, *18*, 1687–1694. [\[CrossRef\]](#)
43. Winkler, J.; Gkantidis, N. Intraoral scanners for capturing the palate and its relation to the dentition. *Sci. Rep.* **2021**, *11*, 15489. [\[CrossRef\]](#)
44. Keul, C.; Güth, J.F. Influence of intraoral conditions on the accuracy of full-arch scans by Cerec Primescan AC: An in vitro and in vivo comparison. *Int. J. Comput. Dent.* **2022**, *25*, 17–25.
45. Osman, R.B.; Alharbi, N.M. Influence of scan technology on the accuracy and speed of intraoral scanning systems for the edentulous maxilla: An in vitro study. *J. Prosthodont.* **2023**, *32*, 821–828. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
46. Guttmacher, Z.; Kelly, A.; Renne, W.; Hoover, M.; Mennito, A.; Teich, S.; Cayouette, M.; Ludlow, M. Evaluation of the accuracy of multiple digital impression systems on a fully edentulous maxilla. *Quintessence Int.* **2021**, *52*, 488–495. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
47. Revell, G.; Simon, B.; Mennito, A.; Evans, Z.P.; Renne, W.; Ludlow, M.; Våg, J. Evaluation of complete-arch implant scanning with 5 different intraoral scanners in terms of trueness and operator experience. *J. Prosthet. Dent.* **2022**, *128*, 632–638. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
48. Schimmel, M.; Akino, N.; Srinivasan, M.; Wittneben, J.G.; Yilmaz, B.; Abou-Ayash, S. Accuracy of intraoral scanning in completely and partially edentulous maxillary and mandibular jaws: An in vitro analysis. *Clin. Oral Investig.* **2021**, *25*, 1839–1847. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
49. Deferm, J.T.; Schreurs, R.; Baan, F.; Bruggink, R.; Merckx, M.A.W.; Xi, T.; Bergé, S.J.; Maal, T.J.J. Validation of 3D documentation of palatal soft tissue shape, color, and irregularity with intraoral scanning. *Clin. Oral Investig.* **2018**, *22*, 1303–1309. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
50. Srivastava, G.; Padhiary, S.K.; Mohanty, N.; Molinero-Mourelle, P.; Chebib, N. Accuracy of Intraoral Scanner for Recording Completely Edentulous Arches—A Systematic Review. *Dent. J.* **2023**, *11*, 241. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
51. Paratelli, A.; Vania, S.; Gómez-Polo, C.; Ortega, R.; Revilla-León, M.; Gómez-Polo, M. Techniques to improve the accuracy of complete arch implant intraoral digital scans: A systematic review. *J. Prosthet. Dent.* **2023**, *129*, 844–854. [\[CrossRef\]](#)
52. Zarone, F.; Ruggiero, G.; Ferrari, M.; Mangano, F.; Joda, T.; Sorrentino, R. Comparison of different intraoral scanning techniques on the completely edentulous maxilla: An in vitro 3-dimensional comparative analysis. *J. Prosthet. Dent.* **2020**, *124*, e1–e762. [\[CrossRef\]](#)
53. Fang, J.H.; An, X.; Jeong, S.M.; Choi, B.H. Digital intraoral scanning technique for edentulous jaws. *J. Prosthet. Dent.* **2018**, *119*, 733–735. [\[CrossRef\]](#)
54. Jung, S.; Park, C.; Yang, H.S.; Lim, H.P.; Yun, K.D.; Ying, Z.; Park, S.W. Comparison of different impression techniques for edentulous jaws using three-dimensional analysis. *J. Adv. Prosthodont.* **2019**, *11*, 179–186. [\[CrossRef\]](#)
55. Elrewny, N.M.; Ismail, M.M.E.; Zaghloul, H.S.; Abielhassan, M.H.; Ali, M.M. Palatoscopy and odontometrics' potential role in sex determination among an adult Egyptian population sample: A pilot study. *Homo* **2020**, *71*, 19–28. [\[CrossRef\]](#)
56. Caldas, I.M.; Magalhães, T.; Afonso, A. Establishing identity using cheiloscopy and palatoscopy. *Forensic Sci. Int.* **2007**, *165*, 1–9. [\[CrossRef\]](#)
57. Jain, A.; Chowdhary, R. Palatal rugae and their role in forensic odontology. *J. Investig. Clin. Dent.* **2014**, *5*, 171–178. [\[CrossRef\]](#)
58. Almeida, M.A.; Phillips, C.; Kula, K.; Tulloch, C. Stability of the palatal rugae as landmarks for analysis of dental casts. *Angle Orthod.* **1995**, *65*, 43–48. [\[CrossRef\]](#)
59. Ohtani, M.; Nishida, N.; Chiba, T.; Fukuda, M.; Miyamoto, Y.; Yoshioka, N. Indication and limitations of using palatal rugae for personal identification in edentulous cases. *Forensic Sci. Int.* **2008**, *176*, 178–182. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
60. Deepak, V.; Malgaonkar, N.I.; Shah, N.K.; Nasser, A.S.; Dagrur, K.; Bassle, T. Palatal rugae patterns in orthodontically treated cases, are they a reliable forensic marker? *J. Int. Oral Health* **2014**, *6*, 89–95. [\[PubMed\]](#)
61. Rezende Pucciarelli, M.G.; de Lima Toyoshima, G.H.; Marchini Oliveira, T.; Marques Honório, H.; Sforza, C.; Soares, S. Assessment of dental arch stability after orthodontic treatment and oral rehabilitation in complete unilateral cleft lip and palate and non-clefts patients using 3D stereophotogrammetry. *BMC Oral Health* **2020**, *20*, 154. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
62. Treesh, J.C.; Liacouras, P.C.; Taft, R.M.; Brooks, D.I.; Raiciulescu, S.; Ellert, D.O.; Grant, G.T.; Ye, L. Complete-arch accuracy of intraoral scanners. *J. Prosthet. Dent.* **2018**, *120*, 382–388. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
63. Ender, A.; Mehl, A. Accuracy of complete-arch dental impressions: A new method of measuring trueness and precision. *J. Prosthet. Dent.* **2013**, *109*, 121–128. [\[CrossRef\]](#)
64. Ender, A.; Attin, T.; Mehl, A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. *J. Prosthet. Dent.* **2016**, *115*, 313–320. [\[CrossRef\]](#)

65. Gan, N.; Xiong, Y.; Jiao, T. Accuracy of Intraoral Digital Impressions for Whole Upper Jaws, Including Full Dentitions and Palatal Soft Tissues. *PLoS ONE* **2016**, *11*, e0158800. [\[CrossRef\]](#)
66. Chochlidakis, K.M.; Papaspyridakos, P.; Geminiani, A.; Chen, C.J.; Feng, I.J.; Ercoli, C. Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *J. Prosthet. Dent.* **2016**, *116*, 184–190. [\[CrossRef\]](#)
67. Okazaki, T.; Kawanabe, H.; Fukui, K. Comparison of conventional impression making and intraoral scanning for the study of unilateral cleft lip and palate. *Congenit. Anom.* **2023**, *63*, 16–22. [\[CrossRef\]](#)
68. Vag, J.; Stevens, C.D.; Badahman, M.H.; Ludlow, M.; Sharp, M.; Brenes, C.; Mennito, A.; Renne, W. Trueness and precision of complete arch dentate digital models produced by intraoral and desktop scanners: An ex-vivo study. *J. Dent.* **2023**, *139*, 104764. [\[CrossRef\]](#)
69. Aragón, M.L.; Pontes, L.F.; Bichara, L.M.; Flores-Mir, C.; Normando, D. Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: A systematic review. *Eur. J. Orthod.* **2016**, *38*, 429–434. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
70. Mou, Q.N.; Ji, L.L.; Liu, Y.; Zhou, P.R.; Han, M.Q.; Zhao, J.M.; Cui, W.T.; Chen, T.; Du, S.Y.; Hou, Y.X.; et al. Three-dimensional superimposition of digital models for individual identification. *Forensic Sci. Int.* **2021**, *318*, 110597. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
71. Jánosi, K.M.; Cerghizian, D.; Mártha, K.I.; Elekes, É.; Szakács, B.; Elekes, Z.; Kovács, A.; Szász, A.; Mureşan, I.; Hântoiu, L.G. Evaluation of Intraoral Full-Arch Scan versus Conventional Preliminary Impression. *J. Clin. Med.* **2023**, *12*, 5508. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
72. Sason, G.K.; Mistry, G.; Tabassum, R.; Shetty, O. A comparative evaluation of intraoral and extraoral digital impressions: An in vivo study. *J. Indian Prosthodont. Soc.* **2018**, *18*, 108–116. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
73. Cruz, D.J.M.; Narayan, D.K.M.V.; Kaliyan, D.V. Impact of Extraction in Preservation of Palatal Rugae Pattern as a Personal Identification Marker- A Prospective Study. *Saudi J. Oral Dent. Res.* **2021**, *6*, 216–220.
74. Jindal, V.; Mahajan, A.; Mahajan, N.; Goel, A.; Kaur, R.; Puri, C. Rugae pattern determination in periodontitis patients: A descriptive study. *J. Int. Clin. Dent. Res. Organ.* **2016**, *8*. [\[CrossRef\]](#)
75. Nagy, Z.; Simon, B.; Mennito, A.; Evans, Z.; Renne, W.; Vág, J. Comparing the trueness of seven intraoral scanners and a physical impression on dentate human maxilla by a novel method. *BMC Oral Health* **2020**, *20*, 97. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
76. Hourfar, J.; Ludwig, B.; Bister, D.; Braun, A.; Kanavakis, G. The most distal palatal ruga for placement of orthodontic mini-implants. *Eur. J. Orthod.* **2015**, *37*, 373–378. [\[CrossRef\]](#)
77. Yang, S.T.; Kim, H.K.; Lim, Y.S.; Chang, M.S.; Lee, S.P.; Park, Y.S. A three dimensional observation of palatal vault growth in children using mixed effect analysis: A 9 year longitudinal study. *Eur. J. Orthod.* **2013**, *35*, 832–840. [\[CrossRef\]](#)
78. Herrera, L.M.; Strapasson, R.A.; Mazzilli, L.E.; Melani, R.F. Differentiation between palatal rugae patterns of twins by means of the Briñón method and an improved technique. *Briz. Oral Res.* **2017**, *31*, e9. [\[CrossRef\]](#)
79. Farronato, M.; Begnoni, G.; Boodt, L.; Thevissen, P.; Willems, G.; Cadenas de Llano-Pérula, M. Are palatal rugae reliable markers for 3D superimposition and forensic human identification after palatal expansion? A systematic review. *Forensic Sci. Int.* **2023**, *351*, 111814. [\[CrossRef\]](#)
80. Bavaresco, D.; Von Meusel, L.D.Z.; Franco, A.; Makeeva, I.; Paranhos, L.R.; Cericato, G.O. Morphology of the palatal rugae before and after orthodontic treatment with and without rapid maxillary expansion and dental extractions. *Indian J. Dent. Res.* **2020**, *31*, 241–246. [\[CrossRef\]](#)
81. Saadeh, M.; Macari, A.; Haddad, R.; Ghafari, J. Instability of palatal rugae following rapid maxillary expansion. *Eur. J. Orthod.* **2017**, *39*, 474–481. [\[CrossRef\]](#)
82. Bailey, L.T.; Esmailnejad, A.; Almeida, M.A. Stability of the palatal rugae as landmarks for analysis of dental casts in extraction and nonextraction cases. *Angle Orthod.* **1996**, *66*, 73–78. [\[CrossRef\]](#)
83. Kinzinger, G.S.M.; Lisson, J.A.; Buschhoff, C.; Hourfar, J. Age-dependent effects on palate volume and morphology during orthodontic RME treatment. *Clin. Oral Investig.* **2023**, *27*, 2641–2652. [\[CrossRef\]](#)
84. Kinzinger, G.S.M.; Lisson, J.A.; Buschhoff, C.; Hourfar, J.; Korbmacher-Steiner, H. Impact of rapid maxillary expansion on palatal morphology at different dentition stages. *Clin. Oral Investig.* **2022**, *26*, 4715–4725. [\[CrossRef\]](#)
85. Lo Giudice, A.; Ronsivalle, V.; Conforte, C.; Marzo, G.; Lucchese, A.; Leonardi, R.; Isola, G. Palatal changes after treatment of functional posterior cross-bite using elastodontic appliances: A 3D imaging study using deviation analysis and surface-to-surface matching technique. *BMC Oral Health* **2023**, *23*, 68. [\[CrossRef\]](#)
86. Papagiannis, A.; Sallmann, R.; Papageorgiou, S.N.; Eliades, T.; Konstantonis, D. Palatal shape covariation in extraction versus nonextraction borderline patients: A geometric morphometric study. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* **2023**, *163*, e127–e136. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
87. Heiser, W.; Niederwanger, A.; Bancher, B.; Bittermann, G.; Neunteufel, N.; Kulmer, S. Three-dimensional dental arch and palatal form changes after extraction and nonextraction treatment. Part I. Arch length and area. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* **2004**, *126*, 71–81. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
88. Zhao, J.; Du, S.; Liu, Y.; Saif, B.S.; Hou, Y.; Guo, Y.C. Evaluation of the stability of the palatal rugae using the three-dimensional superimposition technique following orthodontic treatment. *J. Dent.* **2022**, *119*, 104055. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
89. Gujar, A.; Rani, M. Three-dimensional assessment of the palatal contour changes in orthodontically treated cases: A scanned maxillary cast analysis. *J. Indian Orthod. Soc.* **2016**, *50*, 145–149. [\[CrossRef\]](#)
90. Kratzsch, H.; Opitz, C. Investigations on the palatal rugae pattern in cleft patients. Part I: A morphological analysis. *J. Oralfac. Orthop.* **2000**, *61*, 305–317. [\[CrossRef\]](#)

91. Kramer, G.J.; Hoeksma, J.B.; Prah-Andersen, B. Palatal changes after lip surgery in different types of cleft lip and palate. *Cleft Palate Craniofacial J.* **1994**, *31*, 376–384. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
92. Kratzsch, H.; Opitz, C. Investigations on the palatal rugae pattern in cleft patients. Part II: Changes in the distances from the palatal rugae to maxillary points. *J. Orofac. Orthop.* **2000**, *61*, 421–431. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
93. Camargo, P.M.; Melnick, P.R.; Kenney, E.B. The use of free gingival grafts for aesthetic purposes. *Periodontol.* **2000**, *27*, 72–96. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
94. Nuzzolese, E. Partial and full dentures in the human identification process. *Minerva Forensic Med.* **2023**, *143*, 44–49. [\[CrossRef\]](#)
95. Ahn, K.; Sato, H.; Kurihara, Y.; Ogura, H.; Shiota, T. Changes in maxillary dental arch morphology after implant treatment in the alveolar cleft region. *Clin. Exp. Dent. Res.* **2021**, *7*, 484–489. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
96. Ishizaki, K.; Sakurai, K.; Tazaki, M.; Inoue, T. Response of Merkel cells in the palatal rugae to the continuous mechanical stimulation by palatal plate. *Somatosens. Mot. Res.* **2006**, *23*, 63–72. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
97. Sharma, A.K.; Mirza, F.D. Palatal mucosa under dentures: A qualitative histologic and histochemical analysis. *J. Prosthet. Dent.* **1986**, *56*, 574–582. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
98. Hardiya, S.; Kumar, G.J.; Vimala Sai, M.; Rana, K.; Desai, D.; Kaur, G. Evaluation of the Denture Impact on the Palatal Rugae: An Original Research. *J. Pharm. Bioallied Sci.* **2023**, *15* (Suppl S1), S224–S229. [\[CrossRef\]](#)
99. Byers, S.N.; Churchill, S.E.; Curran, B. Identification of Euro-Americans, Afro-Americans, and Amerindians from palatal dimensions. *J. Forensic Sci.* **1997**, *42*, 3–9. [\[CrossRef\]](#)
100. Burris, B.G.; Harris, E.F. Identification of race and sex from palate dimensions. *J. Forensic Sci.* **1998**, *43*, 959–963. [\[CrossRef\]](#)

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.