



IDENTIFICACIÓN FACIAL DIGITAL EN ODONTOLOGÍA FORENSE: UNA REVISIÓN CRÍTICA

Trabajo de investigación
requisito para optar al
Título de Cirujano dentista

Estudiante: Fernanda Andrea Villalobos León
Docente Guía: Prof. Dr. Jaime Barraza M.

Valparaíso – Chile
2022

Dedicatoria

A mi madre, por siempre creer en mí, por enseñarme de entrega y compromiso, sin ti no lo habría logrado.

A mi padre por enseñarme de sacrificio y ser el ejemplo vivo de que si se quiere se puede.

A mi familia que me vio crecer y me dio las herramientas para ser la persona que soy hoy.

A mis docentes que han formado parte de este extenso y extraordinario camino del aprendizaje.

A mis hermanos que sin esperar recompensas me dieron todo su apoyo, nunca podría haber llegado hasta aquí sin ustedes.

A Fernando, mi amor que sin duda alguna es un gran motor, gracias por elegirme como compañera de vida y por ayudarme a conseguir mis objetivos personales.

Y a mi pequeño bebé que ha sido el mejor hijo, mi mayor fuente de motivación, me da la energía para no decaer y ha tenido toda la paciencia que a su corta edad puede tener.

Después de todos estos años no me queda mas que decir ¡prueba superada!

Este logro es nuestro.

Fernanda Andrea Villalobos León

Agradecimientos

En primer lugar, a mi docente guía el Doctor Jaime Barraza por trabajar conmigo, motivarme, guiarme, acompañarme, aconsejarme y siempre tener palabras de aliento en los momentos difíciles, no solo le agradezco por este trabajo sino por todo en este proceso universitario del que sin duda ha formado parte.

A mis grandes amigas la Dra. Ivette Saavedra, Dra. Camila Barrios, Dra. Yamila Oliva, Dra. Hana Molina y Dra. Nayza M. Fonseca quienes formaron parte de mi vida universitaria, son únicas, inteligentes, exitosas y aun así siempre me han tendido su mano para ayudarme y apoyarme incondicionalmente, sé que las tendré conmigo toda la vida.

A mi docente informante, Dr. Felipe Vidal por aceptar ser parte de este equipo, aportar con sus consejos, su punto de vista, su dedicación y su disposición en esta extraordinaria experiencia.

A mi docente tutora, Dra. Moya por su ayuda y paciencia en mi trabajo en solitario, ya que no es nada fácil.

A mi familia por ser mi red de apoyo, contención emocional y pilar en la vida, creer en mí siempre y estar ahí activamente como equipo en la crianza de mi bebé.

Desde el fondo de mi alma muchas gracias, sin duda este trabajo no sería lo mismo sin ustedes.

Índice

Introducción	1
Marco Teórico	2
2.1. Odontología Legal y Forense	2
2.1.1. Digitalización en Odontología Forense	2
2.2. Métodos de identificación convencionales en Odontología Forense	3
Odontograma	3
Autopsia oral.....	4
Fotografía bucodental.....	5
Queiloscopia.....	6
Radiología bucodental	6
Rugoscopia	7
Marcador de prótesis dental	8
Huellas de Mordida.....	9
2.3. Métodos de identificación facial en Odontología Forense	10
2.3.1. Reconstrucción Facial Forense (RFF)	10
2.4. Métodos de identificación Digitales en Odontología Forense	11
Registros dentales digitales	12
Radiografía forense digital	12
Fotografía digital.....	12
Escáneres ópticos tridimensionales intraorales	13
Superposiciones asistidas por computadora en el análisis de marcas de mordida	14
Virtopsia / Autopsia virtual	15
Impresión tridimensional.....	17
Microscopios de comparación Forense	18
BioRobots forenses	19
2.5. Métodos de identificación facial digital en Odontología Forense.	19
2.5.1. Reconstrucción facial computarizada.....	19
2.6. Beneficios y limitaciones	21
Objetivos.....	24
3.1. General:	24
3.2. Específicos:	24

Materiales y Métodos	25
4.1. Diseño	25
4.2. Estrategia de Búsqueda.....	25
4.3. Criterios de selección y exclusión	27
4.3.1. Criterios de exclusión.....	27
4.3.2. Criterios de selección.....	27
4.4. Selección y clasificación de los estudios	28
4.5. Definición de las Variables	28
Resultados	33
5.1. Descripción de los estudios	33
Consistencia morfológica facial, su relación con la forma de cara, edad y sexo del sujeto para una CFR	33
Grosos de los tejidos blandos faciales.....	37
Precisión y Nivel de reconocimiento de la Reconstrucción facial forense digital	39
Software Utilizados	45
Niveles de evidencia.....	48
.....	57
Discusión	58
6.1. Métodos de identificación facial digital en Odontología forense	58
6.2. Consistencia morfológica facial de una CFR	59
Morfología de la nariz	60
Regresión Lineal.....	61
6.3. Grosos de los tejidos blandos faciales	61
6.4. Precisión y Nivel de reconocimiento de la Reconstrucción facial forense digital	62
6.5. Softwares Utilizados.....	62
6.6. Beneficios	63
Conclusión	65
Sugerencias	66
Bibliografía.....	67

Resumen

La Odontología Forense es un pilar fundamental en la identificación de personas que no pueden ser identificadas por otros medios. La Ciencia Forense digital ha reemplazado a las investigaciones tradicionales en la adquisición, análisis y reporte de evidencia forense. Los avances de software son cada vez más comunes en la aplicación de investigaciones forenses digitales, especialmente en desastres masivos y accidentes.

El objetivo principal de esta revisión es analizar los métodos de identificación digital facial en Odontología Forense, sus beneficios y limitaciones para responder a la pregunta “¿Cómo han impactado en la Odontología Forense los métodos digitales de identificación facial en base a software de reconocimiento y procesamiento de imagen actuales según la literatura?”. Se realizó una revisión crítica de la literatura en Pubmed, ScieDirect y worldwidescience. De un total de 103 artículos, solo 19 cumplían los criterios para ser seleccionados para su posterior análisis. Se evaluaron una serie de variables como la precisión, el nivel de reconocimiento, la consistencia morfológica de las aproximaciones faciales, su predicción, los grosores de los tejidos blandos y los software utilizados para llevarlas a cabo.

Se concluyó que la calidad de la precisión depende del tamaño de la muestra estadística, además algunos sistemas usan software de animación 3D para modelar la cara en el cráneo, mientras que otros sistemas usan un sistema de escultura virtual con retroalimentación háptica, y estos sistemas disminuyen la subjetividad y la habilidad del operador por lo que se mejora la precisión de la CFR. También se concluyó que el llamado “Efecto entre razas” si puede influir en el reconocimiento y la precisión de las CFR. Sobre la consistencia morfológica se concluyó que los modelos obtenidos a través de análisis de regresión lineal simple predicen mejor la posición y dimensiones de la consistencia morfológica en las aproximaciones faciales. En cuanto a las medidas de los grosores de los tejidos blandos se concluyó que se encuentran limitaciones ya sea por errores del operador, de la posición del sujeto o de la dificultad de reproducir los puntos de referencia, además se ven diferencias en los grosores según la población medida. Finalmente, sobre los software utilizados son

principalmente softwares estadísticos para la creación de modelos predictivos a base de análisis de regresión lineal; y de imagen (en su mayoría utilizan datos DICOM), todos de código libre, pero ninguno aceptado de forma unánime por la sociedad de odontología forense a nivel mundial, aunque según la literatura hallada han demostrado ser muy útiles con los fines de identificación y reconocimiento, acortando tiempos de espera y disminuyendo costos.

Introducción

La Odontología Forense se ha convertido en una parte integral de la Ciencia Forense, que desempeña un papel importante ya que ayuda a evaluar víctimas, ya sea vivas; como de violencia, agresión sexual, abuso infantil^{1,2}; además de ser un pilar fundamental en la identificación de difuntos que no pueden ser identificadas por otros medios, determinando su género² y estimando la edad^{1,2}.

La Ciencia Forense digital ha reemplazado a las investigaciones tradicionales en la adquisición, análisis y reporte de evidencia forense; un ejemplo son las radiografías digitales que han reducido considerablemente los errores de interpretación o identificación incorrecta como ocurre con las convencionales¹. Los avances de software son cada vez más comunes en la aplicación de investigaciones forenses digitales, especialmente en desastres masivos y accidentes como: terremotos, tsunamis, víctimas de terrorismo, accidentes de aviación, entre otros, permitiendo la identificación de personas irreconocibles¹. La información digital también ha facilitado la comunicación con el Odontólogo y esto reduce los problemas que pueden surgir en los casos médico-legales en etapas posteriores².

Por lo que el objetivo principal de esta revisión es analizar los métodos de identificación digital facial en Odontología Forense, sus beneficios (tanto en lo económico, social, familiar, etc.) o impacto positivo en la identificación de personas irreconocibles, y su contribución a los vacíos de los métodos convencionales y las limitaciones que se reportan para responder a la pregunta “¿Cómo han impactado en la Odontología Forense los métodos digitales de identificación facial en base a software de reconocimiento y procesamiento de imagen actuales según la literatura?”.

Marco Teórico

2.1. Odontología Legal y Forense

La Odontología Forense es una rama desafiante y fascinante de la ciencia forense que involucra la aplicación de las ciencias dentales en la identificación de personas. Es la ciencia forense que se ocupa de la evidencia dental y se ha definido como la rama de la odontología que se ocupa del manejo y examen adecuados de las pruebas dentales y de la evaluación y presentación adecuadas de sus hallazgos.

La odontología forense ha desempeñado un papel clave en la identificación de personas en desastres masivos naturales y provocados por el hombre (aviación, terremotos y tsunamis), en la investigación de delitos, en estudios étnicos y en la identificación de cuerpos desfigurados como es el caso de ahogados, víctimas de incendios y víctimas de accidentes automovilísticos. La identificación se basa en una comparación entre características conocidas de un individuo con características recuperadas de un cuerpo desconocido³. Un ejemplo de los métodos convencionales es el odontograma, el cual es un registro de la información del paciente. Estos se encuentran en problemas cuando están incompletos o cuando el acceso es limitado o lento, por lo cual, se han desarrollado registros digitales para lidiar con esas limitaciones. Además, este registro depende de la experiencia y conocimiento del profesional, así como de la calidad del soporte en donde se guardan (generalmente en fichas escritas) y su conservación en el tiempo.

Por lo mismo, disponer de herramientas como la Reconstrucción facial digital hace más rápido y efectivo el reconocimiento de personas ya que, con los nuevos softwares que permiten tener más información disponible y la tecnología 3D, llegan a ser lo más cercano a la imagen de la persona a reconocer.

2.1.1. Digitalización en Odontología Forense

La Ciencia Forense digital podría definirse como "la aplicación de la informática y los procedimientos de investigación para un propósito legal que involucre el análisis de evidencia digital"¹. En base a esta definición, podríamos explicar la Digitalización en Odontología Forense como la aplicación de softwares y tecnología digital en la

modernización y mejoramiento de técnicas convencionales en pro de llenar los vacíos de estas para mejorar el método de identificación de personas, haciéndolo más rápido, eficiente y disminuyendo el sesgo de muestreo.

2.2. Métodos de identificación convencionales en Odontología Forense

Odontograma

Es la norma esquemática que permite la codificación de la información dental registrada por el odontólogo, no solo en la práctica clínica sino también en la confección de fichas y sistemas específicos para la identificación forense. Sin embargo, este recurso gráfico aún no cuenta con un consenso de lenguaje internacional y ha sido cuestionada su configuración por la imposibilidad de registrar datos potencialmente identificatorios. Se ha sugerido una mayor cautela en la obtención y registro de los datos imagenológicos (radiografías, fotografías, modelos, etc.) pues permiten consignar información objetiva y difícil de recopilar en un odontograma (malposiciones, pigmentaciones, lesiones, etc). Esto posibilita asentar datos morfológicos incluso en ausencia de restauraciones (situación frecuente en niños y jóvenes) o edentulismo, y facilita la entrega de información sin barreras lingüísticas⁴.

La ficha dental post mortem u odontograma es un formato esquemático de carácter legal que debe ser confeccionado por un odontólogo, donde registra las características bucodentales de un cadáver no identificado, con el propósito de compararlo con una ficha dental ante-mortem y poder Identificarlo. La identificación se basa en una comparación entre características conocidas de un individuo desaparecido con características recuperadas de un cuerpo desconocido. Cuando no se dispone de la identidad o no hay registros ante-mortem, se realiza un registro post-mortem detallado por un profesional forense para aportar información como la edad, el sexo y la ascendencia, lo que se conoce como perfilado dental post-mortem. Un registro dental ante-mortem contendrá notas escritas, cuadros, diagramas, historiales médicos y dentales, radiografías, fotografías clínicas, modelos de estudio, resultados de pruebas específicas, recetas, cartas de referencia y otra información. Su precisión y

disponibilidad son de vital importancia en la velocidad y eficacia de la identificación. Se encuentran problemas cuando los registros dentales están incompletos, irregulares, perdidos o dañados y tienen radiografías de mala calidad⁵.

Autopsia oral

La autopsia oral ayuda a hacer un registro dental post-mortem adecuado, principalmente a registrar los dientes presentes en la cavidad oral, los tratamientos dentales recibidos ante-mortem, el tipo de oclusión y el estudio de malposiciones.

Dentro del campo de la medicina forense, la evidencia dental se considera el método de identificación más confiable; se debe obtener el consentimiento del médico y también del investigador para realizar una autopsia oral después de explicar el procedimiento completo⁶. Este procedimiento es más sencillo, rápido y conserva la configuración facial, lo que puede ayudar en el reconocimiento visual de los restos por parte de los familiares y otras personas interesadas. El procedimiento incluye⁶.

- Una incisión que debe realizarse desde el ángulo de la boca hasta el tragus de la oreja a cada lado.
- Un cuidadoso plegado de los tejidos de los labios y las mejillas.
- Sección de los músculos y el ligamento capsular de la articulación temporomandibular.
- Apertura de la cavidad bucal por tracción permitiendo la visualización de las arcadas dentarias inferior y superior.
- Obtención de los registros fotográficos del caso.
- Extracción de prótesis, aparatos de ortodoncia y ortopédicos, y cualquier objeto extraño que pueda estar presente en boca.
- Trazado de la boca en el registro dental post-mortem.
- Descripción de las anomalías de forma, posición y tamaño de los dientes.
- Toma de fotografías adecuadas para comparar con los registros ante-mortem.

→ Información obtenida se compara con los datos ante-mortem para establecer la identidad.

Fotografía bucodental

Las fotografías clínicas pueden registrar los dientes de un paciente con cierto detalle. Pueden ser útiles para comparar con fotografías similares de los dientes de una persona fallecida. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la duplicación de fotografías AM en una situación PM puede presentar dificultades. Los cadáveres no suelen cooperar y la descomposición, la incineración o el rigor mortis pueden presentar problemas graves⁷.

Fotografías que muestran caras sonrientes: Recientemente, se ha vuelto común que las personas publiquen *selfies* sonrientes en las redes sociales, estas pueden representar una fuente de información dental ante-mortem. Puede ser posible superponer una fotografía post-mortem de los dientes de una víctima sobre los dientes que se muestran en una fotografía de una persona desaparecida. Sin embargo, las imágenes en las redes sociales suelen tener baja resolución. Se necesita una gran habilidad para replicar con precisión la distancia y la posición de la cámara al asegurar una imagen de post-mortem para comparar, aunque hay protocolos disponibles, pero los cadáveres no pueden adoptar la posición de una persona viva. En el caso de una imagen de retrato profesional ante-mortem, es posible que la cámara deba colocarse a una distancia de hasta 2 metros de los dientes, lo que puede ser difícil post-mortem. Puede ser más sencillo utilizar datos de una reconstrucción 3D de CT o de un escáner 3D para lograr un resultado⁷.

La identificación de restos humanos esqueletizados plantea desafíos y requiere un enfoque multidisciplinario para establecer una correlación positiva entre los restos recuperados y la identidad de los muertos; los registros ante-mortem de traumatismos dentales, o cualquier condición patológica juegan un papel sumamente valioso, permitiendo comparar los hallazgos en los exámenes post-mortem. Por ello, es imperativo que los antropólogos forenses y odontólogos soliciten pruebas a los familiares, que busquen cualquier tipo de radiografías o fotografías de sonrisas que muestran los dientes que contienen caracteres únicos del desaparecido⁸.

Queiloscopia

Se considera una herramienta útil para establecer la identidad humana. Se ven diferentes patrones de surcos en la impresión de un labio, que se identifican ya en la sexta semana de vida intrauterina. Juntos, forman marcas que son únicas para cada persona, y su morfología no cambia con el tiempo. Las huellas de labios se ven generalmente como marcas visibles de lápiz labial como se muestra en la figura 1. Sin embargo, las huellas latentes también son comunes. Estas son producidas por la humedad de la boca y por los aceites de las glándulas sebáceas ubicadas en la parte cutánea de los labios. El uso de sustancias específicas, como polvo de aluminio, polvo de plata metalizada, polvo de nitrato de plata, polvo de carbonato de plomo y colorantes lisocromos, entre otros, es necesario para desarrollar huellas labiales latentes⁹.

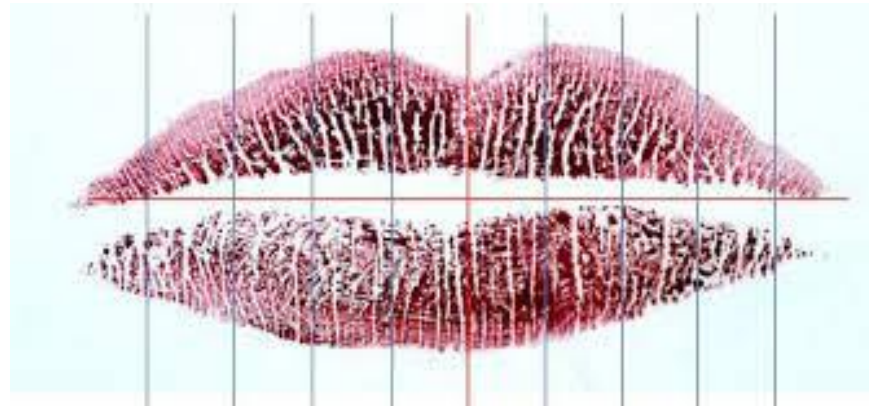


Figura 1: Representación referencial de huellas de labios.

Radiología bucodental

Las radiografías son un registro dental más objetivo y confiable. Registran un negativo de los objetos que se proyectan contra un sensor cuando se iluminan con radiación X (los objetos radiopacos se muestran en blanco). Registran exactamente lo que está presente de forma visual, por lo que no presentan los problemas subjetivos de grabación e interpretación que plagan los registros dentales escritos y, por lo tanto, pueden usarse para confirmar la información que contienen estos registros. También pueden mostrar restauraciones que pueden no ser evidentes en boca. Por lo tanto,

son un recurso valioso, pero son bidimensionales (2D) y deben usarse en conjunto con registros escritos que pueden contener información adicional sobre el tratamiento realizado después de que se tomó la radiografía. Pueden revelar información que no es visible en un examen dental en boca, por ejemplo, la presencia de tratamientos de conducto⁷.

Rugoscopia

Las arrugas palatinas de los mamíferos son una serie de crestas transversales conservadas situadas en el paladar duro anterior que se extienden lateralmente desde la papila incisiva y el rafe medio con una periodicidad y morfología que contribuyen a un patrón único como se muestra en la imagen de referencia (figura 2). Este patrón demuestra rasgos genéricos específicos de la especie, pero también individualidad dentro de la misma; en humanos, hay entre 2 y 7 arrugas de morfología variable situadas a cada lado de la línea media¹⁰. Estas crestas se pueden clasificar en curvas, rectas, onduladas y ramificadas. El patrón de estas arrugas se considera exclusivo de un individuo.

En los casos en los que la identificación dental PM no es posible, como en las bocas edéntulas, las arrugas palatinas se pueden utilizar como complemento. Las deficiencias en la aplicación de la rugoscopia como herramienta definitiva en odontología forense son muchas. La identificación post-mortem no es posible sin los registros ante-mortem. Los patrones de rugosidad complejos (patrones que no pueden clasificarse en un grupo en particular) pueden causar errores intra o inter-observador. En una situación que involucra fuego, las arrugas palatinas a menudo se destruyen, y también porque la descomposición y la esqueletización pueden ocurrir en menos de 6 semanas en verano y 4 meses en invierno; la rugoscopia no tiene aplicación después de este período estipulado³.

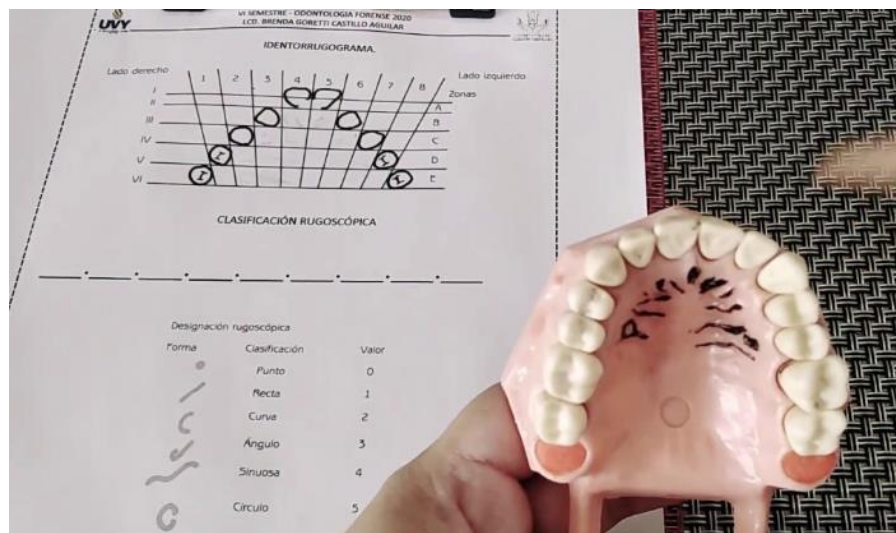


Figura 2: imagen referencial de rugoscopia

Marcador de prótesis dental

Si bien los registros dentales juegan un papel importante en la odontología forense para la identificación de víctimas, delincuentes y heridos, cuando las situaciones son extremas como desastres, incendios o ataques terroristas, los cuerpos se destrazan o descomponen a tal punto que es imposible identificar a los individuos a partir de los parámetros odontológicos comúnmente utilizados. Aquí viene el papel del prostodoncista, que puede incorporar varias etiquetas en la prótesis que contienen datos relacionados con la identidad proporcionando pistas de identificación sobre un individuo¹¹. Algunas técnicas para etiquetar o marcar prótesis en pacientes completamente edéntulos incluyen:

- Código de barras: representa datos variando los anchos y espacios de las líneas paralelas como se muestra en la imagen de la figura 3. Estos códigos se pueden escanear con lectores de códigos de barras o escáneres ópticos. El código de barras se ha incorporado a la prótesis debajo de una fina capa de acrílico transparente, que se puede escanear fácilmente y ayudará a recuperar los datos que ya están codificados. Otra ventaja de esta modalidad es que se puede almacenar información adicional como registros clínicos, radiográficos y fotográficos del paciente. La limitación es que los datos serán accesibles solo

para el dentista que haya generado el código de barras y no estarán disponibles universalmente¹¹.



Figura 3: imagen referencial de una prótesis removible con código de barras.

- Tarjetas de memoria Micro SD: también se pueden incorporar en las prótesis, recortando una parte del acrílico del porte de la tarjeta Micro SD y luego cubriéndose con resina acrílica autopolimerizante. Estas tarjetas contienen datos que se pueden recuperar posteriormente si es necesario, lo que podría ayudar en la identificación. Esta modalidad tiene una ventaja adicional sobre el código de barras porque, cuando sea necesario, los datos pueden ser recuperados por cualquiera de las personas interesadas¹¹.

Huellas de Mordida

Las huellas de mordidas es una evidencia vital en el caso de delito y abuso (imagen referencial en la figura 4). Registrar, comparar y determinar si la marca es realmente el resultado de una mordedura es importante para un odontólogo forense. El conocimiento sobre las alineaciones del arco y la morfología dental específica de los animales también es necesario para que un odontólogo forense pueda distinguir las mordeduras humanas de las no humanas³.



Figura 4: imagen referencial de medición de huella de mordida.

2.3. Métodos de identificación facial en Odontología Forense

2.3.1. Reconstrucción Facial Forense (RFF)

La RFF es un método que busca recrear la apariencia facial de una persona a partir de su cráneo. Esta técnica puede ser el último recurso utilizado en una investigación forense, cuando las técnicas de identificación como el análisis de ADN, los registros dentales, las huellas dactilares y la comparación radiográfica no se pueden utilizar para identificar un cuerpo o restos óseos. El propósito de la RFF es recrear el rostro del difunto en el momento de su muerte, con suficiente semejanza para contribuir a su reconocimiento e identificación. Las reconstrucciones faciales precisas son aquellas que deben reconocerse fácilmente (a la persona a la que pertenece el cráneo)¹². Para realizar la reconstrucción facial son necesarios los datos del grosor de los tejidos blandos faciales. En la literatura científica se ha descrito diferencias en el grosor entre grupos étnicos¹².

Las técnicas de reconstrucción facial contemporáneas incluyen técnicas bidimensionales o tridimensionales manuales y tridimensionales computarizadas.

Básicamente, las técnicas consisten en definir la profundidad de tejidos blandos en puntos específicos del cráneo, diseño de la musculatura facial y determinación de la morfología facial¹³.

Para la definición de la profundidad de los tejidos blandos en puntos específicos del cráneo se utilizan tablas elaboradas sobre la base de estudios de población. La literatura señala que estos métodos varían según el grupo étnico, el género y la edad. Sin embargo, su fiabilidad puede verse perjudicada por la falta de registros sobre el grosor de los tejidos en una población específica¹³.

El reconocimiento humano mediante reconstrucción craneofacial tridimensional puede ser muy útil para identificar cadáveres desconocidos, víctimas de delitos violentos y genocidio¹². Ya que el cráneo es el elemento de diagnóstico fundamental del esqueleto en toda identificación, más que cualquier parte del esqueleto, forma el marco de las características de la cabeza y el rostro y permite que se forme una imagen de la apariencia facial del difunto¹⁴.

Aunque hay muchos autores que recomiendan el uso de la RFF, su precisión es controvertida y ha sido cuestionada por varios autores¹².

2.4. Métodos de identificación Digitales en Odontología Forense

La Odontología Forense es considerada como un método confiable de identificación humana. Varios métodos de análisis científico y recopilación de datos han experimentado una transformación significativa en esta área de estudio para adaptarse a la identificación humana. Una de las grandes mejoras en esta materia es la asimilación entre la Odontología Forense y las tecnologías de la información, como las técnicas de imagenología dental, el análisis de marcas de mordida y la preservación de los registros dentales¹.

La técnica de imagen digital común que se utiliza en la identificación dental se lleva a cabo utilizando el enfoque bidimensional (2D), como la comparación de imágenes radiográficas, fotografías e identificación visual. Además de las imágenes 2D, muchos estudios utilizan el Sistemas de Imágenes tridimensionales (3D) para obtener resultados más precisos en la identificación forense^{1,15}.

Se han desarrollado muchos dispositivos y software de imágenes 3D para lograr pruebas forenses más sólidas para los tribunales y con fines médico-legales. El enfoque de imágenes 3D en la identificación forense ofrece documentación, análisis y visualización de evidencia dental con una distorsión dimensional mínima¹⁵.

Registros dentales digitales

Los registros dentales digitales o expediente dental es un documento oficial que contiene toda la información relacionada con el paciente, como el historial de la enfermedad actual, el examen clínico, el diagnóstico, el tratamiento realizado y el pronóstico. Los dentistas deben poseer el conocimiento y la conciencia adecuados sobre el mantenimiento de registros para uso futuro en diversas circunstancias legales, ya que los registros incompletos podrían resultar en una identificación incorrecta de la persona por medios dentales¹.

Radiografía forense digital

Las radiografías digitales han revolucionado las investigaciones forenses que utilizan los radiólogos en entornos hospitalarios grandes para la identificación rápida y precisa de víctimas de causalidad masiva junto con el DCC (Direct Client-to-Client) basado en Internet. En estas situaciones, los métodos convencionales de exponer las radiografías y luego compararlas manualmente con los registros dentales son un proceso engorroso y que requiere mucho tiempo. También desempeñan un papel en los casos de identificación in situ en los que los cuerpos se queman o mutilan gravemente. La comunicación por satélite permite la transmisión digital de imágenes al centro de mando sin perder los detalles de la imagen¹.

Fotografía digital

La fotografía es el mejor método para recolectar y preservar evidencia en casos forenses, especialmente en los casos de humanos¹. Es una técnica esencial utilizada en el campo de la odontología forense que desempeña un papel importante en las investigaciones de delitos, así como en cuestiones médico-legales, lo que también se conoce como "fotografía de la escena del crimen"¹⁶. La principal importancia de la fotografía en la odontología forense es que es económico y proporciona pruebas a un

ritmo más rápido, es útil para evaluar la posición y ubicación de un objeto y su relación con otros objetos que es difícil o imposible de explicar en su totalidad. Cada fotografía tomada en la escena de un crimen puede presentarse ante un tribunal como prueba física; por lo tanto, el fotógrafo de la escena del crimen debe tener un conocimiento adecuado de la mecánica y las habilidades técnicas para la documentación adecuada de las pruebas¹⁶.

En el análisis de abuso y marcas de mordeduras, la documentación fotográfica precisa de la lesión es fundamental, ya que proporciona un registro permanente de la lesión y el análisis comparativo de la dentición del sospechoso con la mordedura depende de la captura exacta de la marca de la mordedura en la víctima¹.

Escáneres ópticos tridimensionales intraorales

El escaneo directo e indirecto del arco dental mediante el uso de escáneres intraorales ha mejorado significativamente la precisión de las impresiones de las marcas de mordida¹. Los escáneres de contacto 3D (punto a punto o lineales) analizan la superficie del objeto mediante el uso de una sonda con una punta de zafiro o acero duro. La principal limitación es un mayor tiempo para realizar un escaneo punto a punto; requiere contacto físico con el objeto y se vuelve difícil escanear superficies cóncavas. Para superar esto, se podrían usar escáneres láser u ópticos que emitan la luz láser para escanear la superficie del objeto, es decir, los detalles oclusales de los dientes en el arco dental. Las imágenes capturadas por el sensor son procesadas por el software de escaneo que genera múltiples nubes de puntos en diferentes posiciones, que luego se triangulan para crear un modelo de superficie 3D como se muestra en la imagen referencial de la figura 5. Estas imágenes en 3D se pueden comparar con las pruebas disponibles de marcas de mordidas, es decir, impresiones o fotografías¹. Los escáneres 3D intraorales han impedido el uso de cubetas de impresión y material que generalmente resulta en incomodidad para el paciente y brindan un análisis confiable, rápido y no invasivo de la evidencia de marcas de mordida¹.



Figura 5: imagen referencial de modelo de superficie 3D creado por un software mediante el uso de escáneres intraorales.

Superposiciones asistidas por computadora en el análisis de marcas de mordida

La comparación de la dentición del sospechoso con una lesión de marca de mordida utilizando superposiciones se realiza mediante varios métodos: el seguimiento manual, fotocopiado y el método reciente de generación de superposiciones asistido por computadora es el más confiable y preciso en comparación con otros métodos que también resultan en una gran cantidad de observadores parciales^{1,14}. En el método manual, se toma la impresión de alginato de los arcos maxilar y mandibular del sospechoso, y se preparan modelos de dentición con yeso dental. Luego, se coloca una hoja de acetato transparente directamente sobre los bordes de mordida del modelo dental, y luego se traza el perímetro de las superficies de mordida con un marcador fino de punta negra. Los bordes de mordida de los modelos dentales maxilares y mandibulares se trazan por separado en forma de herradura. En el método asistido por computadora, los modelos dentales primero se escanean con bordes de mordida en la placa de vidrio del escáner. A continuación, las imágenes se abren en una computadora mediante el software Adobe Photoshop y Magical Wand Selection Tool realiza una selección gradual de los bordes de mordida. Los contornos de los bits se reproducen y finalmente se genera la superposición¹. Los bordes de mordida de las superposiciones de dentición sospechosa se comparan con la lesión de la marca de mordida según los criterios de coincidencia, la puntuación se realiza: una puntuación

de 0, una puntuación leve de 1, una puntuación de moderada 2 y una puntuación de 3 de excelente coincidencia¹. Recientemente, el nuevo software “Dental Print” genera superposiciones de comparación a partir de imágenes 3D de modelos dentales sospechosos. Estas superposiciones son más precisas y es difícil manipular imágenes 3D por tercera persona. En las próximas décadas, estos métodos basados en computadora, especialmente el software Dental Print 3D recientemente introducido, facilitarán el análisis de marcas de mordida de una manera más sofisticada, reduciendo las posibilidades de manipulación y errores¹.

Virtopsia / Autopsia virtual

La virtopsia es una tecnología emergente mínimamente invasiva y multidisciplinaria que combina medicina y patología forense, radiografía, física, biomecánica y gráficos por computadora para reflejar un rostro ético en el examen forense. La Virtopsia en pocas palabras combina una tecnología radiográfica, técnicas de imágenes médicas 3D y un escaneo de superficie 3D muy poderoso utilizado en el diseño de autos con la potencia y resolución de las computadoras modernas como se muestra en la figura 6. Es una herramienta clave que ayuda a establecer la forma y la causa de la muerte. Además, evita la necesidad de diseccionar físicamente el cadáver, ya que permite el mapeo de la superficie externa del cuerpo, registrando y documentando la imagen 3D del área corporal en detalle, lo que permite a los examinadores e investigadores descubrir pistas importantes de forma más rápida y eficaz. Los escaneos guardados se pueden reproducir, lo que permitiría a los investigadores traer más expertos ¹⁷. La Virtopsia incluye las siguientes herramientas:

- Escaneo de superficie 3D utilizando un escáner de superficie óptico basado en fotogrametría 3D¹⁷.
- TC post-mortem (PMCT) con adyuvantes como biopsia guiada por PMCT (biopsia pm y angiografía guiada por PMCT¹⁷).
- Resonancia magnética post mortem (pm-MRI)¹⁷.

El primer paso para realizar una virtopsia es preparar el cadáver para la obtención de imágenes. Colocando discos a lo largo del exterior del cuerpo, de modo que el escaneo

de la superficie y el escaneo del interior puedan alinearse fácilmente. Estos discos marcan puntos que se pueden utilizar para convertir las imágenes en una sola imagen cohesiva¹⁷.

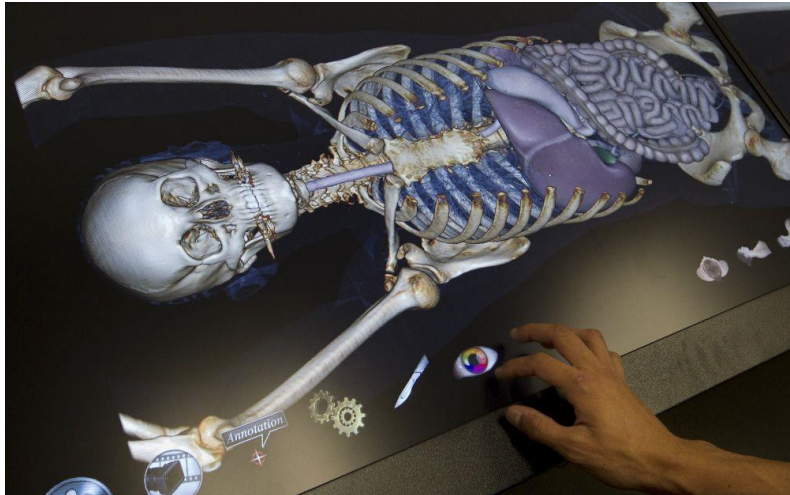


Figura 6: imagen referencial de virtopsia.

El Virtibot (máquina robótica) se usa para evitar imprecisiones inter-personales colocando los marcadores en la superficie del cuerpo. Esto hace que los resultados de la virtopsia sean más estandarizados y precisos. Los procesadores de la computadora utilizan los marcadores para calibrar el escaneo exterior del cadáver y hacer coincidir con los procesos de imágenes internos¹⁷.

Una vez que el virtibot coloca los marcadores, crea un modelo 3D del color del cadáver. El escaneo usa cámaras estereoscópicas, y se usa un proyector para proyectar un patrón de malla en el cuerpo. Estas cámaras tienen una resolución de 0,02 mm. El robot se mueve sobre el cuerpo creando una imagen en 3D y en tan solo 10 segundos¹⁷.

Después del escaneo de superficie, el cuerpo se prepara para ser sometido a una Tomografía computarizada y una Resonancia magnética (MRI), generalmente con doble cubierta dentro de una bolsa azul a través de la cual los rayos X pueden pasar fácilmente, para evitar la contaminación y luego el cuerpo se coloca sobre la mesa deslizante del CT, MRI y Espectroscopia de resonancia magnética (MRS). La bolsa permanecerá cerrada mientras se escanea tanto para respetar la privacidad, mantener

la higiene como para no ser molestado por ningún personal no forense en la habitación. Con la tomografía computarizada, en 20 s. y se adquieren hasta 25.000 imágenes; cada una es un corte a través del cuerpo¹⁷. La información de los escaneos del interior y de la superficie se envía a potentes ordenadores donde se combinan los datos, que se procesan aún más mediante programas asistidos por ordenador y procesadores gráficos ultrapotentes. En 10 minutos, se reconstruyen imágenes nítidas y detalladas de huesos y tejidos a partir de los datos obtenidos de los cortes¹⁶. Diferentes tejidos, objetos extraños y sustancias corporales absorben los rayos X del escáner en cantidades variables y los diferentes niveles de absorción se traducen en una visualización 3D de diferentes colores y opacidades. Un patólogo tiene la libertad de pasar a través de las capas de piel virtual y músculo con un clic¹⁷.

Las imágenes pueden manipularse y girarse en varios ángulos, lo que proporciona una flexibilidad instantánea que no existe en la autopsia convencional¹⁶. Después del análisis del modelo 3D, se puede realizar una biopsia con aguja si se necesitan muestras corporales internas. El Virtibot evita exponer la mano de alguien debajo de la tomografía computarizada para extraer la biopsia. Todos los datos escaneados se capturan y guardan¹⁷.

Impresión tridimensional

En el mundo digital, el uso de la impresión 3D con fines de investigación o judiciales constituye una técnica relativamente nueva, llevando las investigaciones forenses a un nuevo nivel que genera rápidamente una réplica física de un objeto, a partir de datos computarizados. Las imágenes de Tomografía Computarizada (TC) se utilizan comúnmente para la impresión 3D debido a la relativa facilidad de post-procesamiento de imágenes¹, es un método rápido y extremadamente preciso que puede garantizar un nivel adecuado de consistencia morfológica¹⁴.

Los cráneos antropológicos se escanean mediante TC y las secciones de la imagen se reconstruyen con vóxeles isotrópicos de 1,25 mm o menos. Debido a que las impresoras 3D no aceptan imágenes DICOM, se utiliza el formato de archivo de lenguaje de teselación estándar (STL) que define las superficies como una colección de triángulos, facetas triangulares que encajan como un rompecabezas. Las imágenes

DICOM son manipuladas por un software de fabricación asistido por computadora (CAD) 3D especializado que implica la segmentación de los tejidos deseados colocando la región de interés (ROI) alrededor de ellos y luego refinando la representación STL de la superficie del conjunto definida por estos ROI. Una vez completada la manipulación y el refinamiento, los datos en formato de archivo STL se transfieren a impresoras 3D que fusionan capas 3D sucesivas del objeto. Esta técnica también se conoce como "impresión de capa aditiva", ya que los cortes de CT se imprimen secuencialmente como capas 2D que se pueden organizar o fusionar para crear modelos de colores 3D que representan estructuras anatómicas. Los modelos finales son anatómicamente precisos y fáciles de entender, ya que crean representaciones coloreadas de huesos, vasos sanguíneos y tejidos blandos¹. La precisión de las mediciones antropológicas obtenidas en reconstrucciones 3D de los cráneos es comparable y no significativamente diferente del ensayo manual de los cráneos¹⁴. La impresión 3D tiene amplias aplicaciones forenses, que incluyen análisis de marcas de mordida, rugoscopia, queiloscopía, reconstrucción facial, determinación del sexo, superposición o identificación, estimación de edad e ilustra el patrón de lesión ósea. Son muy útiles para resolver casos de delitos y presentar pruebas a los tribunales^{1,14}. Los costos están disminuyendo a medida que esta tecnología se utiliza en varios campos; y hay un nuevo software con mejor resolución en camino para una mejor utilización de esta tecnología¹.

Microscopios de comparación Forense

Consiste en dos microscopios compuestos que se colocan de lado a lado y permiten al experto forense ver ambas muestras a través del ocular central. Emplea un sistema de cámara digital para ver y comparar simultáneamente ambas imágenes para ver si son idénticas o diferentes. Además, existen múltiples lentes para ampliar las imágenes que finalmente se transfieren al monitor de la computadora o la pantalla LED. Estos son muy beneficiosos para los expertos forenses, ya que no tienen que depender de la memoria, al comparar dos imágenes como con un microscopio convencional¹.

BioRobots forenses

Está bien documentado que el ácido desoxirribonucleico (ADN) es una fuente confiable para la identificación humana, y su uso en investigaciones criminales ha crecido rápidamente en los últimos años. Los robots forenses han ayudado a los laboratorios a automatizar el proceso de muestreo de ADN que implica extracción, cuantificación y dilución. Estos apuntan principalmente a mejorar la eficiencia y permiten que el científico forense se concentre en el análisis y la interpretación en lugar de en las tareas de procesamiento. Por lo tanto, ahorran tiempo al acelerar el proceso de elaboración de perfiles de ADN y también reducen los errores humanos¹.

2.5. Métodos de identificación facial digital en Odontología Forense.

2.5.1. Reconstrucción facial computarizada

La reconstrucción facial es una herramienta forense que implica el reconocimiento de un cráneo para la identificación positiva de un individuo. Es un proceso alternativo en el que no se dispone de pruebas y el rostro del cuerpo desconocido está severamente mutilado por animales, agresiones físicas, etc., hasta tal punto que ni siquiera la fotografía digital pudo establecer la identidad¹.

El rostro humano se puede reconstruir en 2D o 3D, manualmente o en un entorno virtual¹⁷ como se muestra en la figura 7. La técnica manual utiliza material de modelado, como plastilina, bizcocho o arcilla, mientras que la técnica asistida por ordenador permite la reconstrucción en un entorno virtual basado en el escaneo del cráneo, utilizando software específico de edición y modelado. Incluso, se puede utilizar software gratuito, que puede producir reconstrucciones faciales en 3D con niveles plausibles de precisión y semejanza y puede ser recomendado para investigaciones forenses¹⁸ se insertan marcadores de profundidad de tejido que representan la profundidad de los tejidos blandos en los pequeños orificios del yeso del cráneo en puntos específicos y, finalmente, la reconstrucción se realiza por tres métodos¹. El Método americano antropométrico o método de profundidad del tejido desarrollado por Krogman en 1946, el Método Anatómico Ruso desarrollado por Gerasimov en 1971 y el método combinado de Manchester o británico en 1971 desarrollado por Neave¹.



Figura 7: imagen referencial de CRF a través de un softwares de imagen 3D.

Independientemente del método elegido, será de gran utilidad para el reconocimiento del rostro recreado por familiares o personas cercanas al individuo cuya identidad está siendo cuestionada en el ámbito civil y/o penal. siempre que se respeten las mejores prácticas en la ejecución de la técnica. Como tal, puede ser de gran valor en el proceso de identificación¹⁸.

El avance del software ha llevado al desarrollo de sistemas computarizados de reconstrucción facial en 3D para recrear la morfología facial característica que depende de los rasgos esqueléticos. El cráneo se digitaliza, primero con un escáner láser y una cámara de video conectada a una computadora, formando una superficie 3D completamente sombreada. Varios marcadores que indican el lugar, se colocan profundidades de tejido en diferentes lugares seleccionados del cráneo¹. Algunos sistemas computarizados emplean software animado en 3D, mientras que pocos modelos se enfrentan al cráneo mediante sistemas de escultura virtual con retroalimentación háptica que tiene la ventaja de poder sentir la superficie del cráneo, proporcionar detalles importantes de la superficie para la reconstrucción facial, como la fuerza de la unión muscular, la posición del ojo, y posición del tubérculo malar. Los

sistemas computarizados son más rápidos, fáciles, eficientes y rentables que los métodos de reconstrucción manual, disminuye la subjetividad y la habilidad de los profesionales, recrea múltiples imágenes del mismo rostro de manera eficiente y proporciona una apariencia facial realista que simula fotografías¹. Por tanto, la aproximación facial forense debe ser considerada como un recurso de reconocimiento individual que conduce al objetivo final: la identificación humana mediante la implementación específica de exámenes primarios (registros dentales o ADN) para establecer (o no) la identificación del desaparecido¹⁸. Aunque, la reconstrucción facial en 3D se ha investigado y difundido ampliamente en el mundo académico, se ve muy poco en el uso de servicios policiales y expertos¹⁸.

2.6. Beneficios y limitaciones

Los registros dentales digitales *Antemortem* reemplazan los registros físicos, incluyendo la historia clínica, el tratamiento dental y/o el odontograma de un paciente. Las radiografías digitales y los datos de CT, CBCT y 3D (son digitales por naturaleza) facilitan el almacenamiento de la información y preservan la calidad de ésta por periodos prolongados. Los datos correspondientes *Post-Mortem* pueden y deben ser de naturaleza digital siempre que sea posible, y se debe evitar el procesamiento químico de películas de rayos X, ya que posteriormente deben digitalizarse para su almacenamiento en una computadora que presenta posibles problemas de calidad ⁽¹⁾. La falla en el etiquetado y almacenamiento de Radiografías físicas ya sea de un paciente (*Ante-Mortem*) o de una víctima (*Post-Mortem*) después del procesamiento son otras dos posibles fuentes de error. Las principales ventajas de los datos digitales son que pueden almacenarse durante períodos de tiempo muy prolongados en tecnologías de almacenamiento cada vez más amplias. Se pueden (y se deben) respaldar de forma rutinaria, incluso en instalaciones seguras basadas en la nube, para garantizar su integridad y permanencia continuas. La copia de seguridad fuera del sitio también garantiza que sea menos probable que se pierdan si se destruye una consulta o instalación dental (o depósito de cadáveres). Los datos digitales se pueden transmitir muy rápidamente y se reciben con características idénticas a cuando se transmitieron; no hay pérdida de resolución ni de calidad. Son inmediatamente útiles una vez

recibidos; Las imágenes no requieren más escaneos como las radiografías físicas, y debido a que las radiografías originales o los modelos dentales no se envían, las copias idénticas permanecen en la fuente para que sea menos probable que se pierdan los registros durante el procedimiento de identificación (que también debería incluir una estrategia de copia de seguridad de datos). Los datos de imagen se pueden importar directamente a un programa informático, lo que reduce una posible fuente de error⁷. El uso de la grabación de datos dentales Post-Mortem en formato digital es una oportunidad más para garantizar que los datos se ingresen directamente en un programa de computadora como DVISys, eliminando una fuente de error de transcripción. El uso extensivo de datos digitales y la transmisión de datos requiere un acceso sólido a Internet en el Centro de Identificación de Víctimas de desastres masivos y esto puede no estar fácilmente disponible en países en desarrollo o en ubicaciones remotas. La planificación de identificación masiva de víctimas de desastres debe tener esto en cuenta al formular su estrategia para manejar datos Ante-Mortem⁷.

Las técnicas de identificación dental dependen de la presencia de restos dentales adecuados, y de la disponibilidad y calidad de los registros dentales. A veces, los registros dentales pueden no completarse de forma rutinaria para el tratamiento dental. A medida que los dentistas ingresan al campo forense en esos países (un proceso que ahora se está generalizando y acelera gracias a conferencias, reuniones y la facilidad de consulta con otros especialistas a través de redes sociales restringidas), reconocimiento entre los odontólogos, las asociaciones dentales locales y los organismos gubernamentales para garantizar que los registros dentales se registren, mantengan y conserven se promueve en la literatura. Lamentablemente, incluso en algunos de los principales países desarrollados, la legislación o los estatutos sólo exigen la conservación de los registros dentales durante un número limitado de años. Dado que los registros dentales (incluidas las imágenes) son cada vez más de naturaleza digital, y dado que las capacidades de almacenamiento están aumentando a un ritmo muy rápido, no está claro por qué esto no se puede abordar para aumentar los tiempos de retención de forma indefinida. El tema del almacenamiento de registros físicos y modelos de estudios dentales es un problema en vías de extinción para

quienes han migrado a las tecnologías digitales, y esta es una tendencia que sólo puede continuar. Además, los registros digitales se pueden respaldar fácilmente fuera del sitio, lo que los hace menos susceptibles a la destrucción si una práctica dental se destruye físicamente durante un desastre⁷.

Objetivos

3.1. General:

- Analizar los métodos de identificación digital facial según la literatura *en Odontología Forense*, sus beneficios y limitaciones.

3.2. Específicos:

1. **Describir** los métodos de identificación facial digital en Odontología Forense.
2. **Identificar** las ventajas de los métodos de identificación facial digital en Odontología Forense.
3. **Caracterizar** las limitaciones en estos métodos de identificación digital facial en Odontología Forense.
4. **Determinar** el nivel de evidencia de la literatura sobre los métodos de identificación facial digital en Odontología Forense.

Materiales y Métodos

4.1. Diseño

Revisión crítica de la literatura

4.2. Estrategia de Búsqueda

Para realizar esta revisión crítica se realizó una recopilación de artículos de la literatura atinentes al tema, incluyendo Odontología legal y forense y antropología, con el fin de responder a la pregunta de investigación “**¿Cómo han impactado en la Odontología Forense los métodos digitales de identificación facial en base a software de reconocimiento y procesamiento de imagen actuales según la literatura?**”

Las palabras claves utilizadas para la búsqueda fueron: “*facial forensic reconstruction, Human identification y Digital*”.

La búsqueda se realizó en las bases de datos de *Pubmed, ScienceDirect y WorldWideScience* lo cual se especifica en la tabla I, II, II.b III y III.b.

Búsqueda de palabras	Palabras clave	Resultados
#1	<i>Facial Forensic Reconstruction</i>	167
#2	<i>Human Identification</i>	52659
#3	<i>Digital: Search “image Processing, computer-Assited” [Mesh]</i>	143
	#1 AND #2 AND #3(mh)	48

Tabla I: Estrategia de búsqueda con las palabras clave utilizadas en la base de datos PubMed.

*Las palabras entre comillas (“”) en Pubmed conduce a una búsqueda de esta palabra y otras relacionadas a este término.

* mh significa término encabezados MeSH.

Campos de búsqueda avanzada en ScienceDirect	Resultados
Forensic facial reconstruction AND Human identification AND Digital Journal title: Forensic	23

Tabla II: Estrategia de búsqueda con las palabras clave utilizadas en la base de datos ScienceDirect.

Búsqueda de palabras	Palabras clave	Resultados
#1	<i>Facial Forensic Reconstruction</i>	121
#2	<i>Human Identification</i>	1933
#3	<i>Digital: Search “computer-Assited”</i>	239
	#1 AND #2 AND #3	23

Tabla II.b: Estrategia de búsqueda con las palabras clave utilizadas en la base de datos ScienceDirect.

Campos de búsqueda avanzada en WorldWideScience	Resultados
Facial forensic reconstruction AND Human identification AND Digital / Title: forensic facial	32

Tabla III: Estrategia de búsqueda con las palabras clave utilizadas en la base de datos WorldWideScience.

Búsqueda de palabras	Palabras clave	Resultados
#1	<i>Facial Forensic Reconstruction</i>	104
#2	<i>Human Identification</i>	87
#3	<i>Digital</i>	86
	#1 AND #2 AND #3	32

Tabla III.b: Estrategia de búsqueda con las palabras clave utilizadas en la base de datos WorldWideScience.

4.3. Criterios de selección y exclusión

4.3.1. Criterios de exclusión

Se evaluaron los artículos obtenidos por su título y resumen, con la finalidad de excluir los no atinentes al tema de búsqueda, sobre las limitaciones y beneficios de los métodos de identificación facial digitales utilizados en Odontología Forense en la literatura. Además, se excluyeron los artículos duplicados, los fulltext no obtenidos, los capítulos de libros y los artículos en otros idiomas.

4.3.2. Criterios de selección

Se seleccionaron aquellos artículos cuyos textos, ya sea en español o en inglés, se encontraban completos, y estén relacionados con el tema de búsqueda, sobre las limitaciones y beneficios de los métodos de identificación facial digitales utilizadas en Odontología Forense en la literatura para su análisis posterior.

Los Criterios de inclusión y exclusión que se muestran en la tabla IV se usaron para especificar la búsqueda.

Base de datos	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Pubmed, ScienceDirect y WorldWideScience.	Idioma: inglés, español, Textos completos, Atingentes al tema de búsqueda.	Antigüedad máxima año 2015, Artículos duplicados, Fulltext no obtenidos, Capítulos de libros y Artículos en otros idiomas.

Tabla IV: Criterios de inclusión y exclusión para búsquedas en Pubmed, ScienceDirect y WorldWideScience.

4.4. Selección y clasificación de los estudios

La búsqueda arrojó un total de 103 artículos. Después de la eliminación de los artículos duplicados (n = 8), 95 fueron evaluados para su elegibilidad. Se excluyeron 15 artículos debido a que no cumplían con el idioma (inglés o español). Y se descartaron 56 estudios por el título y resumen. Y 1 se descartaron porque el Fulltext no estaba disponible. El organizador bibliográfico utilizado para el desarrollo de este estudio fue Mendeley. El algoritmo de búsqueda y resultados se resumen en la Figura 8.

4.5. Definición de las Variables

Las características de las variables descritas en los estudios revisados en este trabajo se detallan en la tabla V.

Nombre	Definición conceptual	Categoría	Tipo
Año de publicación	Fecha en que se publicó el artículo científico.	1. 2015 2. 2016	Independiente Cuantitativa

		3. 2017 4. 2018 5. 2019 6. 2020	Discreta
Tipo de estudio	Esquema general o marco estratégico que le da unidad, coherencia, secuencia y sentido práctico a todas las actividades que se emprenden para buscar respuesta al problema y objetivos planteados.	1. Revisión sistemática 2. Estudios clínicos 3. Estudio observacional de corte transversal 4. Estudio retrospectivo 5. Revisión literaria 6. Reporte de casos	Independiente Cualitativa Nominal
Idioma	Sistema de comunicación verbal o gestual, propia de una sociedad humana.	1. Inglés 2. Español	Independiente Cualitativa Nominal
Unidades estudiadas	Nº de entidades que van a ser objeto de medición.	Categorizado según cada artículo incluido	Independiente Cuantitativa Discreta
Tipo unidad de estudio	Entidad que va a ser objeto de medición y se refiere al qué o quién es sujeto de interés en una investigación.	Categorizado según cada artículo incluido	Independiente Cualitativa Nominal
Software	Término informático que hace referencia a un programa intangible, así como datos, procedimientos y pautas que permiten realizar distintas tareas en un sistema informático.	1. De imagen - De animación y modelado 3D - Reconstrucción y diseño 3D - Almacenamiento y	Cualitativa nominal

		reconocimiento de imágenes <ul style="list-style-type: none"> - Escaneo y procesamiento 2. Estadísticos <ul style="list-style-type: none"> - Para métricas de error - Calculo técnico 	
Objetivo	Propósito que se desea alcanzar y en él se exponen de manera clara y precisa los resultados que se quieren obtener.	Categorizado según cada artículo incluido	Cualitativa nominal
Técnica de análisis	Operación intelectual que permite llegar al conocimiento detallado y profundo de un objeto.	Categorizado según cada artículo incluido	Cualitativa nominal
Precisión	Proximidad existente entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto, o de objetos similares, bajo condiciones específicas.	Categorizado según cada artículo incluido	Cualitativa ordinal
Nivel de reconocimiento	Capacidad que mide de forma única a una persona a través de la comparación y el análisis de patrones basados en sus contornos faciales.	Categorizado según cada artículo incluido	Cualitativa ordinal
Nivel de evidencia	Clasificación jerarquizada de la evidencia y los tipos de estudio	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alto 2. Moderado 3. Bajo 	Cualitativa ordinal

Beneficios	Utilidades, ventajas, mejoras o aquello que satisface alguna necesidad.	Categorizado según cada artículo incluido	Cualitativa nominal
Limitaciones	Probables debilidades, restricciones o problemas con los que el investigador se encontrará durante el desarrollo de su investigación o que quedan fuera de su cobertura.	Categorizado según cada artículo incluido	Cualitativa nominal

Tabla V: Definición de variables.

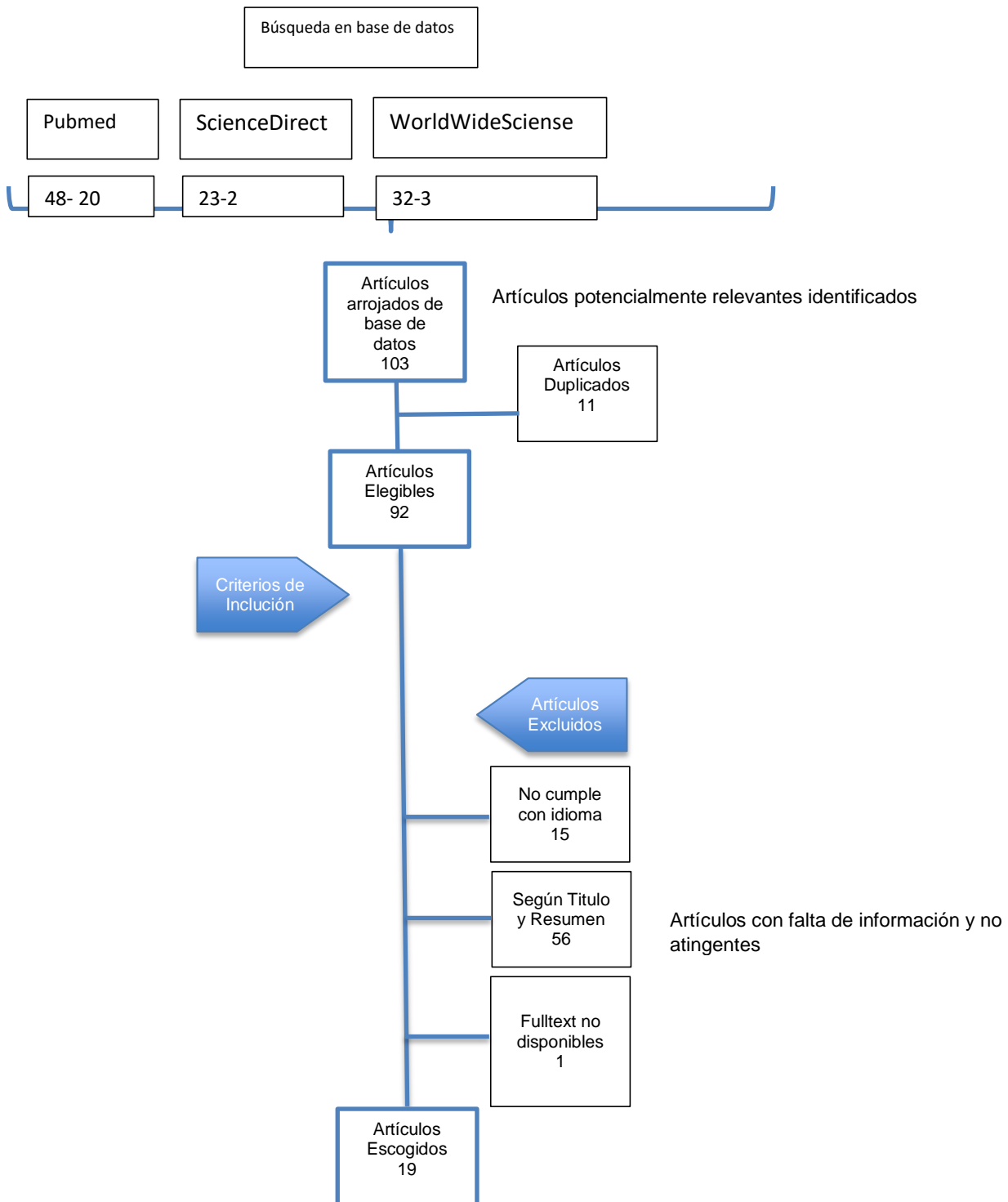


Figura 8: Algoritmo de búsqueda, selección y resultados de artículos

Resultados

La búsqueda arrojó un total de 19 estudios para su revisión completa y posterior discusión. Los principales hallazgos, Variables, Beneficios y limitaciones de los métodos de identificación facial digital en Odontología Forense discutidos en la revisión se esquematizan en la Tabla XIII.

5.1. Descripción de los estudios

Consistencia morfológica facial, su relación con la forma de cara, edad y sexo del sujeto para una CFR

En 7 artículos se estudian la consistencia morfológica facial y su relación con la forma de cara, edad y sexo del sujeto para una CFR (Reconstrucción craneofacial), evaluando distintas condiciones de los restos óseos ^{14, 19, 21, 24, 29, 31, 33} los cuales pueden apreciarse con más detalle en la tabla VI. De ellos, en 3 estudios se estimó la morfología de la nariz y su relación con el tipo de cara, edad y sexo del sujeto ^{19, 24, 33}, en 2 estudios se estimó la posición y las dimensiones de la boca ^{31, 33} y en 2 estudios se predijo la posición de los ojos ^{29, 33}. Por otro lado 5 artículos hablan que mediante análisis de **regresión lineal** mejoran las predicciones de la forma nasal externa ^{19, 24, 33} de la posición del globo ocular ^{29, 33} y de la proporción de los labios y ancho del a boca ^{31, 33}.

Autor/ Año	Estudio	Diseño	Software	Población	Objetivo y técnica de análisis
Lorkiewicz-Muszyńska et al. 2015 ¹⁴	Accuracy of the anthropometric measurements of skeletonized skulls with corresponding measurements of their 3D reconstruction	Estudio Clínico	Advantage Windows 4.4. Software Statistica® 10.0	10 cráneos esqueletizados de edad y sexo estimados de acuerdo con estándares antropológicos	Estudiar la consistencia morfológica facial para una CFR Comparar la precisión de las mediciones antropométricas de cráneos

	s obtained by CT scanning				esqueletizados con las mediciones correspondientes de sus CFR 3D mediante el valor de la r de Pearson dependencia lineal entre las dos variables.
Strapasson et al. 2019 ¹⁹	Forensic Facial Approximation: Study of the Nose in Brazilian Subjects.	Estudio Clínico	Horos® 1.1.7	246 TC de Adultos Brasileños (183 mujeres y 63 hombres). Edad media de 49,6 años.	Estimar la morfología de la nariz Mejorar las predicciones de la forma nasal externa mediante análisis de regresión lineal
Miranda et al. 2018 ²¹	Assessment of accuracy and recognition of three-dimensional computerized forensic craniofacial reconstruction	Estudio Clínico	Horos® 3.0 Blender® 2.78 MakeHuman® CloudCompare® 2.6.3 Picasa® 3.9	2 mujeres y 2 hombres Adultos Brasileños caucásicos entre 21 y 49 años	Estudiar la consistencia morfológica facial y su relación con la forma de cara, edad y sexo del sujeto para una CFR Evaluar la precisión usando datos de TC de sujetos vivos.
Lee et al. 2020 ²⁴	Assessment of nasal profiles for forensic facial approximation in a modern Korean population of	Estudio clínico	Mimics® 14.1	389 coreanos (188 hombres y 201 mujeres) de 20 años o más y un conjunto de prueba a partir de 30 cadáveres (15	Estimar la morfología de la nariz. Mejorar las predicciones de la forma nasal externa mediante análisis de regresión lineal

	known age and sex			hombres, 15 mujeres) de la base de datos Digital Korean Human Model.	
Kim et al. 2016 ²⁹	Three-dimensional prediction of the human eyeball and canthi for craniofacial reconstruction using cone-beam computed tomography	Estudio clínico	InVivo® 5.1.	100 estudiantes de ascendencia coreana, 50 hombres y 50 mujeres entre 23 y 31 años.	Predecir la posición de los ojos Mejorar las predicciones de la posición del globo ocular mediante análisis de regresión lineal .
Shui et al. 2016 ³¹	Densely calculated facial soft tissue thickness for craniofacial reconstruction in Chinese adults	Estudio clínico	CloudCompare® 2.6.2. MATLAB.	171 individuos adultos (100 hombres y 71 mujeres) de etnia Han entre 20 y 60 años.	Estimar la posición y las dimensiones de la boca Mejorar las predicciones de la proporción de los labios y ancho de la boca mediante análisis de regresión lineal
Deng et al. 2016 ³³	A regional method for craniofacial reconstruction based on coordinate adjustments and a new	Estudio clínico	OpenGL MATLAB	331 pacientes previstos para una cirugía o inspección preoperatoria de osteotomía	Estimar la morfología de la nariz Estimar la posición y las dimensiones de la boca Predecir la posición de los ojos

	fusion strategy.				Mediante técnicas de regresión lineal.
--	------------------	--	--	--	---

Tabla VI: Características de los estudios sobre consistencia morfológica facial y su relación con la forma de cara, edad y sexo.

TÉCNICA DE ANÁLISIS

- Regresion lineal
- Superposición de imágenes

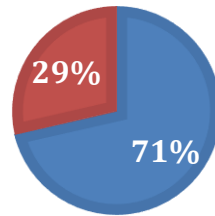


Figura 9: Técnicas usadas en los softwares de imagen para medir la precisión de las medidas de consistencia morfológica.

OBJETIVOS DE LOS ARTICULOS

- Consistencia morfológica facial
- Morfología de la nariz
- Posición y dimensiones de la boca
- Posición de los ojos

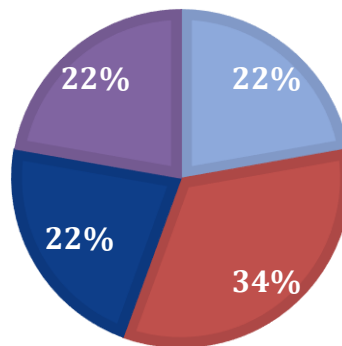


Figura 10: Objetivo de los estudios en predicción de las medidas de consistencia morfológica.

Grosos de los tejidos blandos faciales

Los grosos de los tejidos blandos faciales se analizaron en 5 estudios ^{20, 22, 25 30, 31}, mayormente explicados en la tabla VII. Con el propósito de ampliar la base de datos en distintas poblaciones para proporcionar un conjunto más completo de mediciones del grosor de los tejidos blandos faciales, para lograr Reconstrucciones faciales más precisas.

Autor/ Año	Estudio	Diseño	Software	Población (n)	País	Medición con:
Stephan et al. 2019 ²⁰	Facial soft tissue thicknesses in craniofacial identification: Data collection protocols and associated measurement errors	Revisión Sistemática	TDValidator	n/a	n/a	1. CBTC 2. TC 3. RX cefalométrica 4. MRI 5. Ultrasonido 6. punción con aguja
De Donno et al. 2019 ²²	Facial approximation: Soft tissue thickness values for Caucasian males using cone beam computer tomography	Estudio Retrospecti vo	ILUMA® CBCT Scanner	30 varones caucásicos entre 20 y 50 años.	Italia	CBTC (por otras razones no relacionadas con este estudio)
Gietzen et al. 2019 ²⁵	A method for automatic forensic facial reconstruction based on dense	Estudio Clínico	Turbosquid	26 hombres y 17 mujeres con una edad media de 28 años.	Alemania	TC y escáneres ópticos faciales

	statistics of soft tissue thickness					
Bulut et al. 2017 30	Comparison of three-dimensional facial morphology between upright and supine positions employing three-dimensional scanner from live subjects	Estudio Clínico	Fastscan 4.0.7 GOM Inspect, versión 7.5 SR2 para Windows.	44 voluntarios, de entre 22 y 49 años.	Turquía	Escáner laser
Shui et al. 2016 31	Densely calculated facial soft tissue thickness for craniofacial reconstruction in Chinese adults.	Estudio Clínico	CloudCompare (v2.6.2) MATLAB.	171 adultos (100 hombres y 71 mujeres) entre 20 y 60 años.	Etnia Han, China	TC multicortes

Tabla VII: Características de los estudios sobre los grosores de los tejidos blandos faciales.

TÉCNICA DE ANÁLISIS

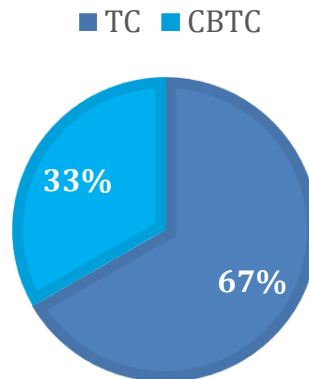


Figura 11: Técnicas usadas para obtener datos de imagen para medir los grosores de los tejidos blandos.

OBJETIVOS DE LOS ARTICULOS

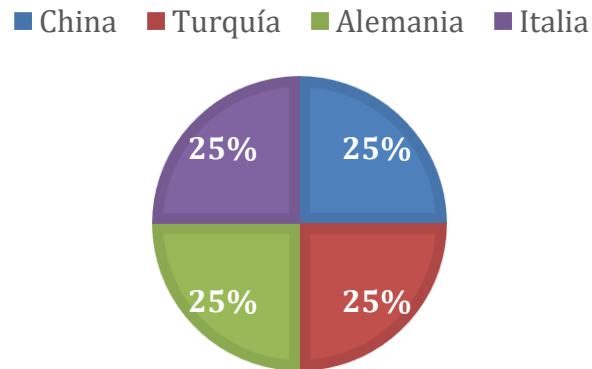


Figura 12: Poblaciones en las que se buscó mejorar la base de datos para FSTT.

Precisión y Nivel de reconocimiento de la Reconstrucción facial forense digital

En 9 artículos se evaluó la precisión 14, 21, 25, 26, 31, 32, 33, 34, 35 y en un tercio de ellos se vio su relación con el nivel de reconocimiento de la Reconstrucción facial forense digital 21, 26, 28, 34. Dentro de los factores que influyen en la precisión, en 2 artículos se propone un método regional mejorado, en uno involucra dos tipos de ajustes de coordenadas y una nueva estrategia de fusión que pueden mejorar significativamente las reconstrucciones craneofaciales 21, 33; y en el otro se evalúa la precisión y el nivel de

reconocimiento a través de una prueba ciega en software de código abierto utilizando datos de tomografía computarizada de sujetos vivos ²¹. En otro artículo se estudió el reconocimiento utilizando evaluadores que conocían personalmente a los sujetos de las aproximaciones para determinar si podían distinguir con mayor precisión ²⁶. En otro artículo se estudió el "efecto de raza desconocida" y si tiene alguna influencia en la precisión de la CFR y evaluar en qué medida la tasa de reconocimiento correcta de la CFR se ve afectada por este efecto entre razas ³⁴. Además, algunos softwares usan un sistema de escultura virtual con retroalimentación háptica ³⁵. Estos sistemas disminuyen la subjetividad y la necesidad de habilidad del operador, lo cual también tiene un efecto positivo en la precisión. Se pueden ver con más detalle las características de los estudios sobre Precisión y Nivel de reconocimiento en la tabla VIII.

Autor/ Año	Estudio	Diseño	Software	Población	Técnica de Análisis
Lorkiewicz-Muszyńska et al. 2015 ¹⁴	Accuracy of the anthropometric measurements of skeletonized skulls with corresponding measurements of their 3D reconstructions obtained by CT scanning	Estudio Clínico	Advantage Windows 4.4. Software Statistica 10.0	10 cráneos esquelizados de edad y sexo estimados de acuerdo con estándares antropológicos. (EEUU)	Precisión La comparación de las dos muestras de las mediciones (10 directas y 10 digitales) no mostró diferencias estadísticamente significativas entre la mayoría de las mediciones de los cráneos y sus análogos medidos en sus reconstrucciones 3D
Miranda et al. 2018 ²¹	Assessment of accuracy and	Estudio Clínico	Horos® 3.0	2 mujeres y 2 hombres Adultos caucásicos entre	Precisión y nivel de reconocimiento

	recognition of three-dimensional computerized forensic craniofacial reconstruction		Blender® 2.78 MakeHuman® CloudCompare® 2.6.3 Picasa® 3.9	21 y 49 años (Brasil)	Se evalúan a través de una prueba ciega en software de código abierto utilizando datos de TC de sujetos vivos
Gietzen et al. 2019 ²⁵	A method for automatic forensic facial reconstruction based on dense statistics of soft tissue thickness	Estudio Clínico	CT existentes de la base de datos mejorados con Turboquid	43 TC de cabeza (26 hombres y 17 mujeres) con una edad media de 28 años. (Alemania)	Precisión Su técnica automatizada ayuda al reconocimiento de restos de cráneo al proporcionar estimaciones estadísticas derivadas de una base de datos de TC y exploraciones 3D Sin embargo, la calidad depende del tamaño de muestra estadística
Richard et al. 2017 ²⁶	Recognition of computerized facial approximations by familiar assessors.	Estudio Clínico	Mimics 17 ReFace	8 donantes, mas 1 voluntario como control. 158 personas de diversos orígenes y departamentos como voluntarios para participar como	Precisión y nivel de reconocimiento Se uso evaluadores que conocían personalmente a los sujetos de las aproximaciones para determinar si podían distinguir con mayor precisión

				evaluadores en el estudio. (EEUU)	
Shui et al. 2016 ³¹	Densely calculated facial soft tissue thickness for craniofacial reconstruction in Chinese adults.	Estudio Clínico	CloudCompare (v2.6.2) MATLAB.	171 adultos (100 hombres y 71 mujeres) entre 20 y 60 años. (Etnia Han, China)	Precisión Evaluación cuantitativa para examinar qué tan relevante es la elección de FSTT para aumentar la precisión de CFR
Días et al. 2016 ³²	Practical Application of Anatomy of the Oral Cavity in Forensic Facial Reconstruction.	Estudio Observacional de corte transversal	I-CAT scan OsiriX BioEstat program	Los CBCT se dividieron en: Muestra 1: 322 pacientes, 137 varones y 185 mujeres, entre 11 y 60 años o más. Muestra 2: 108 pacientes, 40 hombres y 68 mujeres, >20 años. (Brasil)	Precisión El conocimiento de la anatomía y morfología de la cavidad bucal puede contribuir a aumentar la precisión de las RFF y ayudar a la identificación humana.
Deng et al. 2016 ³³	A regional method for craniofacial reconstruction based on coordinate adjustments and a new fusion strategy.	Estudio Clínico	OpenGL MATLAB	331 pacientes previstos para una cirugía o inspección preoperatoria de osteotomía (China)	Precisión Se uso un método regional que usa sistemas de coordenadas globales y locales (método locReg) y se comparó con otros métodos como el glbReg y el método holístico. Además, se usó método de regresión lineal.

Lee et al. 2016 ³⁴	The Unfamiliar fase effect on forensic craniofacial reconstruction and recognition.	Estudio Clínico	FreeForm Modelling PlusTM. Adobe® Photoshop® CS5 12.0.1 Microsoft ® Excel® 2010 IBM® SPSS® Statistics 20	6 craneos (2 de raza negra, 2 caucasicos y 2 mongoloides) 2 equipos voluntarios uno del Reino Unido y otro de Sudáfrica como observadores.	Precisión y nivel de reconocimiento Se comparo con estudio anterior. La experiencia de ascendencia de los profesionales puede influir en el reconocimiento y la precisión de los CFR. “Efecto entre razas”
Gupta et al. 2015 ³⁵	Forensic Facial Reconstruction: The Final Frontier	Revisión Literaria	n/a	n/a	Precisión Algunos sistemas usan software de animación 3D para modelar la cara en el cráneo, mientras que otros sistemas usan un sistema de escultura virtual con retroalimentación háptica. Estos sistemas disminuyen la subjetividad y la habilidad del practicante.

Tabla VIII: Características de los estudios sobre Precisión y Nivel de reconocimiento.

OBJETIVOS DE LOS ARTICULOS

- PRECISIÓN
- PRECISIÓN Y NIVEL DE RECONOCIMIENTO

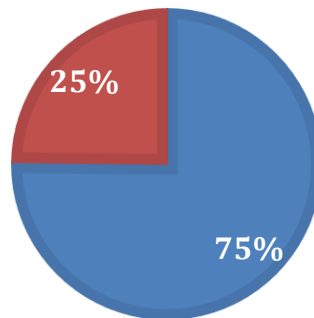


Figura 13: cantidad de artículos en los que se midió solo la precisión y cantidad de artículos en que se midió la precisión y el nivel de reconocimiento.

Factores que influyen en la precisión	+/-
Efecto entre razas	- (excepto en el caucásico)
Tamaño pequeño de la muestra estadística	-
Evaluadores que conocían al sujeto aproximado	+
Conocimiento de la anatomía y morfología de la cavidad oral	+
Uso de método regional	+
Retroalimentación háptica	+

Tabla IX: Factores que influyen en la precisión.

Software Utilizados

Sobre los softwares de imagen mencionados en los estudios, los más utilizados son: HOROS ^{19, 21}, BLENDER ^{13, 21}, MIMICS ^{24, 26} que son visores de datos DICOM; REFACE que es un software para reconocimiento de rostros ^{26, 28}; GOM el software de escaneo y procesamiento de imagen 3D y Cloudcompare que es un software de almacenamiento y comparación de nubes de puntos 3D, usados en 2 estudios cada uno, los demás softwares son distintos en los diferentes estudios.

Dentro de los softwares estadísticos el más utilizado es el software para calculo técnico MATLAB, nombrado en 3 estudios ^{23,31,33} en esta revisión, los demás softwares estadísticos están detallados por cantidad de veces mencionados en los estudios incluidos en esta revisión en la Figura 16 y en la Tabla XI por su función principal.

De los 19 estudios incluidos, al menos 6 mencionan haber utilizado datos DICOM ^{14,21, 24, 25, 29, 32}. Se puede ver resumido los tipos de software de imagen por cantidad de veces mencionados en los estudios incluidos en esta revisión en las Figuras 14 y por su función principal en la Figura 15 y la Tabla X.

Softwares de imagen

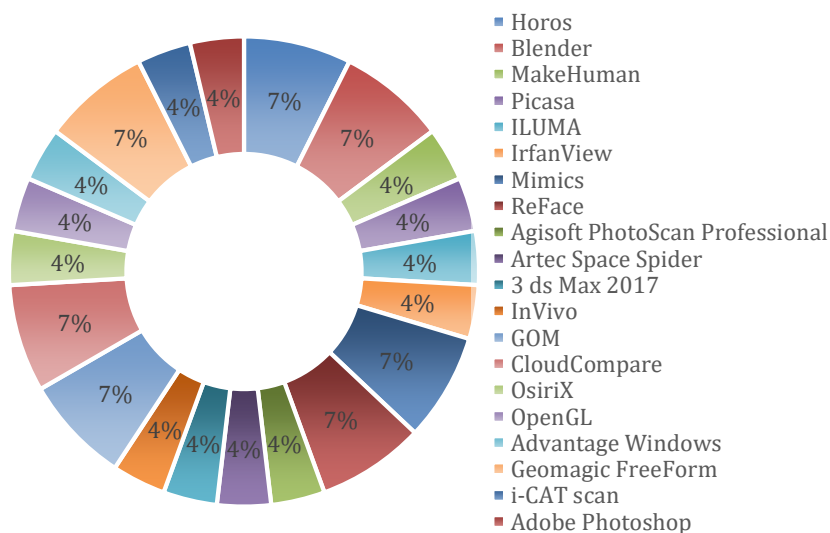


Figura 14: Softwares de imagen utilizados en los estudios.

Función principal

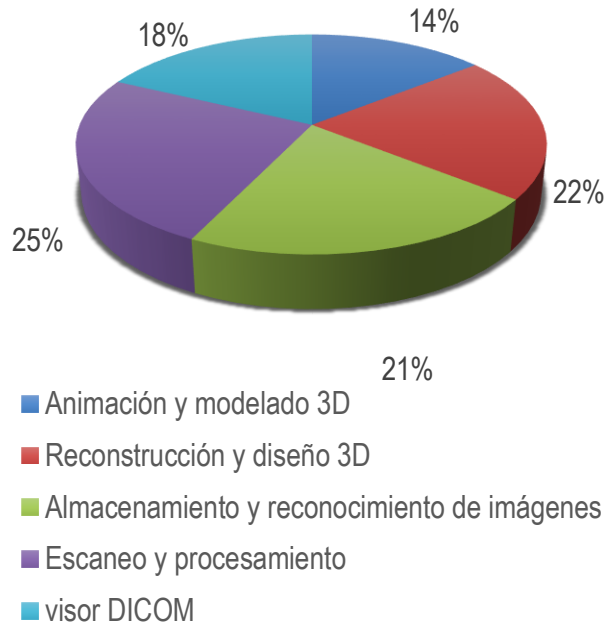


Figura 15: Softwares de imagen utilizados en los estudios según su función principal.

SOFTWARES ESTADÍSTICOS



Figura 16: Softwares estadísticos utilizados en los estudios.

Función principal	Softwares de Imagen
Visor de imágenes DICOM	<ul style="list-style-type: none"> - Horos® 1.1.7 - Horos® 3.0 - IrfanView® 4.38 - OsiriX® - Adobe® Photoshop® CS5 12.0.1
De animación y modelado 3D	<ul style="list-style-type: none"> - Blender® 2.78 - Blender® 2.75^a - MakeHuman® 1.0.2
Almacenamiento y reconocimiento de imágenes	<ul style="list-style-type: none"> - Picasa® - ReFace® - CloudCompare® 2.6.2 - CloudCompare® 2.6.3 - i-CAT scan
Escaneo y procesamiento	<ul style="list-style-type: none"> - ILUMA® CBCT Scanner - Mimics® 14.1 - Mimics® 17 - Agisoft PhotoScan Professional - Artec Space Spider - GOM Inspect 7.5 SR2 - GOM Atos tiple scan
Reconstrucción y diseño 3D	<ul style="list-style-type: none"> - 3 ds Max 2017 - InVivo® 5.1 - OpenGL - Advantage Windows 4.4. (- Geomagic FreeForm Plus de 3D Systems - Geomagic FreeForm Modelling PlusTM.

Tabla X: Softwares de imagen utilizados en los estudios según su función principal.

Softwares estadísticos	Función principal
Software para calculo técnico y análisis numérico	- Statistica® 10.0 - MATLAB 7.9.0 (r2009b) - MATLAB R2012b (MATLAB *(no especifican cual) - Bioestat program - Microsoft® Excel® 2010 - IBM® SPSS® Statistics 20
Herramienta que informa métricas de error	- TDvalidator

Tabla XI: Softwares de imagen utilizados en los estudios según su función principal.

Niveles de evidencia

En esta revisión crítica los resultados incluyen principalmente estudios clínicos, además se incluyen una revisión sistemática, un estudio retrospectivo, un estudio observacional de corte transversal, una revisión literaria y dos reportes de caso, los cuales se detallan en la Tabla XII.

Artículos	Tipo de estudio	Cantidad	%	Nivel de evidencia
Stephan et al.	Revisión sistemática	1	5,26%	Alta
Strapasson et al., Miranda et al., Kaur et al., Lee et al., Gietzen et al., Richard et al., Parks et al., Kim et al., Bulut et al., Shui et al., Deng et al., Lorkiewicz-Muszyńska et al., Lee et al.	Estudios clínicos	13	68,42%	Moderada
De Donno et al. 2019 ²²	Estudio Retrospectivo	1	5,26%	Moderada
Gupta et al. 2015 ³⁵	Revisión literaria	1	5,26%	Moderada
Días et al. 2016 ³²	Estudio Observacional de corte transversal	1	5,26%	Baja
Baldasso et al., Leipner et al.	Reporte de caso	2	10,53%	Baja

Tabla XII: Niveles de evidencia según tipo de estudio (Según el Centro de Medicina Basada en Evidencia ³⁶).

Una vez analizados y sistematizados los artículos seleccionados según los criterios de la Figura 8, los hallazgos principales se resumieron en la Tabla XIII.

	Año	Autores	Estudio	Objetivo/Resumen	Beneficios	Limitaciones	Tipo de estudio	Software	Población
1	2019	Strapasson et al.	Forensic Facial Approximation: Study of the Nose in Brazilian Subjects.	Determinar parámetros para estimar el ancho nasal en aproximación facial forense, analizar si existe una correlación entre perfil nasal y tipo facial, y probar las ecuaciones de regresión lineal propuestas para estimar el ancho nasal.	Este estudio confirma que el tipo facial está asociado con el perfil nasal. Aunque este hallazgo no puede extrapolarse a todos los individuos.	Es necesario realizar más investigaciones sobre este tema antes de que se comprenda más claramente la asociación entre el perfil nasal y el tipo facial.	Estudio clínico	versión de Horos 1.1.7 de 64 bits (Purview, Annapolis, MD)	246 TC de Adultos Brasileños (183 mujeres y 63 hombres). Edad media de 49,6 años.
2	2019	Stephan et al.	Facial soft tissue thicknesses in craniofacial identification: Data collection protocols and associated measurement errors.	El grosor de los tejidos blandos faciales (FSTT) forma un componente clave de los métodos de identificación craneofacial. Los métodos son muy variados en los estudios FSTT y a los errores de medición asociados generalmente no se les ha prestado mucha atención.	Para ayudar a facilitar las pruebas de validación, proporcionamos una herramienta R gratuita y de código que permite ingresar sus medias FSTT, para puntos de referencia de la tabla T estándar, y probar su precisión. TDValidator informa tres métricas de error: error medio bruto (mm y%), error absoluto medio (mm y en%) y el SEE.	Limitaciones en las medidas de los FSTT, por errores ya sea del operador, de la posición del sujeto o de la dificultad de reproducir el punto de referencia. Hasta que estos métodos incluyan la adquisición repetida de imágenes, el alcance total de los errores involucrados seguirá siendo desconocido.	Revisión sistemática	Herramienta R TDValidator (CRANIOFACIALidentification.com)	N/a
3	2018	Miranda et al.	Assessment of accuracy and recognition of three-dimensional computerized forensic craniofacial reconstruction.	Evaluar la precisión y el nivel de reconocimiento de CCFR 3D realizada en una prueba ciega en software de código abierto utilizando TC de sujetos vivos. Los software gratuitos son capaces de producir CCFR 3D con niveles plausibles de precisión y reconocimiento y, por lo tanto, indican su valor para su uso forenses.	La visualización mejorada de las CCFR 3 D permiten ver el hueso y la piel junto con muchos ajustes de transparencia. Es posible evaluar durante el proceso, corrigiendo errores. También la reducción del riesgo de dañar el cráneo y el reensamblaje o el reemplazo de porciones ausentes. El acceso remoto hace posible trabajar con expertos que no se encuentran cerca.	El CCFR 3D necesita verificar la confiabilidad y reproducibilidad con herramientas disponibles y otras que se desarrollarán en el futuro, ya que no hay aceptadas globalmente por la comunidad forense. Por tanto, este trabajo presenta un software poco utilizado con fines forenses.	Estudio clínico	Los archivos DICOM se reconstruyeron en Horos 3.0. El archivo STL generado se importó a Blender 2.78 . Con esta información se seleccionó una plantilla de modelo de rostro 3D en MakeHuman 1.1.0 . La evaluación cuantitativa de la	2 mujeres y 2 hombres Adultos Brasileños caucásicos entre 21 y 49 años

								precisión se hizo en CloudCompare 2.6.3. La evaluación del nivel de reconocimiento automático del CCFR se realizó con Picasa 3.9	
4	2020	Baldasso et al.	3D forensic facial approximation: Implementation protocol in a forensic activity.	Informar sobre la implementación de la aproximación facial forense en un caso real. Esta puede no ser un método primario de identificación humana, pero puede aplicarse satisfactoriamente en el campo forense como un recurso de reconocimiento individual.	Tiene un gran valor para acotar la búsqueda, reducir el número de presuntas víctimas y conducir a pruebas de identificación, por lo que reduce significativamente el número de pruebas de ADN, que se consideran costosas y en consecuencia reduce el tiempo de espera para la entrega del cuerpo a su familia.	Método Auxiliar de identificación humana que necesita confirmación por otros métodos convencionales de identificación.	Reporte de caso	Se escaneó y se importó la réplica digital en Blender y se trazaron bocetos individualizados con MakeHuman .	Cráneo humano, adulto, masculino, con edad estimada entre 23 y 30 años y una etnia caucásica
5	2019	De Donno et al.	Facial approximation: Soft tissue thickness values for Caucasian males using cone beam computer tomography.	Obtener el grosor de los tejidos blandos (STT) a partir de 12 puntos de referencia óseos, para permitir la reconstrucción. Además, prueba la precisión y la confiabilidad de las exploraciones CBCT para obtener mediciones de STT y compara los resultados con la literatura.	El CBCT tiene la posibilidad de adquirir imágenes con sujetos en posición erguida, menor dosis de radiación que la TC multicorte, gran potencialidad en las mediciones de profundidad tisular, posibilidad de repetición de escaneos y amplia gama de colores y transparencias. Con las imágenes, podemos modificar las vistas de rotación, traslación y zoom.	Se incluyeron en la muestra sujetos delgados y obesos. Por lo tanto, habría sido útil realizar TC de individuos con IMC conocido, incluso si las subcategorías tienen pocos beneficios prácticos, y aumentar el tamaño de la muestra. No se pudieron tomar todos los puntos de referencia por falta de datos.	Estudio Retrospectivo	Las medidas se tomaron el programa de escaneo CBCT (ILUMA® CBCT Scanner), al décimo de milímetro más cercano.	30 varones caucásicos entre 20 y 50 años

6	2018	Kaur et al.	Integrating a Profile of Front Face With Its Mirror Image for Facial Reconstruction.	La imagen especular del rostro se puede utilizar para reconstruir el rostro completo para el reconocimiento facial basado en la representación.	La metodología propuesta también sería útil para mejorar otros métodos de reconocimiento y reconstrucción facial en la identificación forense y en otros campos médicos como la cirugía plástica, donde la creación de rostro completo todavía representa un desafío técnico para un cirujano plástico.	Las caras extremadamente asimétricas y las con clara distorsión podrían no recrearse usando el método propuesto. El problema de la pose aún no se resuelve con el programa especificado, ni por los científicos. Falta entrenamiento de los profesionales.	Estudio clínico	Las imágenes se procesaron con el software IrfanView versión: 4.38 (disponible en http://www.irfanview.com). El programa fue diseñado usando MATLAB versión 7.9.0 (R2009B).	5 mujeres indias y 2 varones que se usaron para verificar la aplicabilidad del programa para abordar el tema de la sombra y la iluminación. (20-30 años)
7	2020	Lee et al.	Assessment of nasal profiles for forensic facial approximation in a modern Korean population of known age and sex.	Evaluar la relación entre la nariz y la apertura piriforme y desarrollar ecuaciones considerando factores de edad y sexo, mediante análisis de regresión lineal , para mejorar las predicciones de la forma nasal externa basadas en la apertura piriforme..	Mejorar las bases de datos existentes y disminuir el error en la reconstrucción ya que estas ecuaciones de regresión son útiles y prácticas para reconstruir perfiles nasales en análisis forenses.		Estudio clínico	Los datos DICOM de TCMD. Los modelos 3D se importaron a (Mimics , versión 14.1 Materialise, Bélgica), para obtener medidas.	389 coreanos (188 hombres y 201 mujeres) de 20 años o más y un conjunto de prueba a partir de 30 cadáveres (15 hombres, 15 mujeres) de la base de datos Digital Korean Human Model.
8	2019	Gietzen et al.	A method for automatic forensic facial reconstruction based on dense statistics of soft tissue thickness.	Método para la estimación automatizada de un rostro humano que se basa en tres modelos estadísticos. El método automatizado propuesto permite una estimación probabilística de la cara que facilita la recuperación forense incluso de restos de cráneo incompletos.	Este método permite una estimación probabilística de la cara incluso con restos incompletos. La ventaja sobre las mediciones FSTT basadas en puntos de referencia es la densidad del mapa FSTT sin la necesidad de información normal propensa a errores. Esto puede ayudar a generar una base de datos más precisa.	Sin embargo, como el método se basa en tomografías computarizadas, todavía es propenso a los artefactos típicos y los efectos de la gravedad debido a la posición supina del paciente.	Estudio clínico	Datos DICOM CT existentes de la base de datos mejorados con Turbosquid	43 TC de cabeza (26 hombres y 17 mujeres) con una edad media de 28 años, se obtuvieron del sistema PACS del Centro Médico Universitario de Mainz
9	2017	Richard et al.	Recognition of computerized facial	Estudio de reconocimiento utilizando evaluadores que conocían personalmente a		Las aproximaciones faciales pueden tener una efectividad limitada si se usan de manera	Estudio Clínico	Los datos fueron segmentados usando Mimics v17,	8 donantes, mas 1 voluntario como control.

			approximations by familiar assessors.	los sujetos aproximados. Se generaron basadas en exploraciones médicas preexistentes, y se evaluó a los compañeros de trabajo de los donantes para determinar si podían distinguir con precisión a partir de conjuntos de aproximaciones faciales.		tradicional. Los resultados revelaron un rendimiento pobre cuando se evaluaron usando evaluadores que estaban familiarizados con el sujeto. Sin embargo, se exploran usos alternativos que pueden ampliar la utilidad de ReFace.		luego importados a ReFace como si fueran de restos no identificados. *ReFace está en pruebas así que aún no está disponible.	158 personas de diversos orígenes y departamentos como voluntarios para participar como evaluadores en el estudio.
10	2019	Leipner et al.	3D mug shot-3D head models from photogrammetry for forensic identification.	El sistema de fotografía policial en 3D es una herramienta rápida y eficiente para generar modelos 3D de la cara y se puede utilizar además de fotografías 2D con el propósito de identificación forense visual basada en imágenes.	La principal ventaja del sistema es que los modelos faciales 3D generados se pueden ajustar en la orientación de la cabeza a la perspectiva capturada en las imágenes de vigilancia comparativas, mejorando así las condiciones para las comparaciones de imágenes entre la fotografía policial y la persona de interés.	Con las limitaciones actuales con respecto a la visibilidad de las funciones en los modelos PhotoScan, el sistema de fotografía policial 3D se puede utilizar como una herramienta complementaria junto con las fotografías policiales 2D tradicionales con el propósito de identificación forense visual.	Reporte de caso	Las imágenes se procesaron en Agisoft PhotoScan Professional . Un modelo se creó con el GOM Atos Triple Scan , y dos con Artec Space Spider , basados en el mismo escaneo. Se compararon con fotos y en 3 ds Max 2017 para proyecciones paralelas y superposiciones.	Una persona de prueba
11	2018	Parks et al.	Recognizability of computer-generated facial approximations in an automated facial recognition context for potential use in unidentified persons data repositories:	Las entidades que curan los registros de desaparecidos y no identificados pueden beneficiarse de una implementación de tecnología de reconocimiento facial como parte de una estrategia de investigación integral para el caso de uso previsto específico que se analiza en esta investigación.	Métodos automatizados como el que se analiza aquí, consumen menos tiempo y ofrecen pistas más inmediatas a las que un investigador puede responder hasta que se busquen aproximaciones adicionales mediante técnicas manuales.	Los resultados sugieren que las aproximaciones fueron reconocidas más fácilmente por un software objetivo que por los evaluadores informados, lo que sugiere que las aproximaciones del tipo utilizado pueden emplearse de manera más efectiva en un entorno objetivo que en situaciones de	Estudio Clínico	Se intenta validar el software de aproximación facial, ReFace e investigar posibles aplicaciones operativas.	Se evaluaron 7 tipos de aproximaciones faciales, seis de las cuales incluyeron ajustes de peso y edad o la presencia de ojos, o ambos.

			Optimally and operationally modeled conditions.			exhibición pública destinadas a provocar respuesta.			
12	2016	Kim et al.	Three-dimensional prediction of the human eyeball and canthi for craniofacial reconstruction using cone-beam computed tomography.	Una relación anatómica entre los tejidos duros y blandos de la cara es obligatoria para la reconstrucción facial. Los datos de CBCT pueden ser útiles para predecir las posiciones del globo ocular y los cantos en tres dimensiones.	El ancho de la órbita, la altura de la órbita y la profundidad de la órbita fueron fuertes predictores de las posiciones del globo ocular y de los cantos. El ancho intercanino también fue un predictor de la posición mediolateral del globo ocular, lo que puede ser útil en una CFR.		Estudio Clínico	Los datos de cada sujeto se exportaron a InVivo 51 (versión 5.1, Anatomage, San José, California) , en formato DICOM y se utilizaron para renderizar las imágenes de la cabeza en 3D.	Cien estudiantes de ascendencia coreana, 50 hombres (rango de edad: 25,3 a 31,1 años y 50 mujeres (rango de edad: 23,0 a 30,2 años).
13	2017	Bulut et al.	Comparison of three-dimensional facial morphology between upright and supine positions employing three-dimensional scanner from live subjects.	Se ha demostrado que los FSTT son diferentes en comparación con la posición vertical debido a gravedad.		Un cambio de pose tendría una diferencia entre 2 y 10 mm en espesores de tejidos blandos alrededor de la región bucal, maseteriana y nasolabial de la cara. Los estudios han sugerido que estos cambios en el grosor están relacionados con la gravedad, la edad, la distribución de la grasa, la elasticidad de la piel, el tono muscular, etc.	Estudio Clínico	Los rostros se escanearon con Fastscan Cobra 3D. Los escaneos se convirtieron a archivos STL utilizando Fastscan 4.0.7 , Y luego se importaron a GOM Inspect, versión 7.5 SR2 para Windows.	44 voluntarios, de entre 22 y 49 años, fueron reclutados entre los empleados del Laboratorio Forense de la Policía en Ankara, Turquía.

14	2016	Shui et al.	Densely calculated facial soft tissue thickness for craniofacial reconstruction in Chinese adults.	Este estudio proporciona datos sobre el grosor de los tejidos blandos faciales densamente calculados para la población adulta china, teniendo en cuenta sexo y edad. Estos datos FSTT pueden estar disponibles para la reconstrucción craneofacial.	Este estudio proporciona una nueva perspectiva para comprender la distribución de FSTT y la construcción de una nueva base de datos FSTT densamente calculada para la reconstrucción craneofacial.		Estudio Clínico	Para evaluar la precisión del registro, se realizó una comparación de los errores dimensionales entre la plantilla y los cráneos de destino utilizando CloudCompare (v2.6.2). Se analizaron las FSTT en MATLAB .	171 individuos adultos (100 hombres y 71 mujeres) de etnia Han. Todas las muestras tenían entre 20 y 60 años.
15	2016	Dias et al.	Practical Application of Anatomy of the Oral Cavity in Forensic Facial Reconstruction.	El objetivo de este estudio es construir un patrón de referencia para las dimensiones y proporciones de los labios y establecer parámetros que puedan ayudar a estimar las dimensiones de altura de los bordes bermellones y el ancho de la boca.	Los hallazgos anatómicos y morfológicos de la región de la cavidad bucal pueden contribuir a aumentar la precisión de las RFF y ayudar a la identificación humana.	No fue posible estimar la altura de los bordes labiales del bermellón mediante las medidas óseas, Fls-Fli (Foramen incisivus superius-inferius) y NS-GN (Nasospinalenathion).	Estudio Observacional de corte transversal	Los archivos de DICOM se importaron al software OsiriX (Bernex, Suiza) , generando una previsualización inicial del mediante reconstrucciones monoplanares en el plano axial.	Los CBCT se dividieron en: Muestra 1: 322 pacientes, 137 varones y 185 mujeres, entre 11 y 60 años o más. Muestra 2: 108 pacientes, 40 hombres y 68 mujeres, >20 años.
16	2016	Deng et al.	A regional method for craniofacial reconstruction based on coordinate adjustments and a new fusion strategy.	Se propone un método regional mejorado que involucra dos tipos de ajustes de coordenadas. Para obtener una reconstrucción más precisa, también se propone una nueva estrategia de fusión en el documento para mantener las regiones de características reconstruidas	Los resultados demuestran que los ajustes de coordenadas y la nueva estrategia de fusión pueden mejorar significativamente las reconstrucciones craneofaciales.	Las regiones de la cara y el cráneo se definen y se segmentan manualmente en este estudio, por lo que se debe investigar y proponer una definición más razonable de las regiones basada en el conocimiento anatómico. Además, cómo recrear un rostro con más detalles, como arrugas y papada, también merece más investigación.	Estudio clínico	Todos nuestros algoritmos fueron escritos por nosotros con lenguaje C ++, OpenGL y MATLAB .	331 pacientes previstos para una cirugía o inspección preoperatoria de osteotomía, dieron su consentimiento

				al pegar las regiones faciales juntas.					
17	2015	Lorkiewicz-Muszyńska et al.	Accuracy of the anthropometric measurements of skeletonized skulls with corresponding measurements of their 3D reconstructions obtained by CT scanning.	La TC es un método rápido y preciso que puede garantizar un nivel adecuado de consistencia morfológica. El uso de la reconstrucción por TC del cráneo en la identificación del cuerpo no esqueletizado es relevante y puede reemplazar eficazmente la muestra esqueletizada si no está disponible para examen.	El análisis estadístico reveló que la CFR 3D es confiable para cualquier medición. La ventaja del cráneo reconstruido es su disponibilidad para exámenes y pruebas de superposición, pueden reemplazar el cráneo en investigaciones en las que las personas no han sido identificadas. Las TC permiten almacenar y guardar imágenes para análisis actuales y futuros.		Estudio clínico	Los archivos DICOM son procesadas en Advantage Windows 4.4 . Las estadísticas se realizaron con el software Statistica 10.0 (Statsoft Inc, EE. UU.).	Se midieron diez cráneos esqueletizados de edad y sexo estimados de acuerdo con estándares antropológicos.
18	2016	Lee et al.	The unfamiliar face effect on forensic craniofacial reconstruction and recognition	Los objetivos de esta investigación fueron investigar si el "efecto de raza desconocida" tiene alguna influencia en la precisión de la CFR y evaluar en qué medida la tasa de reconocimiento correcta de la CFR se ve afectada por el efecto entre razas.	Los resultados de este estudio demuestran que el método de modelado 3D computarizado puede producir FFR cuantitativamente precisos. La aplicación de datos de profundidad de tejido facial promedio actualizados puede facilitar la confiabilidad de FFR en términos de precisión de la superficie geométrica.	Se requieren estudios posteriores para evaluar la precisión y el nivel aceptable de semejanza de FFR utilizando otros métodos para el establecimiento de los resultados. Además, se requerirán más estudios sobre las pautas de predicción derivadas de sus grupos de ascendencia para obtener una FFR más confiable.	Estudio clínico	Preparación de los modelos en (Geomagic FreeForm Plus de 3D Systems , Cary, NC) para el procedimiento de FFR. Los tres modelos de cráneo se importaron como archivo STL	3 voluntarios fueron reclutados entre estudiantes de la CNU en Gwangju, Corea.

19	2015	Gupta et al.	Forensic Facial Reconstruction: The Final Frontier	La remodelación computarizada del individuo desaparecido también es significativamente más fácil en comparación con el método manual y también disminuye la capacitación del médico.	El reconocimiento permite a las agencias gubernamentales involucradas hacer una lista de presuntas víctimas". Esta lista puede luego reducirse y dar una identificación positiva mediante el método más convencional. La reconstrucción facial permite que la identificación visual por parte de la familia del individuo y sus asociados sea fácil y más definida.	Sin embargo, este sistema requiere habilidades tanto antropológicas como de modelado por computadora.	Revisión literaria		N/a
----	------	--------------	--	--	---	---	--------------------	--	-----

Tabla XIII: principales hallazgos en los artículos discutidos en la revisión.

Discusión

Los estudios incluidos en esta revisión en su mayoría muestran más beneficios que limitaciones en el uso de estos softwares de imagen, lo que se ve reflejado en el nivel de reconocimiento que lleva a identificaciones positivas descritos en ellos. Sin embargo, no puedo dejar de mencionar que en cuanto al nivel de evidencia de la literatura, los artículos incluidos en este estudio son en su mayoría estudios clínicos experimentales y se incluyó además una Revisión sistemática, pero no se puede desconocer que también se incluyeron reportes de caso que tiene el nivel más bajo de evidencia, además existe mucha duplicidad dentro de las bases de datos de búsqueda, y varios autores se utilizan de referencia o se citan entre sí y la cantidad de información encontrada es bastante limitada o aun en vías de desarrollo, por lo que se sugiere seguir investigando ya que es tecnología que crece a pasos agigantados y se necesitan más estudios con mejores diseños para contribuir a obtener evidencia de mejor calidad.

6.1. Métodos de identificación facial digital en Odontología forense

Al hablar de métodos de identificación facial digital, nos referimos a los métodos que a través de la utilización de softwares nos permiten lograr una aproximación facial 3D lo suficientemente precisa que nos permita llegar al resultado de una identificación positiva del sujeto o también al uso de la reconstrucción craneofacial como un método auxiliar de reconocimiento individual a los métodos de identificación convencionales^{13, 14, 23, 27, 28}.

Y para hablar de ellos primero tenemos que definir ciertos conceptos:

Exactitud: Se define la exactitud de medida como la proximidad existente entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando. Así pues, una medición es más exacta cuanto más pequeño es el error de medida ³⁷.

Precisión: Se define el concepto precisión de medida como la proximidad existente entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un

mismo objeto, o de objetos similares, bajo condiciones específicas. Estas condiciones se denominan principalmente condiciones de repetibilidad, o de reproducibilidad, y por tanto, frecuentemente, el término precisión está asociado a la dispersión de las mediciones reiteradas, la cual es habitual expresarla numéricamente mediante medidas de dispersión tales como la desviación típica, la varianza o el coeficiente de variación bajo las condiciones especificadas. Pero al tratarse de un término cualitativo, no deberían asociarse números con él, es decir, habría que especificar qué medida de dispersión se está asociando al término precisión y en qué condiciones de medida se está empleando ³⁷.

Repetibilidad: La repetibilidad de una medición incluyen el mismo procedimiento de medida, los mismos operadores, el mismo sistema de medida, las mismas condiciones de operación y el mismo lugar, así como mediciones repetidas en un corto período de tiempo ³⁷.

Reproductibilidad: Por el contrario, las condiciones de reproducibilidad de una medición incluyen diferentes lugares, operadores, sistemas de medida y mediciones repetidas de los mismos objetos u objetos similares ³⁷.

La principal diferencia entre los conceptos exactitud y precisión es que la exactitud puede determinarse con una sola medida, mientras que para evaluar la precisión se necesitan repetibilidad, no pudiéndose hablar de precisión para una sola medida.

Confiabilidad: es que se cumpla tanto el concepto de exactitud como el de precisión.

Y en el caso de las CFR deben cumplir esta confiabilidad y reproductibilidad en las mediciones para tener reconstrucciones de calidad y con mejores niveles de reconocimiento que lleven a identificaciones positivas.

6.2. Consistencia morfológica facial de una CFR

Al hacer una CFR es importante la correlación de las mediciones entre esta aproximación facial y el sujeto real. Lo hallado en la literatura revela que la diferencia de medidas, aunque estadísticamente significativas no supero los 0,5 mm en la mayoría de los estudios. Al analizar cada región facial se puede observar que en todos

los casos las mayores discrepancias ocurrieron en la mejilla y en los ojos, las cuales fueron subestimadas (son más pequeñas en comparación con el modelo objetivo), mientras que el mentón y la zona cigomática se sobreestimaron, pero, aun así, la reproductibilidad, fiabilidad y precisión de estos programas siguen siendo analizadas para que la CFR sea aceptada en el campo forense ¹⁴⁻¹⁹.

La evaluación de la precisión también ayuda en el análisis de regiones específicas del rostro, los cuales también pueden verse afectados debido al cambio de posición por ejemplo en cubito supino en vez de la posición anatómica y además por el efecto de la gravedad. La predicción de la posición y dimensiones de la morfología de los rasgos faciales ojos, nariz, boca y oído es fundamental para la precisión de los CFR. Esto demuestra que estas regiones de los CFR deben mejorarse ²¹.

La ventaja del cráneo reconstruido en 3D sobre una muestra esquelética todavía cubierta por la piel y los tejidos blandos es su disponibilidad para exámenes y pruebas de superposición. Además, permiten almacenar y guardar imágenes escaneadas de un cuerpo descompuesto para análisis actuales y futuros ¹⁴.

Morfología de la nariz

La nariz representa un desafío en la aproximación facial debido a que la mayoría de los tejidos nasales se degeneran tras la muerte y solo quedan unas pocas referencias óseas para guiarla. Además, la literatura forense presenta métodos para estimar el tercio inferior de la nariz que consideran no solo el ancho nasal sino también la ubicación de los cartílagos nasales, pero estos métodos no siempre son reproducibles en la práctica y no sirven para todas las poblaciones, por lo que es necesario el uso de guías específicas para estimar los rasgos faciales en cada población ¹⁹.

Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones sobre este tema antes de que se comprenda más claramente la asociación entre el perfil nasal y el tipo facial ¹⁹. Además, los hallazgos de la literatura indican que la nariz sigue creciendo durante la vida por lo que también es necesario considerar la edad ³³.

A medida que los individuos envejecen, el nasión y el gnación se mueven hacia arriba y hacia abajo, respectivamente, desde el punto pterigoideo, lo que aumenta el tamaño

de la cavidad nasal. Tales cambios sugieren que es posible verificar los cambios de los valores relacionados con la altura y el ancho según el grupo de edad lo que se ve más aumentado en varones que en mujeres ²⁴.

Regresión Lineal

El análisis de regresión lineal permite estudiar la relación entre variables y mediante el uso de la estadística crear un modelo con el fin predecir valores, se puede usar en muchos ámbitos. La regresión lineal permite estimar el comportamiento de una variable (dependiente o predicha) a partir de otra (independiente o predictora) y en el caso de las CFR se utilizan para estimar la nube de puntos o la ubicación de los puntos de referencia creando modelos predictores del rostro a aproximar a partir de los datos recopilados de una muestra estadística de la población. Por lo cual aún se ve limitada por otros factores como el tamaño de la muestra, la base de datos de la medición de los grosores de los tejidos blandos ya que no existen para todas las poblaciones de individuos y los errores asociados a su medición ²⁹.

6.3. Grosores de los tejidos blandos faciales

El grosor de los tejidos blandos faciales (FSTT) forma un componente clave de los métodos de identificación facial. Los métodos son muy variados en los estudios FSTT y a los errores de medición asociados generalmente no se les ha prestado mucha atención. De los artículos que intentan documentar errores de medición, la gran mayoría (95%) no informan estadísticas de errores que cubren la amplitud completa del protocolo de recolección de datos que en general no involucra repetición en la toma de imágenes. Desafortunadamente, hasta que estos métodos incluyan la adquisición repetida de imágenes, el alcance total de los errores involucrados en estos métodos de medición seguirá siendo desconocido ²⁰.

Otro factor que influye en el éxito de la reconstrucción es la falta de información que tiene el IMC sobre el grosor de los tejidos blandos ²¹. Los marcadores de espesor de tejido blando utilizados provenientes de cadáveres, por efectos tanatológicos pueden haber influido en la precisión de las reconstrucciones, ya que cualquier medida tomada después de la muerte se reduce ligeramente y la posición de las características puede

estar sujeta a altos niveles de cambio post mortem ²¹. En la literatura se observó que los estudios difieren cuando se analizan áreas específicas del rostro, debido a las diferentes metodologías y software utilizados. Y esto también pueden ser el resultado de efectos posicionales por ejemplo al realizar TC en posición supina y no erguida ²¹.

6.4. Precisión y Nivel de reconocimiento de la Reconstrucción facial forense digital

El nivel de precisión requerido para que una CRF de como resultado un reconocimiento no se sabe con claridad. Los estudios clínicos sugieren que no es posible producir un retrato exacto, pero debería ser posible estimar la morfología facial con suficiente precisión como para permitir el reconocimiento y esto puede indicar valor para su uso en investigaciones forenses, ya que el objetivo final de la reconstrucción no es la precisión, sino el reconocimiento y una identificación exitosa. Por tanto, el rendimiento del reconocimiento parece ser la forma más adecuada de evaluar su eficacia ^{21, 26, 28, 34}.

La mayoría de los estudios de reconstrucción facial evalúan el nivel de reconocimiento de forma subjetiva (examinadores) por una relevancia más práctica, pero el futuro del reconocimiento facial es sin duda digital, a cargo de los software de reconocimiento sobre todo en grandes bases de datos de imágenes ya que son más eficientes que tener revisores humanos ²¹⁻³⁴.

Pero los software de reconocimiento tiene porcentajes de éxito más altos en el reconocimiento de rostros en fotografías a diferencia de con CRF, debido quizás a que los sistemas computacionales dependen de las plantillas faciales, los marcadores de profundidad media del tejido blando y los datos de la población específica para una mejor eficiencia de reconstrucción por lo cual aún hay una gran diferencia lo cual demuestra que se deben mejorar.

6.5. Softwares Utilizados

Sobre los software utilizados son principalmente: softwares estadísticos para la creación de modelos predictivos a base de análisis de regresión lineal como MATLAB;

visores y herramientas de procesamiento de imagen, que en su mayoría utilizan datos DICOM (Imagenología Digital y Comunicaciones en Medicina) ^{14,21, 24, 25, 29, 32}, los cuales son estandarizados lo que permite que la información sea transmitida en un mismo lenguaje de forma universal, además todos son de código Abierto (gratuitos), pero ninguno aceptado de forma unánime por la sociedad de odontología forense a nivel mundial, aunque según la literatura hallada han demostrado ser muy útiles con los fines de reconocimiento e identificación pudiendo complementarse entre sí, acortando tiempos de espera y disminuyendo costos ²⁶⁻²⁸.

Lo cual vislumbra que en un futuro no muy lejano se puedan establecer protocolos para su uso.

6.6. Beneficios

Dentro de los beneficios del uso de estos métodos digitales de identificación facial en base a software de reconocimiento y procesamiento de imagen analizados están: La visualización mejorada que permite modificar las vistas (de rotación, traslación y zoom), lo cual puede ser muy útil para imágenes en que los rostros no están de frente como las de sistemas de vigilancia. Además, es posible evaluar durante el proceso de reconstrucción facial, e ir corrigiendo errores, otra posibilidad es complementar entre si las funciones de los software ya que no hay ninguno que sea completamente perfecto.

Otro beneficio es la reducción del riesgo de dañar muestras o el reemplazo de porciones ausentes, lo que lo hace un sistema mínimamente invasivo. Además, el acceso remoto hace posible trabajar con expertos que no se encuentran cerca y poder utilizar su experiencia.

Dentro de los Métodos para la estimación automatizada de un rostro humano está el propuesto por Gietzen que se basa en tres modelos estadísticos permite además una estimación probabilística de la cara incluso con restos incompletos. La ventaja sobre las mediciones FSTT basadas en puntos de referencia es la densidad del mapa FSTT sin la necesidad de información normal propensa a errores. Esto puede ayudar a generar una base de datos más precisa evitando los errores de medición.

Los Métodos automatizados como el analizado por Parks, además consumen menos tiempo y ofrecen pistas más inmediatas.

Todos esto tiene un gran valor para acotar la búsqueda, reducir el número de presuntas víctimas y conducir a pruebas de identificación, por lo que reduce costos y el tiempo de espera.

6.7. Limitaciones

Las CFR 3D necesitan verificar la confiabilidad (precisión + exactitud) y reproducibilidad con herramientas disponibles y otras que se desarrollarán en el futuro, ya que no hay ninguna aceptada globalmente por la comunidad forense actual.

Las limitaciones en las medidas de los FSTT son por errores ya sea del operador, de la posición del sujeto o de la dificultad de reproducir el punto de referencia, lo cual se debería estandarizar y en un futuro establecer protocolos para ellos. (sino utilizar métodos automatizados como el de Gietzen o Parks)

Hasta que estos métodos incluyan la adquisición repetida de imágenes, el alcance total de los errores involucrados seguirá siendo desconocido.

Conclusión

Se concluye que los métodos de identificación facial digital en base a software de reconocimiento y procesamiento de imagen actuales, son un gran aporte a la identificación de personas, disminuyendo el tiempo y costos, con niveles plausibles de reconocimiento y siendo mínimamente invasivos. Pero, se necesita mejorar las base de datos en distintas poblaciones, además de la cantidad y calidad de los estudios para mejorar el nivel de evidencia en la literatura, ya que es una línea investigativa incipiente con mucha proyección.

Respondiendo a los objetivos específicos:

1. En primer lugar, con métodos de identificación facial digital en Odontología forense, nos referimos principalmente a todo método de Reconstrucción o Aproximación facial forense digital, ya sea regional, total y/o a través de imagen especular; sea obtenida a través de CBTC, TC, escáner, análisis estadístico y/o fotografías.
2. Dentro de los beneficios de estos métodos se concluye que el uso de estos software disminuyen la subjetividad y la necesidad de habilidad del operador por lo que se mejora la precisión de la CFR. También se concluyó que los modelos obtenidos a través de análisis de regresión lineal simple predicen mejor la posición y dimensiones de la conformación facial. Otro beneficio observado es que a pesar de no ser software diseñados para reconocer aproximaciones tienen buenos % de reconocimiento de este tipo de imagen.
3. Se encuentran limitaciones en las mediciones ya sea por errores del operador, de la posición del sujeto o de la dificultad de reproducir los puntos de referencia, además se ven diferencias según la población medida. Por otro lado, también se ven limitados por no disponer de muestras más grandes y no considerar el % de error de medición ni sistemático.
4. El nivel de evidencia de la literatura sobre los métodos de identificación facial digital en Odontología Forense es moderado, se necesitan más estudios con mejores diseños para contribuir a obtener evidencia de mejor calidad.

Sugerencias

Se sugiere que en investigaciones futuras se considere el % de error debido a que en la mayoría de los artículos de esta revisión no se especificó o simplemente se omitió. Además, sería de gran utilidad tanto una estandarización de los métodos de medición de los grosores de los tejidos blandos como un análisis independiente de las variables para poder hacer comparaciones entre los resultados y pesquisar la influencia precisión y la reproductibilidad de las mediciones. Lo cual vislumbra que en un futuro no muy lejano se puedan establecer protocolos para su uso.

Bibliografía

1. Nagi R, Aravinda K, Rakesh N, Jain S, Kaur N, Mann AK. Digitization in forensic odontology: A paradigm shift in forensic investigations. *J Forensic Dent Sci* 2019;11:5-10.
2. Priyadharshini KI, Ambika M, Sekar B, Mohanbabu V, Sabarinath B, Pavithra I. Comparación de queiloscopia, odontometría y índice facial para la determinación del sexo en odontología forense. *J Forensic Dent Sci* 2018; 10: 88-91.
3. Debnath N, Gupta R, Nongthombam RS, Chandran P. Forensic odontology. *J Med Soc* 2016;30:20-3
4. Fonseca G, Cantín M, Lucena J. Odontología Forense II: La Identificación Inequívoca. *Int. J. Odontostomat* 2013; 7(2):327-334.
5. Mancheno M, Cáceres V, Lucena M, González L, et al. Ficha de registro odontológico con fines forenses. *Rev Boletín REDIPE* 2020; 9 (2): 211-234
6. Gowda C, Kadaiah B, et al. Oral autopsy: A simple, faster procedure for total visualization of oral cavity. *Journal of forensic dental sciences* 2016; 8(2): 103-7.
7. Forrest A. Forensic odontology in DVI: current practice and recent advances. *Forensic Sciences Research* 2019; 4 (4):316–330
8. Fakher MG, Al-assaf, M, Mimas S, et al. The forensic value of smile photograph and medical radiograph analysis in identifying human skeletonized remains: a case report. *Egyptian Journal of Forensic Sciences* 2020;10:28
9. Herrera L, Fernandes C, da Costa M. Evaluation of Lip Prints on Different Supports Using a Batch Image Processing Algorithm and Image Superimposition. *J Forensic Sci*, 2017;63(1):122–129.
10. Armstrong J, Seehra J, et. al. Palatal rugae morphology is associated with variation in tooth number. *Scientific Reports Nature research* 2020; 10:19074
11. Prakash P, Singh M, Bhandari S. Forensic odontology: The prosthetic ID. *Journal of forensic dental sciences* 2019;11(3), 113–117.
12. Fernandes C, et al. Tests of one Brazilian facial reconstruction method using three soft tissue depth sets and familiar assessors. *Forensic Science International* 214 (2012);211.e1–211.e7

13. Fonseca GM, Cantín M, Lucena J. Odontología Forense III: Rugas Palatinas y Huellas Labiales en Identificación Forense. *Int J Odontostomat.* 2014;8(1):29–40.
14. Lorkiewicz-Muszyńska D, Kociemba W, Sroka A, et al. Accuracy of the anthropometric measurements of skeletonized skulls with corresponding measurements of their 3D reconstructions obtained by CT scanning. *Anthropol Anz.* 2015; 72(3):293-301.
15. Kurniawan A, et al. Determining the effective number and surfaces of teeth for forensic dental identification through the 3D point cloud data analysis. *Egyptian Journal of Forensic Sciences* 2020; 10:3
16. Gouse S, Karnam S, Girish HC, Murgod S. Forensic photography: Prospect through the lens. *J Forensic Dent Sci.* 2018;10(1):2-4.
17. Badam R, et al. "Virtopsy: Touch-free autopsy." *Journal of forensic dental sciences* 2017; 9(1): 42.
18. Baldasso RP, Moraes C, Gallardo E, et al. 3D forensic facial approximation: Implementation protocol in a forensic activity. *J Forensic Sci.* 2020;00:1–6.
19. Strapasson RA, Costa C, Melani RF. Forensic Facial Approximation: Study of the Nose in Brazilian Subjects. *J Forensic Sci.* 2019;64(6):1640-1645.
20. Stephan CN, Meikle B, Freudenstein N, et al. Facial soft tissue thicknesses in craniofacial identification: Data collection protocols and associated measurement errors. *Forensic Sci Int.* 2019;304:109965.
21. Miranda GE, Wilkinson C, Roughley M, et al. Assessment of accuracy and recognition of three-dimensional computerized forensic craniofacial reconstruction. *PLoS One.* 2018;13(5):e0196770.
22. De Donno A, Sablone S, Lauretti C, et al. Facial approximation: Soft tissue thickness values for Caucasian males using cone beam computer tomography. *Leg Med (Tokyo).* 2019;37:49-53.
23. Kaur P, Krishan K, Sharma SK, Kanchan T. Integrating a Profile of Frontal Face With Its Mirror Image for Facial Reconstruction. *J Craniofac Surg.* 2018;29(4):1026-1030.

24. Lee UY, Kim H, Song JK, Kim DH, Ahn KJ, Kim YS. Assessment of nasal profiles for forensic facial approximation in a modern Korean population of known age and sex. *Leg Med (Tokyo)*. 2020;42:101646.
25. Gietzen T, Brylka R, Achenbach J, Zum Hebel K, et al. A method for automatic forensic facial reconstruction based on dense statistics of soft tissue thickness. *PLoS One*. 2019; 14(1): e0210257.
26. Richard AH, Monson KL. Recognition of computerized facial approximations by familiar assessors. *Sci Justice*. 2017; 57(6):431-438.
27. Leipner A, Obertová Z, Wermuth M, Thali M, Ottiker T, Sieberth T. 3D mug shot-3D head models from photogrammetry for forensic identification. *Forensic Sci Int*. 2019; 300:6-12.
28. Parks CL, Monson KL. Recognizability of computer-generated facial approximations in an automated facial recognition context for potential use in unidentified persons data repositories: Optimally and operationally modeled conditions. *Forensic Sci Int*. 2018; 291:272-278.
29. Kim SR, Lee KM, Cho JH, Hwang HS. Three-dimensional prediction of the human eyeball and canthi for craniofacial reconstruction using cone-beam computed tomography. *Forensic Sci Int*. 2016; 261:164.e1-8.
30. Bulut O, Ching-Yiu JL, Koca F, Wilkinson CM. Comparison of three-dimensional facial morphology between upright and supine positions employing three-dimensional scanner from live subjects. *Leg Med (Tokyo)*. 2017; 27:32-37.
31. Shui W, Zhou M, Deng Q, Wu Z, Ji Y, Li K, et al.. Densely calculated facial soft tissue thickness for craniofacial reconstruction in Chinese adults. *Forensic Sci Int*. 2016; 266: 573.e1-573.e12.
32. Dias PE, Miranda GE, Beaini TL, Melani RF. Practical Application of Anatomy of the Oral Cavity in Forensic Facial Reconstruction. *PLoS One*. 2016; 11(9):e0162732.
33. Deng Q, Zhou M, Wu Z, Shui W, Ji Y, et al. A regional method for craniofacial reconstruction based on coordinate adjustments and a new fusion strategy. *Forensic Sci Int*. 2016; 259:19-31.
34. Lee WJ, Wilkinson CM, Hwang HS, Lee SM. The Unfamiliar face effect on forensic craniofacial reconstruction and recognition. *J Forensic Sci*. 2016; 269:21-30.

35. Gupta S, Gupta V, Vij H, Vij R, Tyagi N. Forensic Facial Reconstruction: The Final Frontier. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2015 Sep, Vol-9(9): ZE26-ZE28
36. Manterola M, Asenjo-Lobos C, Otzen T. Jerarquización de la evidencia. Niveles de evidencia y grados de recomendación de uso actual. *Rev. chil. infectol.* 2014 Dic; 31(6): 705-718
37. Ruiz AM, García JL, Mesa JL. Error, incertidumbre, precisión y exactitud, Términos asociados a la calidad espacial del dato geográfico. CICUM. 2010