

REPÚBLICA DOMINICANA
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA



PLANIFICACIÓN 3D Y TECNOLOGÍA CAD/CAM APLICADA A LA CIRUGÍA
ORTOGNÁTICA. REVISIÓN DE LITERATURA.
TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE DOCTOR EN
ODONTOLOGÍA

Sustentante

Ana Camila Corcino Payano

Los conceptos emitidos en el presente trabajo final son de la exclusiva responsabilidad de sus sustentantes

Docente Especializado

Dr. Silvano Guzmán

Docente Titular

Dra. Patricia Grau

No. 2062

Santo Domingo, D.N.

28 julio del 2020

DEDICATORIA

Dedicado a mi madre, Carmen Luisa Payano, a mi padre Jose David Polanco y a mi tía Juana Payano por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias al apoyo de ustedes he llegado hasta aquí. Ha sido un orgullo y privilegio ser tu hija y tu sobrina, son las mejores. Y finalmente le dedico esta tesis a mi angel Jose Cabral, quien siempre me dio fuerzas inhumanas para seguir adelante.

Ana Corcino

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi vida y carrera, por ser aquella fortaleza que necesitaba en mis momentos de debilidad, pero sobre todo por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mi madre Carmen Luisa Payano, por apoyarme en todo momento sin importar que, inculcando valores quienes definen la persona que soy hoy, por darme la oportunidad a base de grandes esfuerzos de tener una excelente educación en todo el transcurso de mi vida. Pero sobre todo por ser un ejemplo a seguir, una mujer fajona quien dejó de realizar muchas cosas para que su hija fuera quien es hoy, te amo.

A mi padre Jose David Corcino Polanco, por creer en mí siempre, por estar ahí siempre que lo necesite en los buenos y malos momentos, gracias por darme y transmitirme esa fortaleza y esas ganas de seguir adelante de una forma transparente y humilde.

Le agradezco a mi tía Juanita, quien ha estado desde el día uno a mi lado, y me ha apoyado sin pedir nada a cambio. La que más que mi tía se ha convertido en una gran madre, quien ha velado junto a mi madre el convertirme en la persona que soy hoy, gracias por ser esa persona tan humilde, creyente, y de buen corazón quien eres, esas virtudes te hacen ser la mujer tan valiosa que eres para mi, ya que contigo he aprendido lo que es la representación de la unidad familiar.

A mi tío Ruben Acosta, hombre trabajador, y un gran ejemplo a seguir, quien siempre me ha brindado una mano de apoyo cada vez que la necesitaba, sin poner objeciones. Mil gracias por creer y apostar en mí siempre, por tenerme presente y sobre todo por quererme, me siento orgullosa de tenerte en mi vida, por ser como eres. Y a mi querido primo Rubencito, quien siempre ha tenido esa confianza en mí para atenderlo, para ser mi paciente desde el inicio hasta ahora, gracias por tenerme ese amor tan sincero, te amo mi chichi.

A mi abuela Irene Payano, mi tía Carmen Rosa Payano , y mis primas Laura Guerrero y Daniela Alcántara, quienes me han brindado su apoyo incondicional en todo momento, y las que siempre vieron que iba a llegar lejos. Gracias por hacerme sonreír, por quererme y sobre todo creer en mis sueños.

A tía Celeste Payano y Danicia Cabral, quienes siempre han estado conmigo, y siempre han apostado a favor de mi futuro.

Le agradezco a mis tías queridas, quienes han jugado un papel importante en mi vida. A Cristina Cabral por haberme brindado ese apoyo incondicional desde mi nacimiento hasta el día de hoy. Y a Rebeca Cabral, mi doble como dice ella, quien me ha brindado apoyo y amor incondicional en todo momento, gracias por siempre creer y estar pendiente de mi.

A mi comadre y prima Evelyn Cuevas, por brindarme su apoyo incondicional en todo momento, gracias por todo.

A Jacqueline Navarro, amiga incondicional de mami, quien siempre ha estado apoyándola en los buenos y malos momentos, y quien ha sido una parte muy importante en este nuevo logro de mi vida. Muchas gracias por todo el apoyo que nos has brindado siempre estaré agradecida contigo y tu familia.

Le agradezco la confianza, tiempo, apoyo y dedicación a mis docentes: Angel Hernández , Erick Monzón, Alberto Suriel y Pamela Rodríguez. Por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobre todo servirme de guía en momentos de dudas y frustraciones a lo largo de mi carrera.

Gracias la Dra. Patricia Grau por creer en mí, y haberme brindado la oportunidad de desarrollar mi tesis doctoral, y por todo el apoyo, tiempo y dedicación brindado. Se lo agradezco de todo corazón , fue uno de los pilares más importantes para mantenerme firme en este proceso, la aprecio bastante.

Al Dr. Silvano Guzmán por ser de ayuda en el trayecto de la confección de mi tesis doctoral, y por brindarme apoyo en todo momento.

A mis amigos : Carmen Lopez, Carlos Lantigua, Angie Ramos, Jayla Salas, Lorena Álvarez, Sabina Montaz y Arianna Medina, por ser parte significativa de mi vida, gracias por su apoyo, comprensión y sobre todo esta amistad duradera. Más que

mis amigos se han convertido en esas hermanas y hermano que me regaló la vida, y sobre todo por confiar en mí, estar conmigo en los buenos y malos momentos y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré, los adoro demasiado.

Le agradezco a mi ángel , mi tío Jose Cabral, quien ya no está con nosotros pero quien siempre apostó todo por mí. Gracias por siempre cuidarme y siempre estar ahí para mí, incluso ahora que ya no estas conmigo. Gracias por darme ese calor paternal que siempre me ofreciste, por siempre estar al lado de mi madre y ayudarla en todo momento, gracias por todas esas risas, esos chistes, esa alegría que transmites cada vez que llegabas a casa, gracias por todos esos detalles simples que para mí eran demasiado especiales. Tu eres una de las razones principales del porque aunque me caiga vuelvo y me paro, por ti y para ti seré esa persona que tantas veces dijimos que iba a ser. Te quiero y te extraño con todas mis fuerzas , esto es un gran logro para nosotros mi angel, gracias por todo.

Ana Corcino

RESUMEN

Objetivo: Conocer la planificación 3D y tecnología CAD/CAM aplicada a la cirugía ortognática. La cirugía ortognática es la rama de la Cirugía Maxilofacial que combinada con la Ortodoncia están encargadas de solucionar las malformaciones maxilofaciales . La planificación 3D permiten realizar predicciones de los resultados postoperatorios sobre tejidos blandos y duros, como la confección de férulas quirúrgicas a partir de la tecnología CAD/CAM. En los últimos años ha tenido un gran avance respecto a la planificación y obtención de mejores resultados predecibles mediante estos sistemas. El margen de error es superado con esta herramienta en la mayoría de las limitaciones, la mayoría de los estudios realizados establecieron 2 mm como criterio del éxito de precisión. La planificación 3D y tecnología CAD/CAM se encuentran indicadas para las correcciones de deformidades dentofaciales, problemas funcionales, para mejorar la estética y la estabilidad de las posiciones finales de los maxilares y la dentición. En la Planificación Convencional se realizan registros completos como son modelos precisos, registros de relación centrica, montaje de arco facial, transferencia al articulador semiajustable, radiografías cefalométricas y fotografías intraorales.

Palabras Claves: Cirugía Ortognática, CAD/CAM , Planificación Virtual , Estética Facial, Complicaciones Preoperatorias, Cefalometría, Cirugía Guiada

ABSTRACT

Objective: To know the 3D planning and CAD / CAM technology applied to orthognathic surgery. Orthognathic surgery is the branch of Maxillofacial Surgery that, combined with Orthodontics, is in charge of solving maxillofacial malformations. 3D planning allows predictions of postoperative results on soft and hard tissues, such as the preparation of surgical splints using CAD / CAM technology. In recent years, it has made great progress in planning and obtaining better predictable results using these systems. The margin of error is overcome with this tool in most limitations, most of the studies carried out established 2 mm as a criterion for precision success. 3D planning and CAD / CAM technology are indicated for the correction of dentofacial deformities, functional problems, to improve aesthetics and stability of the maxillary and dentition end positions. In Conventional Planning, complete records are made, such as precise models, centric relation records, facial arch mounting, transfer to the semi-adjustable articulator, cephalometric radiographs and intraoral photographs.

Key Words: Orthognathic Surgery, CAD / CAM, virtual planning, Facial Aesthetics, Preoperative Complications, Cephalometry, Guided Surgery

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
3. OBJETIVOS	
3.1 GENERAL.....	16
3.2 ESPECÍFICOS.....	16
4. MARCO TEÓRICO	
4.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	
4.1.1 Desarrollo del Tratamiento Ortodóncico-Quirúrgico.....	
17	
4.1.2 Estética Facial	24
4.2 REVISIÓN DE LA LITERATURA	
4.2.1 Definición de Cirugía Ortognática	26
4.2.2 Desarrollo Embriológico.....	28
4.2.2.1 Patron de Crecimiento Craneofacial	29
4.2.3 Estudio Diagnóstico Preoperatorios	31
4.2.4 Complicaciones Preoperatorias, Transoperatorias y postoperatorias	
4.2.4.1 Complicaciones Preoperatorias.....	34
4.2.4.2 Complicaciones Transoperatorias	
35	
4.2.4.3 Complicaciones Postoperatorias	36
4.2.5 Programas Informáticos Aplicados a la Cirugía Ortognática	37
4.2.6 Tecnología CAD/CAM	
39	

4.2.7 Aplicación para Tecnología CAD/CAM Y PLANIFICACIÓN 3D.....	41
4.2.9 Planificación Virtual	43
4.2.10 Férulas Quirúrgicas.....	45
5. ASPECTOS METODOLÓGICOS	51
Fuentes y técnicas	51
6. DISCUSIÓN.....	52
7. CONCLUSIÓN	56
8. RECOMENDACIONES	58
9. PROSPECTIVA	59
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
11. ANEXOS	71

1. INTRODUCCIÓN

La cirugía ortognática es un enfoque confiable para el tratamiento de deformidades maxilofaciales, altera los tejidos blandos, maloclusión dental, enfermedades, lesiones, y así como mejorar la apariencia facial (1-9). La Asociación Americana de Cirujanos Maxilofaciales (10) describe a las anomalías dentofaciales como anomalías dentofaciales y crecimiento facial que afecta tanto a niños como adultos con labio y paladar hendido y microsomía craneofacial. El objetivo de la cirugía ortognática es corregir problemas funcionales, mejorar la estética, estabilidad en las posiciones finales de la dentición y mandíbula 3 11-13.

Antes de realizar la cirugía ortognática se debe de tener una planificación precisa y registros completos : modelos determinados (donde se simulan la cirugía y se fabrican las férulas), registro de relación céntrica , una transferencia y montaje de arco facial, radiografía cefalométrica ,fotografías intraorales 1 11. Se realizó un enfoque de tres etapas considerándose como un protocolo estándar: ortodoncia preoperatoria, cirugía y ortodoncia postoperatoria 14.

El paciente que es sometido a este tipo de cirugía recibe protocolos de tratamientos en procedimientos ortodóncicos y quirúrgicos guiados a la misma dirección: conseguir una correcta oclusión dental y resultados mejorados de estética. Por lo que es necesario realizar un plan de tratamiento minucioso que permita lograr el objetivo de esta cirugía. Gracias a la planificación previa, se práctica en simuladores la cirugía, se confeccionan férulas quirúrgicas, que luego son trasladadas al quirófano 6.

En el presente trabajo, analizamos los resultados obtenidos en diferentes estudios sobre las cirugías realizadas en pacientes con malformaciones dentoesqueléticas

con un entorno tridimensional, usando un programa informático diseñado para ello. Este programa permite realizar predicciones de resultados postoperatorios sobre tejidos blandos y duros, de igual forma confeccionar férulas quirúrgicas a partir de la tecnología CAD/CAM (Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing) ciertamente necesarias para la obtención de resultados óptimos, trasladando la planificación previamente realizada al quirófano.

La tecnología CAD/CAM crea modelos 3D a partir de imágenes digitales en la planificación quirúrgica, obteniendo simulaciones quirúrgicas, reduciendo errores asociados con los procedimientos de laboratorios tradicionales y así transferirlo al quirófano 7-15. Incluyen la producción de férulas oclusales, osteotomía/corte guía, guía de posicionamiento, espaciadores, placas de fijación/ implantes y modelos impresos en 3D 7. La tecnología informática entrega resultados más precisos, reduciendo el riesgo y logrando mejores resultados, permitiendo que se realice a partir de una Tomografía Computarizada o una Tomografía de Haz Cónico, con la exactitud en la capacitación de estructuras anatómicas superpuestas 4 10 13.

La revisión literaria se organiza de la siguiente manera: primero se presenta una breve discusión sobre el planteamiento del problema, a partir del cual se analizará la tecnología CAD/CAM. Segundo, se expone en un estudio textual la historia de la cirugía ortognática y en qué consiste, su evolución y con cuáles áreas se ve relacionada, sus posibles complicaciones y la aplicación de dicha tecnología a la cirugía ortognática. Finalmente, el tercer anexo habla sobre el análisis de la precisión de la tecnología CAD/CAM y planificación 3D frente a la cirugía ortognática, frente a la revisión de conectores contribuyentes a la textura del texto.

Este cambio metodológico, ligado a una evolución tecnológica, supone un avance cualitativo frente a la práctica diaria de un cirujano maxilofacial, debido a que influirá en la planificación de los casos, y la obtención de férulas quirúrgicas sin la necesidad de enviarlos a un laboratorio, razón por la que me ha parecido interesante realizar una revisión de literatura. El objetivo de este trabajo final de grado es conocer la planificación 3D y la tecnología CAD/CAM aplicada a la cirugía ortognática.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La cirugía ortognática es uno de los procedimientos en la especialidad de la cirugía Maxilofacial, que se encarga de dar solución a aquellas malformaciones dento-esqueléticas que causan una maloclusión dental y una desarmonía facial. Su planificación debe ser minuciosa.

El método convencional de planificar una cirugía ortognática se basa en realizar una teleradiografía de perfil y postero-anterior. A partir de esto se traza un objetivo del tratamiento quirúrgico (STO), que permite visualizar y medir en la dirección sagital y frontal los cambios quirúrgicos.

El estudio convencional de los pacientes de cirugía ortognática incluye una evaluación clínica completa, la cual incluye un análisis facial, una evaluación psicológica, radiografía, cefalométrica, un análisis de la articulación temporomandibular (ATM), de la oclusión y de modelos de estudio.

La cirugía ortognática abarca dos aspectos, el primero relacionado con la función y el segundo, directamente con la estética, por ello, se necesita realizar una buena preparación de ortodoncia prequirúrgica. Las complicaciones se pueden dividir en preoperatorias, transoperatorias y postoperatorias.

En la planificación convencional es complicado conocer con mayor predictibilidad los resultados, y se dificulta la precisión de los tiempos de actuación y postoperatorios. Por eso en la actualidad ha surgido la planificación 3D y CAD/CAM en la cirugía ortognática. Las preguntas que serán contestadas con este trabajo final de grado son:

1. ¿ Cuáles son las indicaciones y limitaciones para la planificación 3D y CAD/CAM en las cirugías ortognáticas?

2. ¿Cuál es la diferencia entre la planificación convencional y la planificación 3D?
3. ¿Qué tan fiable es la predicción de los resultados postoperatorios
4. ¿Cuál es la precisión de las férulas quirúrgicas confeccionadas a partir de CAD/CAM?

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Conocer la planificación 3D y tecnología CAD/CAM aplicada a la cirugía ortognática.

3.2 ESPECÍFICO

1. Explicar las indicaciones y limitaciones de la planificación 3D y tecnología CAD/CAM aplicada a la cirugía ortognática.
2. Comparar la planificación de la cirugía ortognática convencional y la digital.
3. Puntualizar si es fiable la predicción de resultados postoperatorios.
4. Identificar la precisión de las férulas quirúrgicas confeccionadas a partir de CAD/CAM para trasladar a quirófano en el plan de tratamiento quirúrgico.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Antecedentes Históricos

4.1.1 Desarrollo del tratamiento ortodonto-quirúrgico

En el primer milenio en Europa, la cara fue retratada con ciertas normas del rostro ideal, en el siglo XV y XVI los pintores como Leonardo da Vinci, Durero y Rafael , mostraban las deformidades faciales y también identificaban las características de la normalidad. El desarrollo de técnicas quirúrgicas está basada en los métodos utilizados para reseca tumores o tratamiento de traumas de los huesos faciales.

Cheever en los EE.UU. y Von Langenbeck , y Dupuytren en Europa fueron los primeros en hablar de los cambios en las proporciones de la cara. Con las guerras mundiales los esfuerzos estaban concentrados en el tratamiento de las fracturas, no realizándose grandes innovaciones en cuanto a la cirugía ortognática.

La cirugía ortognática fue desarrollada a mediados del siglo XX, fundamentalmente por trabajos realizados en la escuela Alemana y, especialmente, por los doctores Trauner y Obwegeser . Su principal indicación era para la corrección de alteraciones dentofaciales moderadas y severas, restableciendo una oclusión adecuada. Los efectos psicosociales derivados de la desarmonía estética producida por una alteración dentofacial se construyeron en una segunda indicación de la cirugía ortognática.

Estas conclusiones se dan como fruto de años de estudio de las estructuras óseas manipuladas al momento de realizar un tratamiento de cirugía ortognática: maxilar superior y mandíbula. A continuación se expondrá algunos detalles anatómicos de dichas estructuras y cómo ha evolucionado la cirugía en ambos huesos por separado.

Cirugía Mandibular

La mandíbula se distingue por dos partes: el cuerpo y las ramas mandibulares. Está formada por una capa gruesa de tejido óseo compacto y de tejido óseo esponjoso. El conducto dentario inferior ambos lados del cuerpo y las ramas mandibulares. Inicia en la cara media de la rama mandibular y se dirige hacia inferior y anteriormente describiendo una curvatura anterior y superior. Está presidida en su formación, de cada lado de la línea media, por un tallo cartilaginoso: el cartílago de Meckel. El centro de osificación principal se desarrolla en el tejido conjuntivo, en la cara lateral del cartílago de Meckel, hacia el segundo mes de gestación. Después se forman otros centros de osificación: un centro mentoniano para la sínfisis mandibular del mentos, y otros dos centros distintos para la apófisis condilar y apófisis coronoides, según como Rouviere explica en su libro Anatomía descriptiva de la cabeza y cuello.

En la siguiente tabla (Tabla 1) , se expone un breve resumen cronológico de la evolución de las osteotomías mandibulares a lo largo de la historia, revisando los trabajos de diferentes autores:

Tabla 1. Cronología de la evolución de las osteotomías mandibulares a lo largo de los años.

Año	Cirujano	Procedimiento
1849	Hullihen S.P.	Osteotomía segmentaria mandibular anterior para corregir una maloclusión producida por una quemadura grave
1887	Blair V.P.	Osteotomía de cuerpo mandibular
1906	Anton Freiherr	Osteotomía escalonada

		diseñada para aumentar el área de superficie de contacto óseo
1907	Blair V.P.	Osteotomía horizontal de rama mandibular mediante abordaje externo
1012	Harsha	Osteotomía extraoral en el cuerpo mandibular preservando el nervio alveolar inferior
1935	Wassmund	Osteotomía de rama en "L" invertida mediante abordaje externo
1954	Caldwell	Osteotomía vertical intraoral de rama mandibular
1955	Obwegeser	Osteotomía sagital de rama
1961	Dal Pont	Osteotomía sagital de rama ampliada en el cuerpo mandibular
1968	Hunsuck	Modificación donde la osteotomía de rama horizontal finaliza antes de llegar al borde posterior de la rama mandibular
1977	Epker	Osteotomía sagital parcial en rama mandibular y "guía" de la fractura por el conducto del nervio dentario
1977	Bell	Estudios sobre la anatomía y fisiología de la mandíbula que influyen en el tipo de osteotomía a realizar
1990	Wolford	Corticotomía basilar del cuerpo mandibular

En 1957, Obwegeser y Trauner descubrieron el uso de una osteotomía en forma de "L" invertida por una línea vertical que se encuentra por detrás del agujero y desde el borde inferior, atravesando la línea horizontal sobre el nivel del agujero, que comenzó en borde posterior de la mandíbula. Se entiende como una nueva técnica de correcciones dentoesqueletales. Posteriormente fueron modificados por autores como Dal Pont, Hunsuck, Epker, Bell o Schendel.

En mayo de 1977, el Dr. William H. Bell (19) padre de la Cirugía Ortognática moderna, entregó las bases biológicas y fisiológicas de la mandíbula en la osteotomía sagital, poniendo de manifiesto los posibles riesgos de necrosis ósea mandibular en función de la osteotomía realizada. Su estudio determina las áreas de trabajo recomendadas en las nuevas técnicas para asegurar aporte sanguíneo y evitar posibles sufrimientos y complicaciones.

La posibilidad de recolocar la mandíbula en forma estable a largo precedió a la posibilidad de recolocar el maxilar superior. Por consecuencia muchos pacientes eran sometidos a cirugía mandibular solo para la corrección de una deformidad primaria del maxilar. La cirugía ortognática no logra su desarrollo pleno hasta que Hugo Obwegeser demostró la posibilidad de un reposicionamiento del maxilar superior en el 1965 de forma simultánea informó el reposicionamiento de la mandíbula y el maxilar superior en 1970.

Cirugía Maxilar

En cuanto al hueso maxilar , se encuentra situado conformando los límites de la cavidad bucal, cavidad orbitaria y lateral a las cavidades nasales. A pesar de que el

maxilar es voluminoso es muy ligero. Es un hueso conformado por dos centros de osificación principales: post maxilar y premaxilar también llamado intermaxilar. Se desarrollan a partir de un tejido óseo membranoso que recubre toda la cápsula nasal cartilaginosa. La separación entre el post maxilar y el premaxilar es visualizada por la sutura incisiva, visible en el paladar duro hasta los 12 años de edad aproximadamente según como Rouviere explica en su libro Anatomía descriptiva de la cabeza y cuello 19.

A continuación, se expone cronológicamente la evolución de la Cirugía sobre el hueso maxilar, según las principales técnicas quirúrgicas descritas para la solución de los diferentes tipos de malformaciones dento esqueléticas 18.

Tabla 2. Cronología de la evolución de la cirugía en el hueso maxilar.

Año	Cirujano	Procedimiento
1859	Bernard Von Langenbeck	Osteotomía maxilar realizada unilateralmente para el acceso a tumores
1867	Cheever	"Down fracture" tras Le Fort I como abordaje para extirpar dos masas nasofaríngeas
1935	Wassmund	Osteotomía de Le Fort I y uso de fuerzas elásticas para llevar adelante el maxilar superior.
1934	Axhausen	Movilización del maxilar tras osteotomía para corregir la mordida abierta
1969	Obwegeser	Tratamiento quirúrgico de una retrusión o protrusión maxilar
1975	Bell	Le Fort I para la corrección de

		deformidades maxilares
1975	Epker	Le Fort I para corregir deformidades del desarrollo y craneofaciales

Fuente: A History Of Orthognathic Surgery in North America. Bryan Bell

La cirugía bimaxilar se puede realizar reposicionando y movilizand o primero el maxilar o la mandíbula. Ellis como otros autores, sugiere realizar reposicionamiento del hueso maxilar primero . Debido a que el maxilar está unida a las estructuras óseas craneofaciales, y no varía en cuanto a su posición. Mientras que en la mandíbula no ocurre de esta manera, ya que cualquier re-posicionamiento mal hecho puede dar como resultado asimetría, como es el caso de contorno asimétrico de los bordes inferiores o asimetría en prominencia de los ángulos mandibulares 19. Para conseguir una correcta posición del maxilar durante la intervención quirúrgica se dispone de una férulas quirúrgicas, que toman como referencia el oponente oclusal para posicionar el fragmento osteotomizado en la nueva posición deseada, tomando como referencia el arco dental mandibular 18. La información proporcionada por la férula quirúrgica debe ser precisa. Sobre esta férula confeccionada en acrílico, se remarca su importancia a la hora de trasladarlo al quirófano como parte del plan de tratamiento.

A continuación de detallan los pasos a seguir para la confección de férulas quirúrgicas:

- Se toma el Arco Facial del paciente. Sirve para posicionar correctamente los modelos dentales del paciente en el articulador semiajustable.

Toma como referencia el Plano de Frankfurt (definido como el punto más craneal del conducto auditivo externo, o el punto más inferior del reborde orbitario), del

paciente, relacionado con la posición del maxilar superior. Con la finalidad de trasladar el maxilar desde el paciente hacia el articulador.

- Montaje de los modelos de las arcadas en el articulador semiajustable, primero colocando el maxilar superior en la misma posición respecto al Plano de Frankfurt. Dicha posición se obtiene gracias a los datos proporcionados por el arco facial.
- Movilización de los modelos en el articulador, según los datos extraídos del estudio cefalométrico. Luego de llevar a una posición adecuada la arcada superior, se procede a confeccionar una Férula Quirúrgica Intermedia, la cual ayuda a fijar el maxilar durante la cirugía, una vez realizada la osteotomía del hueso maxilar y tomando como referencia la arcada dentaria mandibular. Posteriormente, se confecciona la Férula Final, para llegar a la oclusión tipo I.

Cirugía Guiada por Computadora e Imágenes Intraoperatorias

La era de las imágenes tridimensionales (3D) inició en 1971 cuando Sir Godfrey Hounsfield inventó la tomografía computarizada (TC), que permite la visualización y análisis sin precedentes de la anatomía compleja asociada a cirugía en general y cirugía ortognática en particular. En 1983 fue mejorada el diagnóstico por imagen, cuando Chuck Hull en 1985 desarrolló la impresión 3D, facilitando el primer fresado 3D de la anatomía humana.

En 1990 se produjeron modelos estereolitográficos sintetizados para el diagnóstico y tratamiento en la planificación de cirugía ortognática. Coincidiendo con dichos avances tecnológicos se creó el software para analizar y manipular datos 3D y aplicarlos en la planificación del tratamiento ortognático. Empresas tales como

Materialise , Dolphin Imaging, SAS Institute y Quintiles son ejemplos de empresas que han contribuido al avance de la planificación de un tratamiento asistido por una computadora.

Swennen , Gateno y Xia (18) desarrollaron el primer sistema de imágenes en 3D para ayudar a la planificación virtual conjunto a una impresión 3D de férulas interoclusales para la transferencia de planos virtuales a la realidad.

El método original descrito por Gateno y Xia (18) consiste en establecer la posición natural de la cabeza usando un giroscopio, tomografías computarizadas de grado médico y un escáner láser de los modelos de yeso. Y posteriormente Farrell y Tucker (18), reemplazaron el giroscopio y yeso con un proceso de un flujo digital que sólo requiere datos del CBCT. La planificación virtual se ha convertido desde entonces en el estándar de oro para la planificación quirúrgica ortognática , como del reemplazo de modelos analíticos convencionales para una cirugía convencional 18.

4.1.2. Estética Facial

Los cirujanos orales y maxilofaciales son expertos faciales y están calificados para realizar procedimientos estéticos de la cara, boca, dientes y maxilares. Los antecedentes quirúrgicos y dentales permiten al cirujano entender la relación de los tejidos duros y blandos y los posibles cambios asociados a los movimientos. Poseen una amplia capacitación en procedimientos quirúrgicos que involucran la piel, músculo, hueso y cartílago, obteniendo por necesidad la armonía entre la apariencia facial y la función. Dicho procedimiento puede ser realizado simultáneamente con la cirugía ortognática o como un retraso del tratamiento 20.

El examen clínico consiste en la obtención y clasificación de las medidas faciales. Dicho procedimiento requiere documentación en fotos frontales, de perfil, oblicuo y posiciones faciales submentales, como la cara en reposo, sonrisa y activación de los músculos de interés. No existe un estándar absoluto para lo que constituye una estética facial ideal, pero existen algunos parámetros útiles para el clínico en el tratamiento.

En el proceso de planificación el elemento más importante es la simetría. Es cuantificable y ha sido considerada como la característica más importante de la estética. El segundo elemento es el concepto de promedio o la norma, generalmente es aplicada en la planificación de la cirugía ortognática a través del análisis cefalométrico. El tercer elemento relacionado con valores normativos es el saber las proporciones, quienes pueden ser evaluados con diferentes análisis cefalométricos de los tejidos blandos y duros. El último elemento se ve relacionado con el género (diformismo), por ejemplo, es más común ver a hombres con barbilla prominente y con mayor frente que las mujeres, mientras que estas poseen huesos más prominentes y definición de los ángulos de la línea facial.

Los modelos estereolitográficos anatómicos actuales nos proporcionan réplica en 3D y porción 1:1 de una región anatómica a partir de los datos obtenidos de una Tomografía Computarizada (TC), como describió Arvier. A partir de esta, se realiza una réplica exacta de lo que se llevará al quirófano.

Este tipo de modelo ha jugado un papel importante en la evolución de la planificación quirúrgica. Es un método de trabajo difundido por las ventajas que aporta su tridimensionalidad. Dichos modelos son obtenidos a partir de técnicas de fabricación asistida por ordenador, donde el resultado final es un modelo de resina

creado a partir de pruebas radiológicas como la Tomografía Computarizada (TC). La alta precisión de las estructuras anatómicas obtenidas, tiene su punto débil a nivel de las piezas dentales, donde la estereolitografía no aporta la precisión necesaria, como explicó Taha en su trabajo.

A la hora de tomar la decisión sobre la secuencia de tratamiento se debe de tomar en cuenta el hecho de que es exclusivo para cada paciente , al igual como se deben de tomar en cuenta las áreas anatómicas, el tiempo de recuperación, consideraciones financieras del paciente, corrección retardada o inmediata al momento de realizar la cirugía ortognática. Para saber que opción elegir se debe de previsualizar los resultados, así como los pros y contras simultáneamente de la cirugía demorada y la inmediata . La cirugía simultánea posee como beneficio que es un procedimiento de un solo día y que maximiza la productividad y aceptación del paciente, sin embargo una de las consideraciones es que puede resultar un edema facial intraoperatorio causando pérdida de puntos de referencia, alterando la anatomía, obteniendo como resultado un tiempo quirúrgico y curación más largo.

Mientras la cirugía por etapas o retardada , permite un tiempo más corto en la cirugía inicial, correcciones menores después de la primera cirugía, produce resultados más predecibles, resultados esperados y tejidos blandos más estables.

Esta breve introducción, permitirá entender, trabajos informáticos y técnicas de tratamiento de imágenes, que han contribuido para la evaluación de métodos de análisis, diagnóstico y predicción de resultados en la cirugía ortognática 20.

4.2 Revisión de la Literatura

4.2.1 Definición de Cirugía Ortognática

La cirugía ortognática para reposicionar el maxilar, la mandíbula y el mentón proporciona una mejora en la proporción y el equilibrio facial. Recientemente, conceptos en cirugía ortognática han sido reevaluados y emergen de los avances en la planificación preoperatoria y la metodología quirúrgica. Entre las técnicas quirúrgicas incorporadas en la cirugía ortognática se incluyen la osteotomía de Lefort I, osteotomía de división sagital bilateral y la genioplastia ósea. Los conceptos actuales se basan en más mejoras en la competencia de técnicas, materiales de fijación ósea superiores, mejor comprensión de la curación ósea y respuestas de tejidos blandos. Aún existe la controversia de la secuencia de tratamiento (Maxilar primero vs mandíbula primero vs cirugía primero) al igual que con respecto al método de planificación tradicional versus planificación virtual moderna, como aquellos procedimientos adjuntos que sirven para mejorar los movimientos óseos 21.

El tratamiento inicia con una fase de ortodoncia pre-quirúrgica, en donde el ortodoncista se encarga de situar los dientes en la posición previamente planificada, alineando y nivelando, corrigiendo las compensaciones fisiológicas de las arcadas dentales. Posteriormente el cirujano maxilofacial moviliza las estructuras óseas siendo esta planificada preoperatoriamente, teniendo como objetivo conseguir que las arcadas dentales se adopten a una correcta relación oclusal 16.

La Cirugía Ortognática es la intervención quirúrgica empleada para corregir las deformidades maxilomandibulares, consiguiendo una oclusión final correcta y armonizando la cara del paciente. Es un procedimiento electivo en el que los pacientes son intervenidos con el propósito de obtener un beneficio funcional y estético, pero de igual forma psicosocial.

En la actualidad , la cirugía ortognática ofrece seguridad debido a los avances importantes obtenidos en el método de diagnóstico, planificación del tratamiento y las técnicas quirúrgicas y anestésicas 22.

La cirugía ortognática pretende transformar las estructuras maxilares, cuando se encuentra presente alguna malformación dento esquelética. Existen algunos efectos adversos como anomalías neuro sensoriales dolorosas, problemas relacionados con la anestesia general, problemas periodontales, reincidencia, praxias transitorias de los nervios mandibulares en las osteotomías sagitales de rama, entre otras 23.

4.2.2 Desarrollo Embriológico

El macizo facial (cara) se forma entre la cuarta y octava semana del periodo embrionario, donde participan cinco procesos faciales o mamelones: procesos maxilares y mandibulares (procesos pares) y, frontonasal medio (procesos pares). Para algunos autores la cara deriva de siete procesos, incluyendo además, los dos procesos nasales laterales.

Durante la sexta y séptima semanas, el proceso maxilar crece y se dirige hacia arriba y hacia adelante extendiéndose por debajo de la región del ojo, y por encima de la cavidad bucal primaria. En cambio, el proceso mandibular progresa hacia la línea media por debajo del estomodeo para fusionarse con el del lado opuesto y poder formar la mandíbula y el labio inferior. Los procesos nasomedianos se unen por fusión aparente y forman la porción media del labio superior, las zonas laterales del labio superior se forman por la fusión de los procesos nasales medios con los procesos maxilares respectivos.

En el labio inferior y la mandíbula, intervienen solo los procesos mandibulares, que se fusionan entre sí en la línea media.

La nariz se forma a partir de cinco prominencias faciales: prominencia frontonasal (da origen a la frente, dorso y punta de la nariz), mamelones nasales externos y procesos nasales internos.

El paladar primario se desarrolla entre la quinta y sexta semana, mientras que las crestas palatinas derivadas de los procesos maxilares se fusionan y dan lugar en la séptima semana al paladar secundario en la séptima y octava semana. La fusión entre ambos paladares tiene lugar entre la décima y onceava semana de desarrollo.

Si bien los arcos branquiales forman las estructuras faciales, cabeza y el cuello dándole una apariencia típica, en su periodo postnatal, la aparición de los cornetes nasales, senos paranasales y posteriormente los dientes, proporcionando finalmente lo que conocemos la forma de la cara en suma expresión 24.

4.2.2.1 Patrón de crecimiento cráneo facial

Cárdenas definió el patrón como un concepto importante del crecimiento que se refleja proporcionalmente, es compleja, debido a que es estudiada a través del tiempo y no del momento dado. Canut (25) define el patrón facial como el tipo de cara en cuanto a morfología y proporciones e implica que la cara tiene una forma que se modifica con el crecimiento y se perfila definitivamente con el cese del desarrollo facial, además el patrón de crecimiento que se observa en edades tempranas es la que se mantiene a lo largo de la vida.

Ricketts (26) definió al concepto de biotipo facial como un conjunto de caracteres morfológicos y funcionales que determinan la dirección de crecimiento y el

comportamiento de la cara. La tipología facial está asociada con la oclusión dental, armonía facial, músculos orofaciales, forma y configuración de las estructuras craneofaciales, influyen en la masticación, la deglución, la respiración y el habla 26. El biotipo facial describe las variaciones fenotípicas de las personas. Los biotipos faciales son 27:

- Mesofacial. Es aquel que se caracteriza por tener una musculatura normal y una apariencia facial agradable. Poseen dirección de crecimiento equilibrada tanto en dimensiones verticales y horizontales proporcionados.
- Dolicofacial. La dirección de crecimiento es vertical, cara alargada y estrecha, el tercio inferior del rostro está aumentado y con una posterior rotación de la mandíbula, perfil convexo y mentón retraído, musculatura débil con menor eficacia masticatoria.
- Braquifacial. Se caracteriza por tener una estructura facial corta y ancha, las arcadas dentales tienden a ser más cortas en sentido anteroposterior, pero más ensanchadas transversalmente. Tienden a tener crecimiento horizontal y mordida profunda, tercio inferior de la cara disminuido, gran desarrollo de la rama mandibular a nivel de altura, musculatura fuerte, y redundancia labial.

La máxima fuerza de mordida (MFM) es un indicador funcional del sistema masticatorio quien indica la fuerza generada entre los dientes maxilares y mandibulares. La generación de esta depende de la acción, volumen y coordinación de músculos masticatorios, de los mecanismos de la articulación temporomandibular (ATM). La MFM se ve incrementada con las necesidades masticatorias, su aplicación a los dientes depende de factores relacionados con características propias del

sujeto , factores como la edad, sexo, oclusión, estado de dentición, trastornos del ATM, morfología facial, entre otros 26.

4.2.3 Estudios Diagnósticos Preoperatorios

La planificación tradicional se realiza a base de análisis cefalométricos, toma de impresiones para realizar la simulación de la cirugía, transferencia de arco facial y montaje en articulador semiajustable, pero desafortunadamente la planificación en el modelo puede procesar errores que comprometen la predicción de un correcto plan de tratamiento.

El método clásico de planificar una cirugía ortognática se basa en un análisis facial y una cefalometría realizada a partir de una telerradiografía de perfil. A partir de este se traza una STO (Surgical Treatment Objectives) que permitía imaginar y medir en la dirección sagital los cambios quirúrgicos, corroborando con la cirugía de modelos los cambios previstos con la STO.

La cefalometría surgió en 1934 por Hofrath en Alemania y Broadbent en Estados Unidos. Esto significó la posibilidad de utilizar una nueva técnica en el estudio de la maloclusión y las discrepancias esqueléticas. Su objetivo principal era el estudio de patrones de crecimiento craneofacial, luego se comprobó que podía usarse para valorar las proporciones dentofaciales y descifrar las bases anatómicas de la maloclusión. Los estudios cefalométricos se utilizan como métodos diagnósticos, de evolución y resultado final del tratamiento. Juega un papel importante en la planificación del tratamiento, ya que a partir de esta se realizan nuevos trabajos y ha evolucionado la forma de planificar los tratamientos.

Los estudios cefalométricos tradicionales consisten en un trazado de puntos cefalométricos en papel de acetato y a partir de estos puntos se miden los valores angulares y lineales deseados para obtener una descripción concisa y comprensible del patrón craneofacial y clasificar al paciente, y así identificar cuáles serán los objetivos del tratamiento, escoger la modalidad de tratamiento y predecir su éxito.

La posición maxilar y los dientes fue estudiada por la ortodoncia, así como la relación del esqueleto craneofacial. Tweed, Downs, Bjork, Steiner y Ricketts refieren que existía una serie de puntos de referencia los cuales permitieron estudiar las proporciones craneofaciales, así como la evolución de medidas lineales y angulares en las fases de crecimiento.

El estudio preoperatorio permite obtener de forma más predecible los resultados de una cirugía ortognática. Para poder evaluar cambios esqueléticos en el tratamiento, se usan tres enfoques distintos en estudios previos: cálculo de las diferencias lineales y angulares entre los puntos de referencia, usos de mapas de distancia para la evaluación de la diferencia entre la superficie de segmentos de la mandíbula planificados preoperatoriamente y los postoperatorios, y por último el cálculo de coeficiente de puntos de referencia y ángulos de referencia.

El uso de Software CAD/CAM puede realizar ciertas mediciones y cambios en la anatomía esquelética craneofacial del paciente de forma tridimensional. Con el software CAD, las resecciones y reconstrucción son planeadas prácticamente usando ubicaciones específicas de osteotomías con una precisión de 1/100 mm. Actualmente en este software se pueden medir, mover o injertar huesos. Por otro lado el software CAM, confeccionan férulas quirúrgicas, guías de corte para las osteotomías, y plantillas para placas mediante la impresora 3D usadas en el tiempo

de cirugía. La tecnología CAD/CAM ayuda a facilitar la reducción y recuperación intraoperatoria con una precisión exquisita .

La cirugía de simulación preoperatoriamente permite mediciones hasta 1/100 mm cuando se combina con férulas impresas en 3D y placas preventivas personalizadas, el resultado reconstructivo y estético es superior al tradicional respecto al modelado y trazado 27.

Los estudios cefalométricos se realizan sobre papel, con radiografías y algunas veces con programas informáticos que muestran imágenes 2D. Perdiendo información, ya que se trabaja con elementos anatómicos que se movilizan él los tres planos del espacio 2.

Maschkowski, analizó un sistema que manifestaba la importancia de la Realidad Aumentada (AR) en diversos campos quirúrgicos. En el estudio se utilizaron técnicas de AR para el control de posicionamiento maxilar en cirugía ortognática. Es un sistema que permite la visualización directa de la posición del hueso movilizado en relación a lo planeado virtualmente. La técnica se utilizó en la planificación convencional y sus herramientas quirúrgicas guías (modelos de yeso, férulas). Los resultados del análisis cefalométrico basados en los cefalogramas lateral y frontal pre y posoperatorio indicaron inexactitud con el sistema X-Scopes dentro del rango del método de registro aplicado. El análisis de los datos recopilados mostraron un valor medio de 0.97 cm para desviación promedio entre los objetivos reales y los virtuales. Recomendaron la alternativa de plantillas fabricadas estereolitográficas a base de hueso que determinan de forma estática la posición preoperatoria virtualmente planificada de segmentos óseo osteotomizar 29.

4.2.4 Complicaciones Preoperatorias, Transoperatorias y Postoperatorias

La cirugía ortognática implica múltiples pasos, planos de tejidos e instrumentación. Por lo que posee riesgo de complicaciones múltiples, entre ellas sangrado, infección, cicatrización, mal unión o no, mal división de la osteotomía sagital bilateral, recaída ósea o dental, lesiones neurológicas, efectos adversos sobre la estética nasal entre otras 21.

Las complicaciones que pueden presentarse después de la cirugía ortognática pueden comprender dos aspectos : función y estética; por ello es importante realizar una buena preparación de ortodoncia y planeación prequirúrgica, lo cual disminuye de manera considerable estas posibles complicaciones. Las complicaciones pueden dividirse en preoperatorias, transoperatorias y postoperatorias 2.

4.2.4.1 Complicaciones Preoperatorias

La introducción de la simulación quirúrgica en computadora permite evaluar de manera detallada la deformidad dentofacial del paciente y la relación que guardan los tejidos blandos. Cuando no se utiliza la predicción quirúrgica en papel y el montaje en articulador semiajustable adecuado, puede ocasionar cambios inesperados en la oclusión, obteniendo una distinta a la planeada, y en el peor de los casos una mordida abierta.

El uso de la predicción quirúrgica digital permite conocer y determinar correctamente los movimientos quirúrgicos que se realizarán así como las cantidades exactas milimetradas y osteotomías que se trasladaron al sujeto 2.

4.2.4.2 Complicaciones Transoperatorias

La recaída del movimiento quirúrgico se ve asociada con errores en la planificación, dificultades intraoperatorias, limitaciones anatómicas o relacionadas con la ortodoncia 31.

Los sangrados transoperatorios surgen inmediatamente después de haber culminado las osteotomías, tanto en maxilar superior como en mandíbula. Los vasos sanguíneos más comunes en las hemorragias transoperatorias son la arteria palatina descendente, el plexo venoso pterigoideo, la arteria maseterina y algunas ramificaciones de la arteria maxilar interna.

En osteotomías mandibulares, el sangrado puede generarse de la arteria maxilar, la arteria y vena facial, la arteria dentaria inferior y la vena retromandibular. Las siguientes medidas sirven para disminuir la pérdida sanguínea, y en consecuencia, el estrés que ella ocasiona:

1. Anestesia hipotensora. Permite una adecuada visualización del campo quirúrgico.
2. Para casos de osteotomías Le Fort, exanguinación unos minutos antes del procedimiento y regresar al finalizar el mismo. Permite una hemodilución y pérdida menor de sangre.
3. Aplicación de anestésico local con vasoconstrictor en los sitios a operar.
4. Aplicación de solución tumescente (Klein) en todos los sitios de osteotomía y una espera de 15 minutos para alcanzar su máximo efecto.
5. Taponamiento y empaquetamiento con afrin y uso de agentes hemostáticos como gelfoam o surgicel.

6. Posición Fowler del paciente en la mesa quirúrgica durante el procedimiento.

7. Uso de electrobisturí para tejidos blandos 2.

Normalmente, ocurre una hemorragia secundaria después de la primera y segunda semana del postoperatorio como consecuencia de la necrosis de la pared del vaso sanguíneo dañado durante la fase operatoria y cuyo coágulo formado fracasa en su proceso fisiológico.

La mala división producida en la mandíbula es una de las complicaciones más importantes en el desempeño de la cirugía ortognática, separación o una división defectuosa en la osteotomía seguido de un sangrado intraoperatorio excesivo 31.

4.2.4.3 Complicaciones Postoperatorias

Después de la cirugía ortognática, el paciente puede presentar malestares tales como inflamación exagerada y prolongada, dolor extremo, dificultad respiratoria, dificultad para deglutir los alimentos, y finalmente infección. En cuanto al foco inflamatorio, cada individuo reacciona de forma diferente, incluyendo en la intensidad del fenómeno inflamatorio el tiempo de cirugía realizada, la manipulación de los tejidos, el tipo de piel, el uso de esteroides y la experiencia del cirujano.

Las infecciones postoperatorias se pueden dividir en infecciones mayores o menores. Las infecciones menores se presentan en heridas superficiales, por lo que pueden ser tratadas con pequeñas incisiones y terapia antibiótica; las infecciones mayores son las que recomiendan hospitalización, desbridamiento, terapia antibiótica, curaciones e injertos óseos u otros tratamientos más agresivos.

Hay veces en que los segmentos óseos pueden sufrir compromiso vascular o implicar diferentes grados de necrosis avascular, ya sea de tejido blando o duro. El primer signo de necrosis avascular es la pérdida del tejido gingival, seguido de isquemia de la mucosa adyacente.

Pueden existir anormalidades nasales , destacándose la desviación septal, incremento de la obstrucción ósea de la vía aérea, bases alares asimétricas, rotación de la punta nasal, deformidades en el dorso nasal y depresión de los cartílagos alares. Dichas complicaciones se pueden resolver mediante el procedimiento de sedación y anestesia local.

Por otro lado se encuentran las maloclusiones, las cuales en ciertas ocasiones se resuelven con la colocación de elásticos más fijación intermaxilar, y en las más complicadas se realiza reintervención quirúrgica. 2.

4.2.5 Programas Informáticos Aplicados a la Cirugía Ortognática

La predicción de resultados en cirugía ortognática es una parte importante en el plan de tratamiento. La prevención de falsas expectativas forma parte de la interacción clínico-paciente. Para poder llegar a la creación de un programa informático como el expuesto en este trabajo, evolucionando en diferentes campos tales como la tecnología, la informática y pruebas radiodiagnósticas. Por lo que ha parecido conveniente resaltar los inicios que han permitido llegar al grado actual.

La Tomografía Computarizada (CT) es una tecnología establecida para obtener imágenes , de manera no invasiva, de la estructura interna de los objetos en tres dimensiones (3D). Las tomografías se obtienen a partir de proyecciones bidimensionales usando rayos X 32.

Arai et al (33) propusieron el desarrollo de un aparato de TC compacto específicamente para el área de odontología. En 1997, crearon un prototipo limitado para uso dental el cual se denominó Ortho.CT. Este dispositivo fue utilizado en más de 2000 casos evaluando sus condiciones, los dientes impactados, lesiones apicales y defectos en ambos maxilares.

El CBCT utiliza un escáner de imágenes extraorales específicas, diseñado para ver imágenes de cabeza y cuello mediante escáneres 3D del esqueleto maxilofacial. Las máquinas de haz de cono utilizan rayos X en forma de un cono grande que cubre la superficie de la cabeza a examinar; en lugar de una matriz lineal de detectores como en el CT. Esta técnica permite a los doctores obtener imágenes reconstruidas en todos los planos en 2D y 3D bajo un nivel menor de exposición sobre la radiación 33.

Entre las ventajas que posee el CBCT sobre el CT se encuentran : el costo del equipo es aproximadamente de 3 a 5 veces menor que el tradicional, el equipo es más ligero y pequeño, posee mejor resolución espacial, es fácil de mantener y operar, no se requiere capacitación técnica, visualización de ambos maxilares al mismo tiempo, la dosis de radiación es menor a la TC. Su limitante más grande es que posee una resolución de contraste menor, por lo que existe menos discriminación entre los diferentes tipos de tejidos (huesos, dientes y tejidos blandos). El uso de CBCT implica cierto riesgo para los pacientes, sin embargo, tiene un mayor beneficio a la hora de proporcionar información útil y necesaria para ayudar a determinar el diagnóstico y/o facilitar el tratamiento. Se debe de tomar en cuenta que el riesgo de la mayoría de los exámenes a base de rayos X dental son menores.

La imagen digital también conocida como fotografía digital, juega un papel importante referente al estudio preoperatorio, transoperatorio y postoperatorio. Este sistema consta de la desventaja de no captar imágenes en 3D del esqueleto craneofacial, pero combinada con diferentes pruebas como la CT, da la información necesaria para la realización de una planificación del tratamiento 34.

4.2.6 Tecnología CAD/CAM

La tecnología CAD/CAM, traducida a nuestro idioma como Diseño Asistido por Ordenador y Fabricación Asistida por Ordenador, ha sido utilizada en diferentes industrias desde los años cincuenta, las primeras aplicaciones en Odontología fueron desarrolladas por el doctor Werner Mormann de la Universidad de Zurich y Marco Brandestini de Brains Inc. en Suiza quienes en 1983 fabricaron la primera restauración cerámica en el consultorio.

La palabra CAD hace referencia a la realización del diseño de una restauración virtual a base de un computador. Para poder trasladar la información de la boca de un paciente hacia el computador se hace mediante una impresión digital. La palabra CAM se refiere a la fabricación de la restauración, sistema de tallado o fresado asistido por un computador.

En términos generales odontológicos CAD/CAM, se divide en dos tipos de sistemas: uso en el consultorio y uso en el laboratorio. El sistema para uso en el consultorio se divide en sistemas para toma de impresiones digitales, y sistema para toma de impresiones digitales con la capacidad de fabricar restauraciones definitivas directamente sin necesidad de la intervención de un laboratorio.

La tecnología CAD/CAM ayuda a la planificación de cirugías mediante diferentes tipos de software que reconstruyen de forma tridimensional el esqueleto maxilofacial. Del mismo modo, se realizan osteotomías y movimientos quirúrgicos virtuales, y a partir de ellos se diseñan modelos estereolitográficas, férulas quirúrgicas y prótesis articulares que se ajustan a las características específicas de la anatomía de cada paciente 35.

Estos programas son utilizados para predecir cualquier cambio en el eje horizontal como vertical. Entre los más destacados se encuentran:

- Dentofacial Planner. Muestra errores sistémicos, más evidentes en las mediciones que tenían como referencia la mandíbula.
- OPAL. Es un programa preciso respecto a medidas angulares en la cefalometría lateral de cráneo, pero a nivel de plano oclusal muestra un error sistémico.
- Quick Ceph. Mide la posición en el eje horizontal del labio inferior y la posición en el eje vertical del punto Pg (Pogonion), presenta discrepancia respecto a las medidas postoperatorias sobre trazados cefalométricos convencionales.
- TIOPS. Es otro tipo de análisis cefalográfico.
- Dolphin. Permite realizar un simulacro de la intervención, personaliza los tratamientos y da variedad de soluciones.

Dichos softwares, han sido diseñados para la visualización de estructuras en 3D, su manipulación, la confección de un tipo de plan de tratamiento y creación de férulas quirúrgicas 36.

4.2.7 Aplicaciones para Tecnología CAD/CAM y Planificación 3D

Las aplicaciones iniciales debido a su costo fueron la ingeniería aeroespacial, industrias de automóviles y organismos gubernamentales; sin embargo, hoy día presentan diferentes aplicaciones como las que vemos en ingeniería, diseño, medicina, paleontología y odontología.

Las aplicaciones de estas tecnologías en cirugía oral y maxilofacial. Estas tecnologías ofrecen grandes ventajas al permitir explorar, conocer y reproducir con gran exactitud las características de los huesos de esta zona. Existen múltiples ejemplos: reconstrucción de las órbitas, de las paredes del canal auditivo, rinoplastias y reconstrucción de huesos frontales, craneales, de maxila y mandíbula. Con el uso de las tecnologías se puede copiar prácticamente cualquier parte dañada del cuerpo humano y reproducirla en un biomaterial capaz de reconstruirla o repararla, los esfuerzos no se detienen ahí, sino que también se desarrollan nuevas tecnologías que combinadas a estas permiten incorporar sustancias adicionales como fármacos para el tratamiento de diferentes patologías, células madres, factores osteoinductores.

La introducción de estas técnicas en la medicina y en particular en cirugías reconstructivas representan un salto cualitativo y cuantitativo importante, pues presentan ventajas tales como una elevada productividad, gran precisión y resolución, excelente calidad en la terminación, elevada reproducibilidad, bajos costos pero sobre todo producciones limpias.

En Odontología, se usa principalmente en la fabricación de modelos para planificación quirúrgica, implantología, ortodoncia, cirugía maxilofacial y prótesis maxilofaciales.

Anderlet et al (38) en 1994 determinaron que los biomodelos ayudan a la visualización de estructuras que se utilizan en el estudio de diferentes deformidades faciales, reduciendo así el riesgo quirúrgico, además de optimizar el planteamiento de osteotomías y del movimiento de fragmentos óseos.

Saler et al (38) en 1998 afirmaron que los modelos obtenidos por estereolitografía sirven para la simulación de osteotomías, medición de estructuras, entrenamiento de técnicas de resección y una completa planificación de diversos tipos de cirugías de la región buco maxilofacial.

Según Salles et al (38) en el 2002 los modelos confeccionados permiten la percepción táctil de la anatomía de la región y patología en estudio, lo cual permite la simulación y planificación quirúrgica.

En cirugía maxilofacial, Mazzonetto et al (38) en el 2002, determinaron que la obtención de biomodelos permite un diagnóstico más preciso y una planificación quirúrgica mejor, en cirugías reconstructivas, cirugías ortognáticas, cirugías del ATM, en el tratamiento de las lesiones de naturaleza traumática y distracciones osteogénicas.

Cunningham et al (38) en el 2005 obtuvieron éxito en la utilización de los biomodelos en la planificación de cirugías de reconstrucción mandibular y en la definición de las dimensiones injerto óseas en pacientes que fueron sometidos a resección de tumores en la región.

En el 2007, Toro et al (38) realizaron un estudio en relación a la disminución de tiempo preoperatorio en donde se encontraron una disminución de 1 a 1.5 horas al momento de utilizar modelos realizados.

Un número de estudios crecientes ha revelado que la planificación 3D de la cirugía ortognática supera la planificación convencional, frente a muchos parámetros como la corrección de la desviación de la línea media, asimetría de la rama mandibular, inclinación del plano oclusal y posición de la barbilla, así como términos de rentabilidad y resultados informados por el paciente 38.

Zinser (33) realizó un estudio en donde comparaba el tiempo operatorio usando entre el método tradicional y el uso de impresión 3D , para la confección de férulas, en los resultados se vieron que en el método tradicional se usó 4.3 horas, mientras que usando la férulas CAD/CAM se aumentó en 20 min el tiempo de la cirugía, debido a la preparación que requiere del campo quirúrgico.

4.2.8 Planificación Virtual

La utilidad de la planificación tridimensional (3D) ha sido ampliamente comprobada, ya que aporta grandes ventajas con respecto a los métodos tradicionales de planificación de los casos de cirugía ortognática, siendo el origen de uno de los grandes cambios que representa la evolución en el campo de cirugía maxilofacial. La planeación 3D permite previsualizar con un control preciso los movimientos del maxilar y la mandíbula sin pasar por alto la posición condilar.

No existe un estudio que asegure un protocolo ideal de cirugía virtual. Cuando se realizan cambios de protocolo se requiere amplias investigaciones que comprueben la eficacia de la utilización de nuevas herramientas , lo que implica invertir tiempo y dinero en innovación, factores que se justifiquen ampliamente integrando sistemas de planificación clásica dentro de la cirugía ortognática.

Los avances en las imágenes han permitido mejorar el diagnóstico y la planificación del tratamiento, debido a que permite una mejor visualización de los cambios preoperatoria, transoperatoria y postoperatoria. La planificación quirúrgica virtual para la cirugía ortognática ha demostrado que tiene una precisión de 1mm y posee ahorro de tiempo con relación a la fabricación y planeación del modelo tradicional, tiempo operatorio, precisión de las osteotomías, y fijación; fabricación de guías de corte personalizadas y placas de fijación, como modelos estereolitográficas que se imprimen para la flexión previa de las placas de fijación. Dichas herramientas permiten una mayor precisión en la reproducción de osteotomías y posicionamiento virtual.

En una revisión de literatura realizada recientemente por Stokbro et al (19), se reportaron solamente siete ensayos clínicos donde se validan protocolos virtuales para la planificación de cirugías ortognáticas. En dichos estudios los autores cuantifican la precisión de los protocolos, con la posición planificada y el resultado final. Si bien es cierto aún no existen estudios que establezcan métodos rigurosos para exponer la precisión y exactitud de dichos sistemas. La mayoría de estos estudios establecieron 2 mm como criterio del éxito para la precisión del resultado de una tasa cercana al 100% y no más de 1 mm de error en los tres sentidos del espacio.

En una serie de 10 pacientes, Mazzoni et al (21) midieron sus resultados de la planificación quirúrgica virtual e impresión tridimensional de guías de corte personalizadas y placas de fijación de titanio, en donde evaluaron virtualmente la posición maxilar y la relación real con la posición luego de la cirugía, encontrando precisión con una tasa de error de unos 2 mm respecto a la superposición.

En general la planeación virtual para la cirugía ortognática se basa en:

1. Tomografía computarizada para la planeación quirúrgica: consta de dos fases, en la primera se realiza la simulación del corte y avance del maxilar y/o mandíbula y en la segunda se simula el avance en tejidos blandos.
2. Planificación quirúrgica virtual: una vez se escanean los modelos se procede a la transparencia de dicho maxilar para poder visualizar los órganos y nervios.
3. Diseño y confección de plantillas de corte para maxilar o mandíbula, se logran mediante un modelo de STL y se verifica su adaptación.
4. Utilización del diseño asistido por computadora (CAD) para la confección virtual de placas personalizadas que muevan los maxilares a la nueva posición, prescindiendo de las guías oclusales intermedias.
5. Manufactura de placas personalizadas en titanio, las cuales llevan las iniciales del paciente, así como las letras "I" y "D" para la identificación del lado a colocar, confeccionada para un sistema de osteosíntesis 24.

4.2.10 Férulas Quirúrgicas

En la cirugía ortognática existen diferentes alternativas de trabajo, van desde los modelos montados en articulador con líneas de referencia, la palatina de Erikson, o herramientas que simplifican la tarea o minimizan el error. Una de las maniobras más difíciles es la de reposicionar los modelos de las arcadas dentarias en el articulador, consiguiendo una correcta oclusión 2 41.

A partir de la planificación bidimensional (2D) de una problemática tridimensional (3D), se construye una guía de trabajo, como es el splint. Una vez simulado la

cirugía, las guías quirúrgicas que fueron diseñadas son impresas, con el fin de llevar a cabo la ejecución de lo planificado virtualmente 49. La cirugía guiada no es necesaria para casos donde se tiene referencia anatómica clara o un gran volumen óseo, en cambio cuando se tiene crestas alveolares residuales atróficas, falta de referencia anatómica. La cirugía guiada ayuda a realizar el tratamiento sin levantar ningún colgajo. Esto puede obtener una mejor aceptación de parte del paciente, mejora la irrigación del hueso periimplantarios ya que no se produce ningún tipo de desprendimiento del periostio . De igual forma produce una serie de inconvenientes, como un costo mayor para el paciente, puede producir error a la hora de adquirir una imagen tomográfica, proporcionar mayor dosis de radiación al paciente 41.

En el quirófano se toman puntos de referencia para cuantificar los movimientos del eje vertical: agujero infraorbitario, cantos internos de ambos párpados, cúspides de piezas dentales, brackets; mientras que los ejes transversales y anteroposterior se dan en base a la férula quirúrgica 2.

Existen varios sistemas alternativos para la realización de la transferencia intraoperatoria del plan quirúrgico virtual. Dichos protocolos se realizan para posicionar el maxilar superior o facilitar la relación céntrica condilar, se puede clasificar en dos grupos: el primer grupo constituido por el reposicionamiento exclusivo usando diferentes férulas aplicadas en distintos tiempos o asistidos por navegación para poder posicionar el fragmento maxilar y posteriormente la osteosíntesis con miniplacas convencionales; y el segundo grupo constituido por los reposicionamientos y osteosíntesis simultánea mediante el uso de miniplacas de titanio personalizadas con la ayuda de guías de brocado/osteotomía o sistema de navegación.

Zinser et al y Lin et al (42), comparan distintos protocolos basados en el uso de guías esqueleto-soportadas CAD/CAM y un sistema de posicionamiento por radionavegación. De igual forma Polley y Figueroa introducen guías hueso-soportadas con apoyo oclusal.

El segundo grupo está compuesto de estudios que incluyen el sistema personalizado de osteosíntesis CAD-CAM. Pueden clasificarse en 2 subgrupos según el proceso de fabricación de las miniplacas: mediante sinterizado o mecanizado a partir de bloques de titanio. Philippe presentó un diseño de una sola pieza tanto de la placa como de la guía, con un proceso de fabricación por sinterizado selectivo láser de polvo de titanio, obtuvo una precisión media a nivel del maxilar superior (3 casos) del 78% más o menos 1 mm. Mazzone et al (42), por otro lado, presenta una estructura más rígida obligando a un diseño de 2 piezas independientes, fabricadas por fusión directa láser de polvo de titanio aleación Ti6Al4V, obtuvo una precisión del 100% más o menos 2 mm en 7/10 casos presentados.

Se probaron diferentes tipos de prototipos de guías de hueso-soportadas y guías dento-hueso-soportadas, aplicados en aquellos casos de grandes avances maxilomandibulares, los resultados obtenidos sobre la precisión presentaron una correlación, en los casos de gran avance de mayor o igual a 10 mm, la desviación estándar fue de 1,33 mm (66% más o menos 1 mm) a nivel del maxilar superior y de 0.67 mm (73% más o menos 1 mm) a nivel mandibular.

Es importante tener en cuenta que, en condiciones ideales, los sistemas personalizados de osteosíntesis no se deberían limitar solamente al diseño formal de una estructura adaptada a la superficie ósea del paciente. Un sistema

personalizado de osteosíntesis debería también aportar, en su conjunto, unas propiedades biomecánicas adaptadas a las propias necesidades del hueso receptor. Ante esta disyuntiva, es posible que los sistemas avanzados de fabricación por sinterizado, que permiten fabricar con diferentes materiales y con una arquitectura controlada, puedan ser ventajosos sobre los sistemas de fabricación por mecanizado.

Ante un caso de cirugía ortognática, la miniplaca debería presentar una rigidez/resistencia mecánica superior a la del hueso, y al mismo tiempo favorecer la osteogénesis y la osteointegración para reducir los fenómenos de intolerancia y mejorar la estabilidad a largo plazo. Sabemos que un implante demasiado rígido puede producir un estrés local secundario, que contribuya a medio-largo plazo a una osteopenia, al contrarrestarse los estímulos necesarios para un correcto remodelado óseo 43.

Toda la confección de la férula CAD/CAM, se basa en la planificación 3D, mientras que la fabricación de férulas quirúrgicas convencionales es a base de modelos montados en articuladores convencionales. En ambos métodos se utilizan férulas quirúrgicas, pero el proceso de confección de cada método es diferentes, mientras en la convencional se usan estudios de modelos, modelos montados en articulador semiajustable, radiografías convencionales, fotografía digital, en cambio en el otro método se obtiene en base a la tomografías e imágenes 3D. De esta forma se produce menor error en el proceso de fabricación de férulas CAD/CAM, obteniendo férulas a partir de programas computarizados y robotizados, obteniendo con esta la precisión en dicha confección.

Por lo tanto, se pueden suponer una serie de características sobre la tecnología CAD/CAM lo que ayuda a aportar mayor precisión de las férulas quirúrgicas:

1. Las Férulas Quirúrgicas creadas a partir de la tecnología CAD/CAM son resultado de un estudio 3D de las diferentes estructuras anatómicas que posee el paciente. Cuando se realiza un estudio 2D, se pierde bastante información por alteraciones o superposición en las porciones. Mientras que en el estudio 3D, se dispone de una visión mejorada de las estructuras anatómicas craneofaciales. Al tener mayor claridad con las imágenes 3D, se deduce que tendrá mayor precisión en la posición de la simulación de las estructuras osteotomizar 50.
2. Las Férulas Quirúrgicas confeccionadas a partir de la tecnología CAD/CAM son realizadas a partir de una computadora y un brazo robot. Se dice que como dicho robot fabrica la férula, el proceso de fabricación se torna más preciso a diferencia de la convencional.
3. No se necesita el uso de articulador semiajustable, ni modelos para confeccionar las férulas quirúrgicas. Se ahorra material, espacio y sobre todo tiempo.

Centenero (29) estudió la similitud entre ambas técnicas de confección de férulas. Se demostró que en el 93,75% de los casos existió una diferencia menor a 1 mm entre ambas técnicas. Obteniendo como resultado un grado de similitud alto. Por otro lado, se obtuvo un caso en donde se mostró bajo grado de concordancia entre ambas férulas con una diferencia mayor a 1 mm, el paciente de este caso presentaba edentulismo parcial inferior, en sectores posteriores del tercer y cuarto cuadrante.

Existen tres métodos para la confección de férulas quirúrgicas en cirugía ortognática:

- Método convencional. Toma y montaje de modelos en articulador semiajustable
- Modelos estereolitográficas
- Método CAD/CAM

Por lo que se deduce que existe una evolución frente a la confección de Férulas Quirúrgicas, donde la manufactura del hombre se ve sustituida por la mano robot e informática. En base a la confección da ventajas como un aumento de detalles anatómicos que son difícil de ver en el método convencional, permite el análisis de los puntos de contacto entre la arcada superior e inferior, calculando el grado de interferencia para poder arreglarlo. También aporta la posibilidad de trabajar en cualquier sitio ya que solo se necesita el ordenador para realizar el plan de tratamiento.

5. ASPECTOS METODOLÓGICOS

METODOLOGÍA PARA LA RECOLECCIÓN DE BIBLIOGRAFÍAS

Este trabajo tipo de revisión de literatura pretende hacer un recorrido por algunos aspectos básicos de la planificación 3D y tecnología CAD/CAM aplicada a la cirugía ortognática.

Para su elaboración, se partió de los conceptos presentados en la Planificación 3D y tecnología CAD/CAM aplicada a la cirugía ortognática. Confección de férulas quirúrgicas y predicción de resultados postoperatorios.

Posteriormente, se hizo una búsqueda de literatura científica usando los términos (cirugía ortognática, tecnología CAD/CAM) en las bases de datos PubMed, Google Scholar, EBSCO, Scielo y Elsevier, sin usar restricción de idioma o fecha de publicación.

Los artículos revisados se seleccionaron de acuerdo con la pertinencia para la explicación de la Planificación 3D y tecnología CAD/CAM aplicada en la cirugía ortognática o los que estuvieran relacionados con el tema.

FUENTES Y TÉCNICAS

FUENTES PRIMARIAS

- Textos y revistas de alto factor de impacto de menos de 5 años .

FUENTES SECUNDARIAS

- Documentos, prensas, otros artículos y libros.

6. DISCUSIÓN

La cirugía ortognática (OGS) se utiliza para la corrección de deformidades en el maxilar o la mandíbula por maloclusiones dentales, enfermedades, lesiones y defectos, así como la mejora de la apariencia facial, el éxito depende de una buena técnica y precisión del plan de tratamiento 19,43. En los últimos años ha tenido un gran avance respecto a la planificación y obtención de mejores resultados predecibles mediante los sistemas de planificación virtual 3D y la Tecnología CAD/CAM.

En la literatura, se encuentran fuertes indicios de que la planificación 3D es mucho más precisa que la planificación tradicional. Por otro lado el Diseño Asistido por Computadora (CAD)/ Software de Fabricación Asistida por Computadora (CAM) cada vez han sido más usadas para las reconstrucciones craneomaxilofaciales complejas, obteniendo mayor precisión , menor tiempo en sala de operaciones, y por último mayor satisfacción para el paciente 28. Los márgenes de error son superados con esta herramienta en la mayoría de las limitaciones.

Según Stokbro et al (19) , no existe estudios que establezcan la precisión y exactitud de dichos sistemas, coincidiendo con Bouchard y Landry (47) sobre el rango de precisión de 2mm como criterio de precisión en el margen de error aceptable, al igual que Cheng Ting et al (47) quienes no encontraron resultados significativos. De igual forma García Abuter et al (10) compararon el margen de error obteniendo en tejido duro menos de 2 mm y en tejido blando menos de 2,67 mm. Sánchez y González (43) hablaban de que en términos de precisión el posicionamiento maxilar no supera un margen de error de unos 0,4 mm en los tres planos de espacio.

Pulido et al (44) brindó una diferencia media en el sentido horizontal de 1.8 a 2.0 mm similar a los resultados obtenidos a los estudios anteriores. Schneider et al (50) comparó los resultados de la planificación virtual y convencional obteniendo como resultados más precisión y mejores resultados clínicos en la cirugía virtual, al igual que mayor precisión en la confección de las férulas virtuales sin ningún tipo de modificación. De igual forma sugiere que los errores se transmiten en la transferencia de pasos para la obtención de las férulas finales, al igual que una reducción de tiempo significativo de intervención. A diferencia de Zizelman et al (42) quienes midieron los errores técnicos y desviación de planos de referencia, donde no existen resultados significativos al determinar los errores inherentes de transferencia, en cambio si resultaron errores significativos en la determinación de posición del plano anatómico y de referencia.

Resultados no similares han sido descritos por Gateno et al (51) comparando la inclinación del plano oclusal obteniendo un grado mayor de inclinación a la existente, a diferencia de la técnica de Erickson que obtuvo inclinaciones más pronunciadas. De Riu et al (19), encontraron diferencias significativas en la altura facial anterior. A diferencia de Baan et al (46) quienes identificaron los desplazamientos esqueléticos en datos CBCT, obteniendo variaciones bajas de 0.25 mm y ICC altos mayores de 0.97 mm.

Cheng Ting et al (47) compararon la relación oclusal entre un modelo convencional y uno virtual, en donde el resultado de margen de error promedio fue 0,45 mm entre los dos métodos. Mientras que Najmi (47) demostró que la diferencia media entre convencional y virtual fue de 0.6 a 8 mm. A diferencia de Hernández y Martínez (48) quienes informaron una alta precisión entre la posición virtual intermaxilar con una

variación posicional dentro de un rango de 1,5 mm. Resultados similares han sido descritos por Silva Dantas et al (49) estudiaron la reproducibilidad y precisión de las mediciones entre los modelos digitales a partir de escáneres de modelos de yeso a través de CBCT y escáneres 3D obteniendo una correlación de coeficiente. De igual forma relacionaron el estudio de De Waard et al (49) quienes obtuvieron resultados diferentes en base a las de CBCT con una baja confiabilidad, concordando con Quimby et al (49) quienes obtuvieron diferencia media entre 0.04 y 0.62 entre ambas técnicas.

Zang (33) comparó cirugías preoperatorias planificadas con CBCT con el resultado postoperatorio, encontrando diferencia de línea media general de 0,81 mm y una diferencia angular de 0,96 grados. Mientras un análisis retrospectivo realizado por Eggers et al en base a los resultados con CBCT en comparación a los de imagen de CT obteniendo equivalencia estadística entre las dos modalidades de imagen.

Cheng-Ting et al (48) encontraron que los Taiwanesees tienen valores lineales y angulares en los huesos más grandes que las mujeres, sin diferencias en las relaciones esqueléticas Cheng sagitales y del ángulo de convexidad facial.

Joan Brunso et al (19) analizaron diferentes prototipos de guías hueso-soportadas y guías dento-hueso-soportadas obteniendo una correlación con la magnitud de avance de mayor o igual a 10 mm, con desviaciones estándar de 1,33 m (66%) a nivel del maxilar y 0.67 (73%) a nivel mandibular.

Al igual que Centenero (29) quien realizó un estudio entre la similitud entre ambas técnicas de confección de férulas, obteniendo una diferencia menor a 1 mm 32. Diferenciándose de Philippe (21) quien obtuvo una precisión a nivel maxilar de 1 mm

(78%) 47, mientras que Mazzoni (42) obtuvo una precisión con una tasa de error de 2 mm (100%) de los casos respecto a la superposición.

7. CONCLUSIÓN

- La planificación 3D y tecnología CAD/CAM se encuentran indicadas para las correcciones de deformidades dentofaciales, problemas funcionales, para mejorar la estética y la estabilidad de las posiciones finales de los maxilares y la dentición. Entre sus limitaciones se encuentra la interferencia generada por la aparatología ortodóncica en las tomografías, cuando se realizan cambios en el protocolo de la cirugía virtual se necesita invertir mucho tiempo y dinero, mayor costo, escaneo de un paciente a la vez y se necesita por lo menos una persona especializada con el programa y el equipo.
- En la Planificación Convencional se realizan registros completos como son modelos precisos, registros de relación centrada, montaje de arco facial, transferencia al articulador semiajustable, radiografías cefalométricas y fotografías intraorales. Por otro lado la Planificación 3D a partir de imágenes digitales se obtienen simulaciones quirúrgicas, reduce errores, producción de férulas oclusales osteotomías guiadas, guías de posicionamiento, placas de fijación; con la finalidad de disminuir rango de errores, riesgos y logrando mejores resultados.
- La fiabilidad de la predicción respecto a los resultados postoperatorios es muy precisa en la mayoría de las mediciones realizadas en los diferentes artículos sobre el tejido duro/blando, pero por otro lado el margen de error que pueden obtener algunas de estos resultados se ve relacionada con problemas sistemáticos en los programas

informáticos y de igual forma en el procesado de las imágenes tomográficas y las imágenes 3D.

- Las Férulas Quirúrgicas confeccionadas a partir de CAD/CAM son posible obtenerlas de forma precisa, trasladadas posteriormente al área quirúrgica y en donde se obtiene la misma precisión de la férula en la cavidad oral.

8. RECOMENDACIONES

- Comparar el resultado postoperatorio y preoperatorio de las diferentes marcas comerciales.
- Verificación del margen de error entre el resultado final y el previsto.
- Verificar la calidad y precisión del fresado en las férulas quirúrgicas.

9. PROSPECTIVA

Dentro de los temas que pueden ser estudiados más adelante a partir de esta investigación se encuentran:

- Evolución de las limitantes de los programas para la planificación virtual.
- Medición del margen de error entre los resultados preoperatorios y postoperatorios.
- Comparación de los diferentes programas tecnológicos frente a las cirugías ortognáticas.
- Complicaciones presentes en la cirugía ortognática por este medio.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hsu PJ, Denadai R, Pai BC, Lin HH, Lo LJ. Outcome of facial contour asymmetry after conventional two-dimensional versus computer-assisted three-dimensional planning in cleft orthognathic surgery. Scientific reports [Internet]. 2020 [citado 15 may 2020]. Disponible en:

<https://www.nature.com/articles/s41598-020-58682-4.pdf>

2. Morales-Trejo B. Complicaciones en cirugía ortognática. Conceptos actuales y revisión de la literatura. Rev ADM [Internet]. 2015 [citado 15 may 2020]; 72(5): 230-235. Disponible en:

file:///C:/Users/lvette/Desktop/CAMILA/1-s2.0-S231941701930530X-main.pdf

3. Razaee F, Masalehi H, Golshah A, Moslem-Imani M. Oral health related quality of life of patients with class III skeletal malocclusion before and after orthognathic surgery. BMC Oral Health [Internet]. 2019 [citado 15 may 2020]; 19 (289):1-6. Disponible en:

file:///C:/Users/lvette/Desktop/CAMILA/ContentServer%20(4).pdf

4. Elnagar MH, Aronovich S, Kusnoto B. Digital Workflow for Combined Orthodontics and Orthognathic Surgery. Oral Maxillofacial Surg Clin N Am [Internet]. 2020 [citado 15 may 2020].; 32: 1-14. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/sdfe/pdf/download/eid/1-s2.0-S1042369919300688/first-page-pdf>

5. Rupperti S, Winterhalder P, Rudzki I, Mast G, Holberg C. Changes in the facial soft-tissue profile after mandibular orthognathic surgery. Clinical Oral Investigations [Internet]. 2019 [citado 15 may 2020]; 23:1771-1776. Disponible en:

file:///C:/Users/lvette/Desktop/CAMILA/ContentServer%20(7).pdf

6. Suh HY, Lee HJ, Lee YS, Eo SH, Donatelli RE, Lee SJ. Predicting soft tissue changes after orthognathic surgery: The sparse partial least squares method. *Angle Orthodontist* [Internet]. 2019 [citado 15 may 2020]; 6: 910-016. Disponible en:

file:///C:/Users/lvette/Desktop/CAMILA/ContentServer%20(5).pdf

7. Lin HH, Lonic D, Lo LJ. 3D printing in orthognathic surgery - A literature review. *Journal of the Formosan Medical Association* [Internet]. 2018 [citado 15 may 2020]; 117 (7): 547-558. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929664617304138>

8. Saarusree E, Ramesh A. A mini review on the role of orthognathic surgery in orthodontics. *Drug Invention Today* [Internet]. 2019 [citado 15 may 2020]; 11:160-162. disponible en:

file:///C:/Users/lvette/Desktop/CAMILA/ContentServer%20(9).pdf

9. Naini FB, Gill DS. Challenges and opportunities facing contemporary orthognathic surgery. *Journal of Orthodontics* [Internet]. 2019 [citado 15 may 2020]; 46 (SI):71-76. Disponible en:

file:///C:/Users/lvette/Desktop/CAMILA/ContentServer%20(6).pdf

10. Garcia-Abuter B, Noguera-Pantoja A, Fuhrer-Valdivia A, Sole-Ventura P, Ziyad S. 3-H on 3-D: Envisaging Beyond the Current Hype, the Hope and Hurdles of Three-Dimensional “Virtual Planning” in Orthognathic Surgery. *Int. J. Morphol.* [Internet]. 2018 [citado 15 may 2020]; 36 (1): 14-21. Disponible en:

file:///C:/Users/lvette/Desktop/CAMILA/ContentServer.pdf

11. Preet-Singh D, Arora S. *Diagnosis and Treatment Planning in Orthognathic Surgery*. New York: Nova Biomédica; 2016.[2016; citado 15 may 2020]. Disponible en:

<http://ezproxy.unibe.edu.do:2078/eds/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzEzNjczNjVfX0FO0?sid=a9a8fd7c-98d1-4287-aa57-a3b2235ae84a@sdv-sessmgr01&vid=1&format=EB&rid=1>

12. Baranto H, Weiner CK, Burt IA, Rosen A. Satisfactory outcomes after orthognathic surgery with surgically assisted rapid maxillary expansion using a hybrid device. Journal of Oral Science [Internet]. 2020 [citado 15 may 2020]; 62(2): 107-111. Disponible en:

file:///C:/Users/lvette/Desktop/CAMILA/ContentServer%20(3).pdf

13. Hernandez-Tonin R, Iwaki-Filho L, Lury-Yamashita A, Da Silva-Ferraz FW, Souza-Tolentino E et al. Accuracy of 3D virtual surgical planning for maxillary positioning and orientation in orthognathic surgery. Orthodontics & Craniofacial Research [Internet]. 2020 [citado 15 may 2020]; 23 (2). Disponible en:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ocr.12363>

14. Soon-Choi D, Garagiola U, Gon-Kim S. Current status of the surgery-first approach (part 1); Concepts and orthodontic protocols. Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery [Internet]. 2019 [citado 15 may 2020]; 41(10) :1-8. Disponible en:

file:///C:/Users/lvette/Desktop/CAMILA/ContentServer%20(1).pdf

15. Hoo-Park J, Bin-LeeY, Yoon-Kim S, Jun-Kim H, Soo-Jung Y, Dong-Jung H. Accuracy of Modified CAD/CAM Generated Wafer for Orthognathic Surgery. PLoS ONE [Internet]. 2019 [citado 15 may 2020]; 14(5): 1-8. Disponible en:

file:///C:/Users/lvette/Desktop/CAMILA/ContentServer%20(8).pdf

16. Arellano E. Cirugía Ortognática.Revisión de literatura. 2017 [citado 12 feb 2020]. Disponible en:

<https://es.slideshare.net/ERICKARELLANO13/ciruga-ortognatica-revision-bibli>

[ografica](#)

17. Ellis E. Bimaxillary Surgery Using an Intermediate Splint to Position the Maxilla. J Oral Maxillofac Surg [internet]. 1999 [citado 13 Feb 2020]; 57: 53-56. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/sdfe/pdf/download/eid/1-s2.0-S027823919990633X/first-page-pdf>

18. Bell B. A History of Orthognathic Surgery in North America. J Oral Maxillofac Surg [Internet]. 2018 [citado 01 jul 2020]; 76 : 2466-2481. Disponible en:

<file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/CAMBIOS/A%20History%20of%20Orthognathic%20Surgery%20in%20North%20America.pdf>

19. Brunso J, Prol C, Franco M, de Carlos F, Martín JC, Santamaría JA. Guías y miniplacas personalizadas: un protocolo guiado para cirugía ortognática. REV ESP CIR ORAL MAXILOFAC [internet]. 2017 [citado 13 Feb 2020]; 39 (1) : 7-14. Disponible en:

<file:///C:/Users/Vaio/Desktop/TESIS/ARTICULOS/Gu%C3%ADas%20y%20mini%20placas%20personalizadas%20un%20protocolo%20guiado%20para%20ciru%20g%C3%ADa%20ortogn%C3%A1.pdf>

20. Olivieri P, Uribe FA, Quereshy FA. Aesthetic Facial Surgery and Orthodontics. Oral Maxillofacial Surg Clin N Am [Internet]. 2020 [citado 01 jul 2020]; 32 : 153-165. Disponible en:

<file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/CAMBIOS/Aesth%20Facial%20Surgery.pdf>

21. Naran S, Steinbacher D, Taylor JA. Current Concepts in Orthognathic Surgery. Plastic and Reconstructive Surgery [Internet]. 2018 [citado 01 jul 2020] ; 925e - 936e. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/CAMBIOS/Concepts%20in%20Orthognathic%20Surgery.pdf

22. Fernández-Sanroman J, Muñiz-Somoza S. Complicaciones perioperatorias y postquirúrgicas tempranas en cirugía ortognática. REV ESP CIR ORAL MAXILOFAC [Internet]. 2019 [citado 01 jul 2020] ; 41 (1) : 3-7. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/CAMBIOS/Complicaciones%20perioperatorias%20y%20postqx%20tempranas%20en%20cx.pdf

23. Gomez-Botero et al. Ortodoncia vs Cirugía Ortognática para la Corrección de Maloclusión Clase II. [citado 02 jul 2020]; 1-10. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/CAMBIOS/Ortodoncia_Cirurgia_OrtognAtica.pdf

24. Gómez, ME. Histología y Embriología bucodental. [internet]. 2nda edición. Editorial médica panamericana; [citado 25 Feb 2020]. Disponible en:

file:///C:/Users/Vaio/Desktop/UNIBE/6TO%20SEMESTER/HISTOLOGIA%20Y%20EMBRIOLOGIA/Histologia%20y%20Embriologia%20Bucodental%20(Gomez%20de%20Ferraris).pdf

25. Trigo S, Mercado S, Vega A, Mercado J, Mamani L. Patrón facial y espacios primates. Rev. Evid. Odontol. Clinic. [internet]. 2017 [citado 25 Feb 2020] ; 3(2) : 65-72- Disponible en:

file:///C:/Users/Vaio/Desktop/TESIS/ARTICULOS/Patron%20facial%20y%20espacios%20primates.pdf

26. Osorno-Escareño et al. Biotipo facial y su relación con la máxima fuerza de mordida. Oral [Internet]. 2019 [citado 02 jul 2020]; 20 (64): 1758-1761. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/CAMBIOS/Biotipo%20facial%20y%20su%20relaci%C3%B3n%20con%20la%20m%C3%A1xima%20fuerza%20de%20mordida.pdf

27. Inda-Velazquez KL, Gutierrez-Rojo JF, Guitierrez-Villaseñor J. Relacion del biotipo determinado con el VERT y el patrón de crecimiento facial. Oral [Internet]. 2019 [citado 01 jul 2020]; 20(64) : 1762-1765. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/CAMBIOS/Relaci%C3%B3n%20del%20biotipo%20facial%20determinado.pdf

28. Jaisinghani S, Adams N, Mann J, Poley J, Giroto J. Virtual Surgical Planning in Orthognathic Surgery. [Internet]- 2017 [citado 12 jun 2020];. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/Downloads/eplasty17ic01.pdf

29. Centenero S. Planificación 3d y tecnología CAD/CAM aplicada a la cirugía ortognática. Confección de férulas quirúrgicas y predicción de resultados postoperatorios. UIC [Internet]. 2010 [citado 13 jun 2020]. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/Downloads/Tesi_Samir_Aboul-Hosn_Centenero.pdf

30. Mischkowski R, inserM, Kubler A, Krug B, Seifert U, Zoller J. Application of an augmented reality tool for maxillary positioning in orthognathic surgery- A feasibility study. Journal of cranio-maxillofacial surgery [Internet]. 2006 [citado 14 jun 2020]; 34: 478-483. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/mischkowski2006.pdf

31. Olate S, Sigua E, Asprino L, de Moraes M. Complications in Orthognathic Surgery. The Journal of Craniofacial Surgery [Internet]. 2017 [citado 02 jul 2020]; 00 (00) : 1-4. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/CAMBIOS/Complications%20in%20Orthognathic%20Surgery.pdf

32. Mendoza E et al. Tomografía computarizada: proceso de adquisición, tecnología y estado actual. Tecnura [Internet]. 2016 [citado 30 jun 2020]; 20(47), 119-135. Disponible en:

<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/10088>

33. Weiss R, Read-Fuller A. Cone Beam Computed Tomography in Oral and Maxillofacial Surgery: An Evidence-Based Review. Dent. J. [Internet]. 2019 [citado 30 jun 2020]; 7 (52) : 1-23. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/CAMBIOS/Cone%20Beam%20Computed%20Tomography%20in%20Oral%20and.pdf

34. Nasseh I, Al.Rawi W. Cone Beam Computed Tomography. Dent Clin N Am [Internet]. 2018 [citado 30 jun 2020]; 62 : 361-391. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/CAMBIOS/Cone%20Beam%20Computed.pdf

35. Rivera C, Aguirre E, Medrano J, Rojas P. Tecnología CAD/CAM en la consulta dental. Dom, Cien. [internet]. 2017 [citado 1 mar 2020]; 3(2) : 799-221. Disponible en:

file:///C:/Users/Vaio/Downloads/Dialnet-TecnologiaCADCAMEnLaConsultaDental-6326784.pdf

36. Maxilodexeus.com. Barcelona: Arca; 2016 [citado 1 mar 2020]. Disponible en:

<https://maxilodexeus.com/planificacion-virtual-cirugia-ortognatica/>

37. Leiva N, Carranza F, Sal I. Estereolitografía en Odontología: Revisión bibliográfica. Odontol. Sanmarquina [internet]. 2017 [citado 24 mar 2020]; 20(1) : 27-30. Disponible en:

file:///C:/Users/Vaio/Downloads/Estereolitografia_en_Odontologia_Revision_bibliogr.pdf

38. Hing- Ho C, Denadai R, Chih-Lai H, Jou-Lo L, Hsia-Lin H. Computer-aided planning in orthognathic surgery: A comparative study with the establishment of burstone analysis-derived 3D norms. J.Clin. Med. [Internet]. 2019 [citado 12 jun 2020]; 8 :1-18. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/Downloads/jcm-08-02106.pdf

39. De Riu G, Viridis P, Meloni S, Lumbau A, Vaira L. Accuracy of computer-assisted orthognathic surgery. Journal of cranio-maxillofacial surgery [Internet]. 2017 [citado 12 jun 2020]. 1-7. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/Downloads/1-s2.0-S101051821730416X-main.pdf

40. Picco M, Sánchez A. Planeación virtual para cirugía ortognática en una paciente con deformidad dentofacial clase III, guiada mediante plantillas de corte para maxilar, placas personalizadas de avance y eliminación de guías quirúrgicas oclusales. AMCBM [internet]. 2018 [citado 24 mar 2020]; 14(1) : 49-56. Disponible en:

<https://www.medigraphic.com/pdfs/cirugiabucal/cb-2018/cb181i.pdf>

41. Martinez J. Validación de la precisión de las férulas quirúrgicas en función del tipo de férula de la altura de los cilindros, de la manipulación quirúrgica y el tipo de hueso. Univ Salamanca [Internet]. 2017 [citado 13 jun 2020]. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/Downloads/DC_DelgadoMartinezJ_Ferulas.pdf

42. Zizelmann C, Hammer B, Gellrich N, Polly R, Rana M, Buchet P- An evaluation of Face-Bow Transfer for the planning of orthognathic surgery. J Oral Maxillofac Surg [Internet]. 2012 [citado 13 jun 2020]: 1944-1950. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/zizelmann2012.pdf

43. Espinosa-Sanchez S, González-Opazo C. Planificación virtual en cirugía ortognática: Secuencia de trabajo. Rev. Esp Ortod. [Internet]. 2017 [citado 12 jun 2020]; 47: 14-23. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/Planificacion%20virtual%20de%20la%20cirugia%20ortognatica.pdf

44. Bouchard C, Landry PE. Precisión of maxillary repositioning during orthognathic surgery: A prospective study. Int. J. Oral Maxillofac. Surg. [Internet]. 2013 [citado 13 jun 2020]; 42: 592-596. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/bouchard2013.pdf

45. Gateno J, Forrest K, Camp B. A comparative of 3 methods of Face-Bow transfer recording: Implication for orthognathic surgery. J Oral Maxillofac Surg [Internet]. 2001 [citado 13 jun 2020]; 59: 635-640

file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/gateno2001.pdf

46. Baan F, Liebrechts J, Xi T, Schreurs R, Koning M, Berge S, Maal T. A new 3D tool for assessing the accuracy of bimaxillary surgery: the orthognathicanalyser. PLoS One [Internet]. 2016 [citado 12 jun 2020]; 11 (2). Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4762705/>

47. Ho CT, Denadai R, Lai HC, Lo LJ, Lin HH. Computer-Aided Planning in Orthognathic Surgery: A comparative Study With the Establishment of Burstone Analysis-Delivered 3D Norms. J Clin Med. [Internet]. 2019 [citado 02 jul 2020]; 8(12).

Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6947285/>

48. Ho CT, Lin HH, Lo LJ. Intraoral Scanning and Setting Up the Digital Final Occlusion in Three-Dimensional Planning of Orthognathic Surgery: Its Comparison with the Dental Model Approach. Pediatric/Craniofacial [Intraoral]. 2018 [citado 02 jul 2020]; 143 (5) : 1027e-1036e. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/CAMBIOS/Intraoral%20Scanning%20and%20Setting%20Up%20the%20Digital.pdf

49. Da Silva-Dabtas LA, Yamashita AL, Sigua-Rodriguez EA, Chicarelli M, Vessoni-Iwaki LC, Iwaki-Filho L. Accuracy of Linear Measurements of Dental Models Scanned Through 3D Scanner and Cone-Beam Computed Tomography in Comparison with Plaster Models. Rev. CES Odont [Internet]. 2019 [citado 02 jul 2020]; 32 (2): 7-16. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/CHEQUEADOS/2.%20Accuracy%20of%20Linear%20Measurements%20of%20Dental%20Models%20Scanned%20Through%203D%20Scanner.pdf

50. Schneider D, Kammerer PW, Henning M, Schon G, E-Thiem DG, Bschorer R. Customized Virtual Surgical Planning in Bimaxillary Orthognathic Surgery: A prospective Randomized Trial. Clin Oral Invest [Internet]. 2018 [citado 02 jul 2020]; 1-7. Disponible en:

file:///C:/Users/acorc/OneDrive/Desktop/TESIS/ARTICULOS/CAMBIOS/Recent%20research%20on%20orthognathic%20surgery%20has%20evaluated%20virtual.pdf

11. ANEXOS

Santo Domingo, D. N.
Lunes 3 de febrero del 2020.

A: Dirección Escuela de Odontología
Universidad Iberoamericana.

Asunto: Solicitud aprobación de tema de Trabajo Final de Grado.

Estimados directores de la Escuela de Odontología UNIBE,

Cortésmente dirijo a ustedes con el propósito de someter para su aprobación, el tema de trabajo final de grado "Planificación 3D y tecnología CAD/CAM aplicada a la cirugía ortognática" escogido para obtener el título de doctor en odontología.

Este tema ha sido aprobado por el docente titular, Dra. Patricia Grau Grullón y el docente especializado, Dr. Silvano Guzmán.

El objetivo/ la motivación de este trabajo es dar a conocer mediante una revisión de la literatura los beneficios que se obtienen gracias a la planificación previa a la cirugía con ayuda de la impresión 3D y tecnología CAD/CAM, como la precisión en procedimientos realizados en tiempo mínimo y predicción de resultados postoperatorios.

La presente se envía para el conocimiento de lugar con fines de aprobación y asentamiento.

Atte:

Ara Corúno 17-0451
Nombre y matrícula del estudiante

Patricia Grau Grullón
Docente Titular

Silvano Guzmán
Docente Especializado

3/2/20
Firma y fecha de aprobación