

94



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

SUBSTRACCIÓN DE IMÁGENES DIGITALES
EN ODONTOLOGIA

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
CIRUJANO DENTISTA
P R E S E N T A

ARIT PAOLA FAJARDO SANDOVAL

DIRECTORA: MTRA. BEATRIZ C. ALDAPE BARRIOS
ASESOR: C.D REYMUNDO RUBIO MARTINEZ

Vo bo [Signature]

[Signature]



MÉXICO, D.F., JUNIO 2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Gracias "Dios" . . .

Por poder concluir esta meta y sentir
la experiencia de aprender de los demás.

A mi madre, tíos y hermanos
que junto a mi , les permites disfrutar
conmigo la alegría de vivir, triunfar
y de llorar.

Por haber encontrado durante el
desarrollo de este trabajo a gente,
sencilla , inteligente y talentosa
siempre dispuesta a compartir sus
conocimientos sin limitaciones.

Por los obstáculos encontrados y la
fuerza para vencerlos.

Pero sobre todo . . .

Por dejarme amar la vida,
conservar el buen humor,
vivir el aquí y el ahora y
desear ser exitosa.



INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES	4
• Método aplicado a la búsqueda densitometrica	16
• Alternativas para llevar una cuantificación de densidad ósea por medio de la absorsimetria	18
SUBSTRACCIÓN DE IMÁGENES RADIOGRÁFICAS APLICADA A:	
PERIODONCIA	23
ENDODONCIA	34
IMPLANTOLOGIA	40
OPERATORIA	51
DISCUSIÓN	55
CONCLUSIONES	57
GLOSARIO	58
REFERENCIAS	60



INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Radiografía de zona lumbar.....	5
Fig. 2 Reducción de artefactos de la radiografía anterior.....	6
Fig. 3 Aplicación de substracción de imagen.....	6
Fig. 4 Aplicación de diversas opciones en la substracción.....	7
Fig. 5 Usando un sistema de fluoroscopia convencional en la arteria femoral aplicando la técnica de la substracción.....	7
Fig. 6 Imagen no procesada.....	8
Fig. 7 Filtro de alisado.....	8
Fig. 8 Efecto nítido	8
Fig. 9 Detección de bordes	9
Fig. 10 Efecto sombras.....	9
Fig. 11 Atenuación de sombra.....	9
Fig. 12 Imagen invertida / contratase.....	9
Fig. 13 Contraste mejorado.....	9
Fig. 14 Contraste máximo.....	9
Fig. 15 Filtro medio.....	10
Fig. 16 Filtro débil medio.....	10
Fig. 17 Filtro fuerte medio.....	10
Fig. 18 Filtro débil Gaussiano.....	10
Fig. 19 Filtro fuerte Gaussiano.....	10
Fig. 20 Erosión.....	10
Fig. 21 Efecto de dilatación.....	11
Fig. 22 Densidad de área.....	11
Fig. 23 Radiografía sin el filtro de los rayos X.....	20
Fig. 24 Se procede a corregir la imagen con los sistemas de cómputo.....	20
Fig. 25 Se emplea la rejilla de aluminio para controlar	



el filtro de los rayos X incrementando la calidad de la imagen.....	20
Fig. 26 La imagen del lado izquierdo muestra los círculos no bien definidos ni delimitados se aplica el filtro y se aprecia con mayor nitidez el límite de los mismos.....	21
Fig. 27 se aplica sobre los pacientes obteniendo notables resultados en la imagen radiográfica.....	21
Fig. 28 Boca sana.....	23
Fig. 29 Periodontitis.....	24
Fig. 30 Encía sana.....	24
Fig. 31 Encía eritematosa.....	24
Fig. 32 Medidas realizadas por la sonda de profundidad de bolsa.....	25
Fig. 33 Radiografía en la que el hueso sujeta la totalidad de la raíz.....	26
Fig. 34 Radiografía de una periodontitis.....	26
Fig. 35 Se puede observar la estructura en diferentes ángulos por medio de Eikona 3D.....	34
Fig. 36 Mostrando el órgano dentario girado.....	35
Fig. 37 Empleo de la imágenes con color.....	35
Fig. 38 Se utiliza Eikona 3D mostrando la dimensión de la cámara y conductos pulpares.....	35
Fig. 39 Zona radiolúcida en el área de ápice, se presenta el tratamiento de conductos. Se aplica la substracción y se aprecia en color verde, los cambios en el hueso.....	39
Fig. 40 Imagen obtenida después de la colocación del tornillo, utilizando la técnica de la substracción digital.....	44
Fig. 41 Imagen obtenida por substracción a 2 meses del implante, se observa el aumento de la densidad y la remodelación de la cresta alveolar.....	45
Fig. 42 Se colocó una corona de metal-porcelana, sobre el tornillo.....	45
Fig. 43 Un ejemplo de la corrección las líneas amarillas y rojas, representa la zona principal, las sumas acumulativas	



de estas líneas, se calculan con la línea azul.....	45
Fig. 44 Indica un aumento en la densidad alrededor del tornillo dentro de la región de interés	46
Fig. 45 Se coloca un tornillo después de la extracción, según los principios de regeneración guiada.....	46
Fig. 46 Seis meses después de la cirugía, la membrana y el injerto son cubiertos por mucosa.....	46
Fig. 47 Se realiza una incisión en la cresta, para observar la membrana...47	
Fig. 48 La preparación cuidadosa de la membrana en el defecto óseo, da como resultado, una regeneración ósea.....	47
Fig. 49 En la substracción de la imagen, se observa la remodelación de la membrana a 3 meses de su colocación, alrededor del injerto, se ve el aumento de la densidad.....	47
Fig. 50 Se muestra los niveles de intensidades, las regiones con la posición del hueso aparece alrededor del cuello del injerto, en color azul.....	48
Fig. 51 Se presentan las zonas importantes de color verde (ningún cambio) y azul (aumento) de la densidad.....	48
Fig. 52 Aplicación del pseudo- color, la pérdida en la densidad alrededor del injerto, se interpretó con el color rojo.....	48
Fig. 53 Se trató con antimicrobianos, y después de tres meses, se demuestra con la substracción de imágenes la remodelación en el injerto.....	49
Fig. 54 La aplicación del color en la zona de interés, demuestra un aumento de la densidad en un tiempo de 3 meses después de la terapia antimicrobiana.....	49
Fig. 55 A)Imagen original,seleccionando la zona a estudiar. B) la imagen se amplia y C) la substracción de la imagen ya aplicada.....	54



INTRODUCCIÓN

La técnica de la substracción de imágenes fue descrita por Ziedses des Plates y ha sido empleada principalmente en estudios de angiografía debido a la fidelidad en las imágenes obtenidas, la posibilidad de ser manipuladas por medios informáticos, de ser transformadas para mejorar su resolución y la calidad de la imagen radiográfica.

Al utilizar esta técnica se tiene que tomar en cuenta que las proyecciones deben ser idénticas o casi idénticas, esto es difícil de cumplir en muchos casos y es por eso que aún no tiene gran aceptabilidad en el área odontológica, sin embargo se han diseñado nuevos aditamentos para lograr una imagen más definida.

En las investigaciones que se han realizado en relación a esta técnica es prometedora para las situaciones clínicas debido a que se pueden detectar cambios muy tenues sin exponer al paciente a radiación adicional o a la incomodidad ocasionada por los diversos dispositivos para las diferentes técnicas de toma de la radiografía, como es el caso de la técnica de planos paralelos el cual se utiliza aditamentos plásticos (XCP) para obtener una imagen simétrica. La precisión de la interpretación se ha ido mejorando sobre la radiografía convencional debido al empleo de la tecnología aplicada a la imagenología.

La evolución de la enfermedad periodontal es determinada por la pérdida de la unión del tejido conjuntivo y del hueso alveolar. La actividad remodeladora del hueso es una señal de la respuesta del organismo a la terapéutica empleada, es aquí cuando al utilizar la técnica de substracción de los cambios que ocurren en el periápice así como en los tratamientos en



donde se emplean los peri-implantes y peri-injertos, esto es de gran interés para así estudiar, evaluar e intervenir inmediatamente durante el transcurso del mismo tratamiento.

Esta técnica se ha ido empleando poco a poco siendo en el área de periodoncia donde se ha aplicado con mayor frecuencia después de una cirugía periodontal, como la osteoplastia y/o ostectomía para detectar si se obtuvieron cambios como ganancia o pérdida de hueso, a corto y a largo plazo y esto nos ofrece una herramienta para cuantificar estos cambios.

Este nuevo método que se ha introducido en imágenes digitales facilita el descubrimiento y documentación de algunas lesiones que se presenta en tejido dentario como la caries interproximal además de detectar los cambios periapicales que se llegan a presentar en el hueso cortical y esponjoso.

Este tipo de técnica es importante puesto que promete reforzar los métodos de diagnóstico disponibles para el practicante y médico odontólogo general, encaminados a los hallazgos en los cambios que puedan existir en el tejido óseo, en especial en la región periapical.

Cabe mencionar que una ventaja de esta técnica es que reduce las fuentes de error inherente en la substracción minimizando o eliminando las diferencias no pertinentes.

Pero el éxito de esta técnica esta dependiendo de la habilidad de eliminar y sobreponer estructuras anatómicas que antes eran inalteradas debido al origen de donde se encontraban, es decir, no se podía encimar



una imagen radiográfica con otra porque al hacerlo se perdía la visibilidad de ambas estructuras, sin embargo con este nuevo método se pueden producir fondos menos complejos para que así se puedan observar los cambios generados en los tejidos.



ANTECEDENTES

Durante las investigaciones con el uso de las computadoras y el empleo de imágenes digitalizadas de las radiografías dentales han sido de gran ayuda para el avance en el comportamiento de alteraciones biológicas del periápice, estas técnicas se empezaron a utilizar a partir del año de 1960. La primera substracción digital comercial fue por medio del sistema "Angiografía" el cual estuvo disponible a mediados de los años 70's y ahora es una modalidad de la imagen común en la práctica médica sobre todo la substracción de la imagen digital y particularmente en cirugía dental en la cual su primer investigador fue Webber RL los cuales se llevaron a cabo en los Institutos Nacionales de Investigación Dental donde se hicieron aplicaciones para la valoración de cambios de pérdida de hueso ocasionado por la enfermedad periodontal en etapas iniciales cuando prácticamente pasan desapercibidos los mismos. Se publicaron los resultados de este estudio primero en la literatura dental en 1982 y las investigaciones subsecuentes y publicaciones por este grupo y otros (notablemente Grondahl H) los cuales se han enfocado en la aplicación de la substracción digital de la imagen radiográfica en el descubrimiento de cambios casi imperceptibles que están presentes en el hueso alveolar y por lo consiguiente el tratamiento periodontal más adecuado según sea el caso.¹

La substracción de imágenes de una radiografía consiste en reproducir una imagen separando la diferencia entre dos radiografías del mismo paciente.²

A veces las radiografías contienen demasiada información, y una lesión puede ser difícil de interpretar ya que esta parcialmente oculta por algunas estructuras sobrepuestas, este problema normalmente ocurre en los



angiogramas y puede ser reducido un poco por el uso de la técnica de substracción de imágenes.³

La técnica de la substracción de imágenes es un método digital fotográfico que se fundamenta en la eliminación (substracción) de las estructuras no deseadas de la radiografía del paciente comparando así su fase inicial con la final.³

Las imágenes se adquieren en base a usar un sistema convencional de radiografía, la técnica de substracción de imagen nos permite localizar o visualizar con mayor precisión algunas estructuras no muy perceptibles debido a los tonos o densidades que se llegan a generar durante la toma de la misma; cabe mencionar que en ocasiones se debe de utilizar algún medio de contraste para aquellos tejidos blandos que deseamos valorar u observar, técnicas como la fluoroscopia nos ayudan a contrastar dichas zonas durante la toma de la radiografía, esto aunado con la digitalización de la imagen nos ayudan en cierto grado a reducir artefactos y mejorar la calidad de nuestra imagen radiográfica, principalmente la zona donde ha ocurrido los cambios. Estos pasos consisten en:

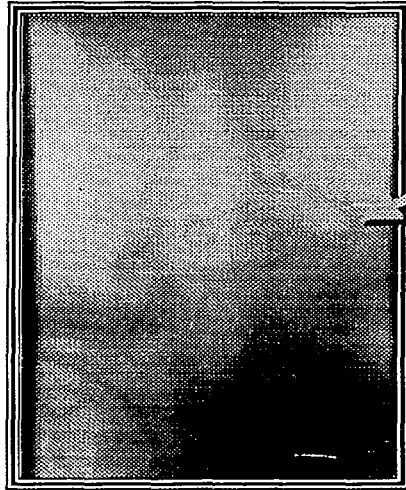
- 1) Se toma la radiografía:



Fig. 1 Radiografía de zona lumbar.³¹



2) Se reducen los artefactos digitales durante la adquisición de la imagen:



Obsérvese como se aprecia con más claridad el trayecto arterial.

Fig. 2 Reducción de artefactos de la radiografía anterior.³¹

3) Posteriormente se emplea la substracción de la imagen y se empieza a reforzar con "Contraste"



Se aprecia como se eliminan (substracción) las estructuras óseas quedando en contraste las arterias.

Fig. 3 Aplicación de substracción de imagen.³¹



- 4) También se puede invertir la imagen en negativo e incluso se le pueden anexar algunos colores para distinguir algunas áreas de interés:

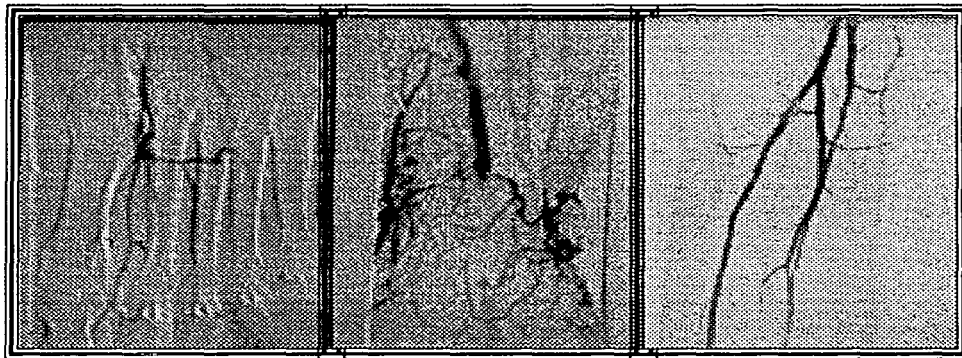
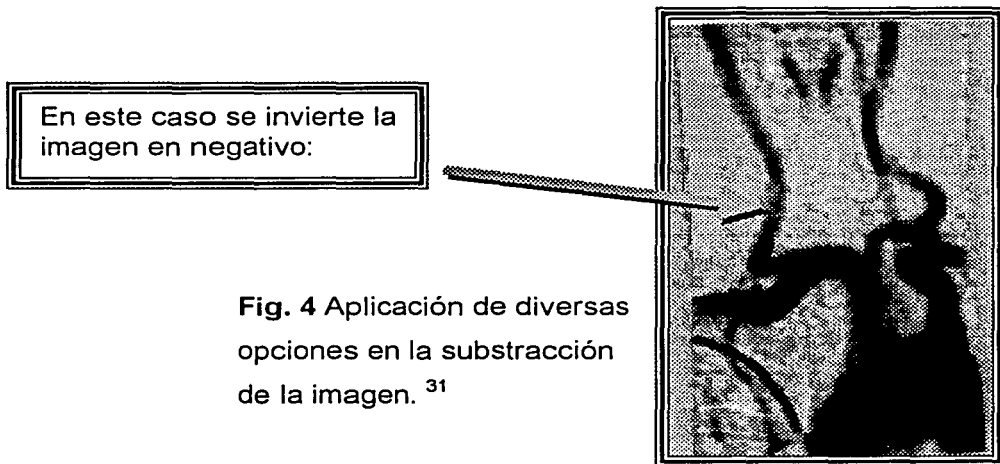


Fig. 5 Estas imágenes también se adquirieron usando un sistema de fluoroscopia convencional en la arteria femoral aplicando la técnica de la substracción. ³¹



Considerando que en el diagnóstico médico estas aplicaciones se han hecho para mejorar el descubrimiento de aquellos cambios se han anexado colores a las imágenes obtenidas además de emplear múltiples tonos de gris, esto es conocido también como la radio digitalización, estas imágenes se han descrito por varios autores (Roth F 1971) y mencionan que este tipo de fotografía muestran una mayor efectividad.⁴

En las siguientes imágenes se aprecia como se han empleado los diversos tonos de gris con un sistema (System DSA) a nivel hospitalario, se puede apreciar los diferentes comandos especiales que se pueden aplicar en nuestra imagen digitalizada, algunas instrucciones son: el contraste, inversión de la imagen (negativo), nitidez, etc.³¹

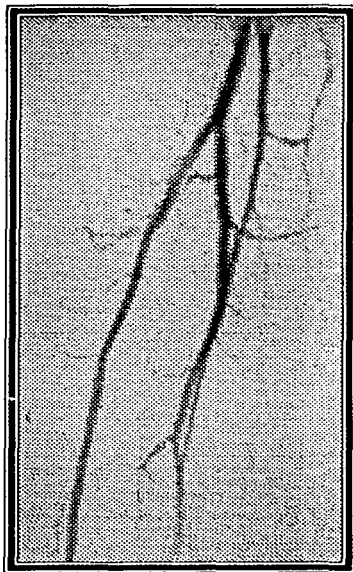


Fig. 6 Imagen no procesada

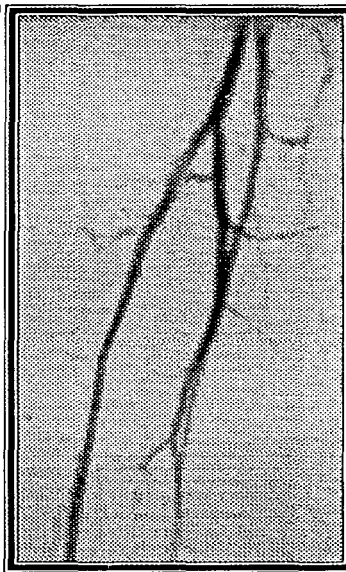


Fig. 7 Filtro de alisado

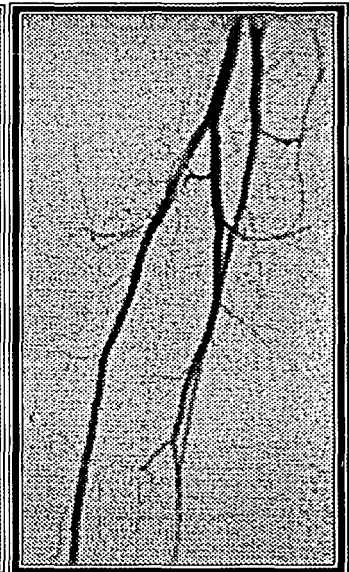


Fig. 8 Efecto nítido

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Fig. 9 Detección de bordes

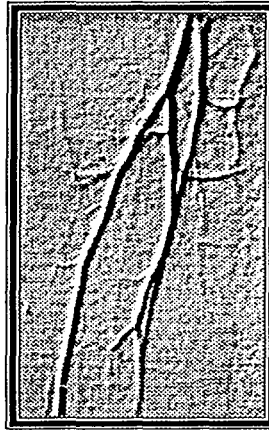


Fig. 10 Efecto sombras

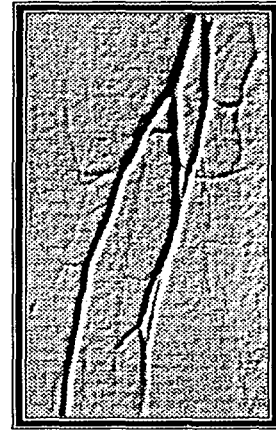


Fig.11 Atenuación de sombra

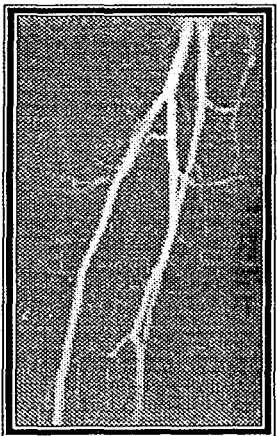


Fig. 12 Imagen invertida / contratase

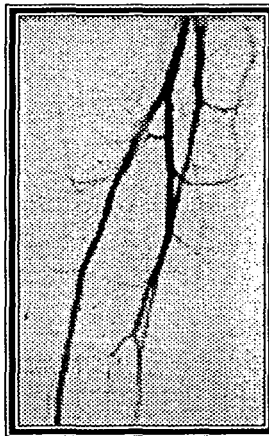


Fig.13 Contraste mejorado,

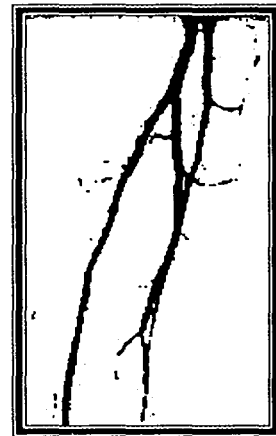


Fig. 14 Contraste máximo

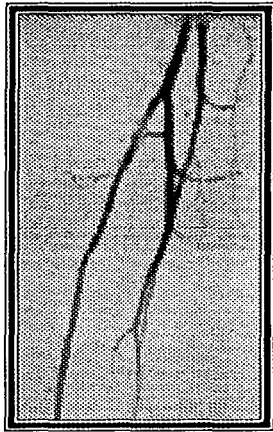


Fig. 15 Filtro medio

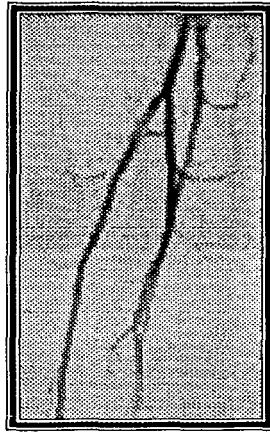


Fig. 16. Filtro débil medio

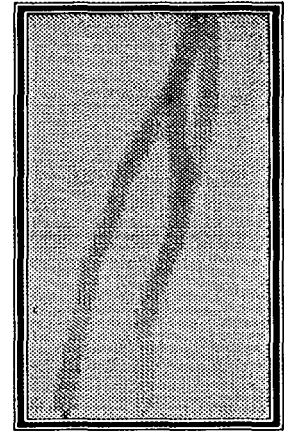


Fig. 17 Filtro fuerte medio



Fig. 18 Filtro débil Gaussiano



Fig. 19 Filtro fuerte Gaussiano

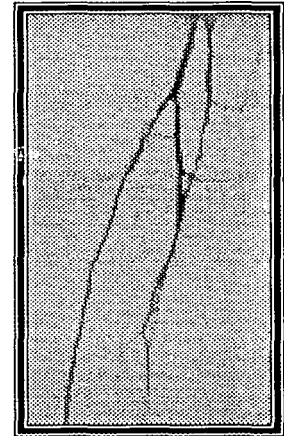


Fig. 20 Erosión

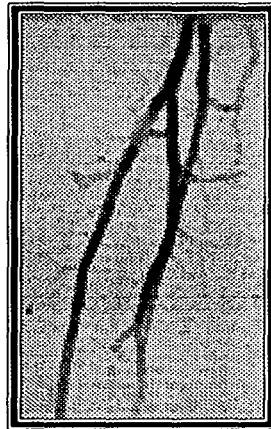


Fig. 21. Efecto de dilatación

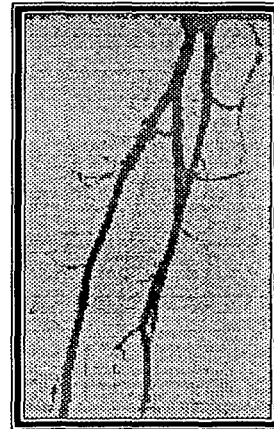


Fig. 22 Densidad de área

Una radiografía dental es un auxiliar para el diagnóstico que se utiliza para observar las estructuras dentales y óseas del ser humano además de mostrar los cambios que ocurren con el tiempo, ya sean lentos o pequeños que se llegan a presentar en el mismo paciente.⁵

Una dificultad significativa que se crea en la radiografía dental es la geometría de la misma, ya que al emplear la técnica de substracción de imagen se deben de emplear una radiografía inicial con otra final, ésta debe ser idéntica. Debido a que las radiografías son tomadas en eventos diferentes es precisamente el problema de reproducir y tener la simetría de la misma, sin embargo se han creado nuevas técnicas para registrar imágenes digitales la cual es basada en estructuras anatómicas creadas en tercera dimensión.⁵



El límite más avanzado para el descubrimiento de enfermedades que afectan a los tejidos de sostén (especialmente el hueso) solamente se observaban por medio de una radiografía convencional y aunando a esto solo cuando la lesión ya esta muy avanzada.¹

Esté es un hallazgo de importancia en los informes anteriores ya que han demostrado la incapacidad de la radiografía convencional para detectar la pérdida en el hueso esponjoso, esto concuerda con datos recientemente publicados por Kullendorff B en 1988 en la cual es notable que cuando las lesiones eran descubiertas eran porque ya estaban presentes, sin embargo al emplear la substracción digital se mostraba un porcentaje de 0.344 % mayor fidelidad que la radiografía convencional haciéndose evidente la presencia de alguna alteración.¹

Otras situaciones en la interpretación del diagnóstico ocurre con frecuencia en la cirugía dental donde no pueden observarse aquellos cambios en el hueso con la radiografía convencional, algo muy similar es la evaluación en los tejidos periapicales como una inflamación pulpar.¹

La incorporación de la tecnología con la imagen digital al diagnóstico dental ofrece alternativas más precisas para analizar la radiografía dental (Brägger U. en 1988) ya que los cambios que se llegan a presentar son más notables como en la densidad del hueso alveolar todo esto gracias a que es facilitado por las imágenes digitalizadas.^{4,6}

En un estudio posterior realizado por Grondahl H en el año de 1987 estimaron que el cambio del hueso alveolar era superior cuando se analizaron imágenes de la substracción digital comparado a la interpretación convencional del mismo material en la radiografía dental, para esto tuvieron



que calibrar a los investigadores. La conversión de radiografía en el formato digital permite observar el borde y/o perfeccionan el contraste o la conversión de tonos grises, es decir, una modificación de las imágenes en pseudo color por lo tanto son más apreciables los cambios obtenidos y llevar así un control más exacto de los mismos.^{1, 4}

Grondahl H (1987) comparó que entre el investigador y el observador los cambios en el hueso periodontal convencional e imágenes de la substracción, el estudio que se realizó fue emprendido para probar que las imágenes de la substracción se procesan y que podría mejorar el diagnóstico de cambios dentro del hueso alveolar así como para probar diferencias significantes entre lo normal, en la cual se reforzaron las imágenes de la substracción con colores y se aplicó una prueba con la cual se tomaron como base los mismos sitios donde fueron analizados en ambas técnicas. Ya que los resultados indicaron que la aplicación de la conversión con color de las diferentes densidades aumentó con respecto a la substracción que se observó solamente en blanco y negro y el contraste reforzó aún más las imágenes.^{4, 6}

Al de Rodda J. (1975) al emplear la técnica de substracción de imágenes sugirió siete planos de los contornos que se añadieron color a las microradiografías de las secciones de lesiones de caries por medio de un análisis de imagen que esta se mostraba en una televisión. Los colores que se usaron, se desplegaron las áreas en las microradiografías con los mismos rasgos de densidad en los correspondientes colores. Esto permitió realizar el análisis visual de los diferentes niveles de las lesiones.⁴

Posteriormente se realizó otro estudio hecho por Wentzel A. (1988), en la cual la radiografía intrabucal se expuso a diferentes exposiciones además de que se emplearon nuevamente los siete planos pero esta vez se



agrego la variable del tiempo, esto es, se cronometró la exposición de la radiografía, al ser tomada en cuenta esta variable se obtuvo una densidad óptima. La conversión del color en la que se observa un cierto tono gris dentro de los rangos de las imágenes en la substracción digital se obtuvo un poco de información cuantitativa a las imágenes, es decir, áreas en la que aparecen pérdida de densidad representa por el color verde y apareciendo en aumento azul en densidad y por lo consiguiente, puede haber facilitado una mejor interpretación de los cambios presentados.^{4,7}

La normalización nivelada de los tonos de gris se hizo no paramétricamente ya que se usa una densidad acumulativa (Rüttiman U en 1986) que demostró una alta eficacia ya que corrigió las desigualdades de la exposición en los sistemas empleados (Fourmisis I 1994); la transformación de pseudo-color se usó para una primera evaluación cualitativa.^{4,8}

Schei O. diseñó un dispositivo especial para medir la altura del hueso relativamente y comparándola con la longitud del diente. Bjorn H empleó una técnica adicional en la cual la imagen radiográfica ya digitalizada se aumentara a 5X para que el hueso fuera perceptible, es decir se amplifica la radiografía periapical y se divide el diente en 5% de porciones. Ésta fue aprobada y fue mostrada por tener un alto grado de reproducibilidad y desarrollo radiográfico. Este método es muy conveniente para los estudios clínicos que tienen una larga evolución como sería el caso de la enfermedad periodontal.⁹

Roslings B se interesa por la técnica de Bjorn H en la cual la va perfeccionando la manera de utilizar la radiografía en cuanto a la exposición, y alineación de la misma.⁹



Para el año de 1957 Omnell K. demostró que los principios de absorsiometría de la radiación permitieron medir la masa del hueso alveolar. Henrikson C. empleó estos principios al desarrollo de la absorsiometría, en la cual la técnica es capaz de descubrir cambios de densidad en el hueso alveolar en un orden del 5% y se ocupa para medir:

- 1.- Los cambios de la densidad del hueso alveolar subsiguiente a la cirugía periodontal en el hombre.
- 2.- La pérdida inducida en la densidad del hueso alveolar (aquí se realizó esta inducción en un modelo de un mono)
- 3.- La pérdida del hueso alveolar por etapas en seres humanos .⁹

El diagnóstico dental por medio de substracción radiográfica digital fue presentada por Rüttimann, U. Webber R. y Grondahl H y el desarrollo de métodos de imágenes digitales en una radiografía periodontal ha sido repasado en detalle por Brägger U.^{1, 10}

También Brägger U. demostró que los parámetros clínicos que se emplean para sondear la profundidad de uña bolsa periodontal y el nivel de la inserción contienen información para cambios en las condiciones de tejido peri-injerto.¹⁰

Por otra parte Adell R. creó un índice radiográfico para validar la posición del hueso alrededor de los injertos, así como valoraciones de calidad del hueso alrededor del injerto sobre todo hueso autógeno para la reconstrucción severa del maxilar que se presenta por la reabsorción en un paciente edéntulo. Posteriormente estas técnicas también fueron aplicadas



para crear nuevos parámetros radiográficos para la evaluación de tejidos del peri-injerto.¹⁰

Método aplicado a la búsqueda densitométrica descrito por Strid KG.

En este método ofrece diferentes tonalidades de los niveles grises, así como el nivel azul se calcula según por el método de Rüttsmann U para corregir dichos niveles de todo el seguimiento en la radiografía básica, esto también haciendo uso de la computadora¹⁰

La imagen de la substracción digital original pudo demostrar teóricamente los diferentes niveles grises que va del grado 0 hasta el 255, pero con las imágenes por medio del "color-codificado", se obtuvieron otra composición de niveles para analizar este tipo de imágenes la cual quedó de la siguiente manera:

- ⇒ Entre los niveles del gris del 0 al 114 aparece el ROJO el cual representa PÉRDIDA de densidad ósea.
- ⇒ En el rango del nivel gris se asignaron los grados desde el 115 hasta el 141, aquí se obtuvo un color VERDE el cual significa que NO representa ningún cambio en la densidad ósea.
- ⇒ Niveles de gris deL 142 al 255 el cual está representado por el color AZUL, nos presenta AUMENTO en la densidad ósea.¹⁰

La exactitud de diagnóstico en el descubrimiento de cambios en el hueso alveolar fue aumentada por la introducción de la substracción digital en radiografía dental (Rüttsmann U 1981, Webber R 1982, Grondahl H 1983, Grondahl H & Grondahl K 1983, Grondahl 1984, Hausmann E 1985). Desde



que muchos de estos estudios se involucraron en información de modelos, la valoración de la substracción radiográfica de cambios óseos está disponible en varias áreas de la salud e incluso en medicina veterinaria (Rethman M 1985).^{11,12}

En estos informes se evaluaron los cambios de densidad cualitativamente, de las imágenes de la substracción desplegadas en un monitor por cuantificación.¹¹

El volumen del tamaño de las lesiones de las imágenes por substracción en la cual la lesión usa un límite descubriendo un algoritmo automático y los niveles de grises del hueso cortical continúa proyectadas hacia la imagen de la substracción. Esta fue propuesta por Rüttimann U (1985, y 86). Vos P. (1986) para la valoración de los cambios de la densidad ósea, especialmente en aquellas enfermedades de origen periodontal; las imágenes muestran cambios cuantitativos al emplear esta técnica de la substracción.^{7,11}

Ando S. en 1969 se enfocó sobre todo a examinar áreas más grandes o incluso toda la radiografía en la cual la realizó por medio de una computadora, en ese entonces se llevaba demasiado tiempo y no cualquiera lo hacía.¹¹



Alternativas para llevar una cuantificación en los cambios de densidad ósea por medio de la absorciometría (Henrikson C 1967, Henrikson C & Julin 1971)¹¹

Existen medidas proporcionadas por medio de la computadora que ayuda al análisis de la imagen la cual se le ha empleado la densitometría (CADIA), ésta es expuesta a la correlación de la pérdida del calcio real como se evaluaron por medio del espectroscopio de absorción atómico *in vitro* con coeficientes de correlación entre 0.910 y 0.975.^{6, 11, 13}

Bragger U. se enfocó sobre CADIA, en la cual desarrollo su investigación para evaluar la densidad y cuantificar los cambios longitudinales obteniendo una especificidad de un 88 % y una exactitud del 87 % sobre las radiografías convencionales.¹³

Al realizar dichas cuantificaciones en la densidad ósea la interpretación de la radiografía presentaba un porcentaje del 0.76%, considerando que el promedio de la substracción digital se mostraba en un 0.98%, estos datos fueron obtenidos por Rethman M. en 1985.¹¹

Pero las diferencias en la exactitud del diagnóstico convencional y las "técnicas de la substracción digital" entre el informe actual y el informe de Rethman M en 1985, sugiere que los cambios no aumentaron la habilidad de descubrir alteraciones en la densidad ósea comparada a la interpretación de la substracción digital.^{11, 15, 14}

En varios estudios se han enfocado principalmente en la especificidad dentro de los parámetros clínicos para el diagnóstico de la salud o la enfermedad, esto con mayor frecuencia en el diagnóstico de los implantes



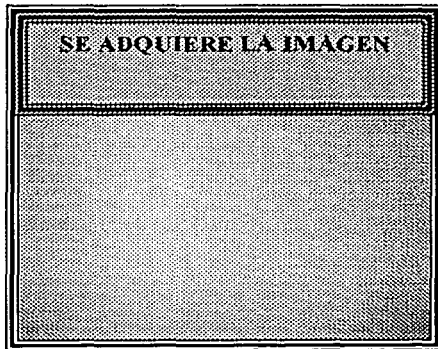
normalmente usadas para estimar un conocimiento aproximado del progreso de los mismos.⁸

Durante estos años se han realizado varios estudios que se enfocan principalmente a aquellas características de diagnóstico con métodos de la radiografía periodontal convencional, estos estudios han demostrado una alta especificidad, pero sin embargo se presenta una sensibilidad bastante baja dentro de los hallazgos de lesiones periodontales en etapas tempranas (Kornman, K. 1987).⁸

Debido a que los órganos dentarios tienen cierta estabilidad espacial dentro del hueso alveolar hace posible obtener proyecciones que pueden ser reproducidas con la ayuda de plantillas. Por lo consiguiente el resultado de la radiografía convierte a las imágenes digitales simétricas y estas son manipuladas por ciertos aditamentos desde una cámara de televisión hasta con la ayuda de micromanipuladores y circuitos cerrados de sistema de video como lo hizo Grondahl H. en el año de 1982).¹⁶

Sin embargo al emplear éstas imágenes digitales se empezaron a realizar pruebas con diferentes aditamentos para eliminar aquellos artefactos que llegasen a presentar durante la toma de la radiografía, ejemplo de esto es el uso de discos o rejillas elaborados a base de aluminio ya que se observó que éste ayuda a filtrar la exposición de los rayos X mejorando la calidad de la imagen impresa en la película radiográfica.³¹

Estos estudios los han realizado principalmente en el área médica clínica debido al gran empleo de las radiografías en los pacientes. En las siguientes imágenes observamos la corrección de una imagen radiográfica; empleando también el sistema de DSA antes mencionado con los dispositivos:



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Fig. 23 Se toma la radiografía y no se le ha aplicado el filtro a los rayos X, esta imagen aún no está corregida con los sistemas digitales.³¹

Fig. 24 Una vez obtenida la imagen se procede a corregirla con los sistemas de cómputo.³¹

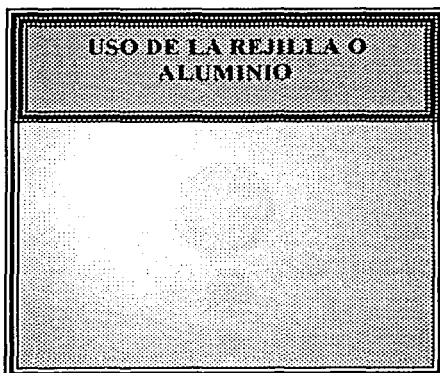
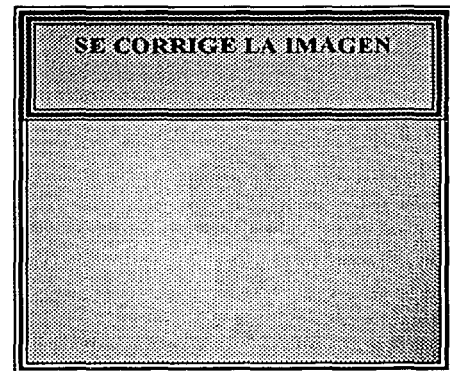


Fig. 25 Se emplea la rejilla de aluminio para controlar el filtro de los rayos X haciendo posible que la imagen sea de mayor nitidez, esto aunado con la digitalización incrementan la calidad de la imagen.³¹

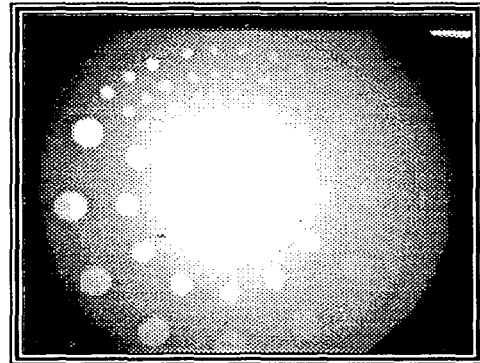
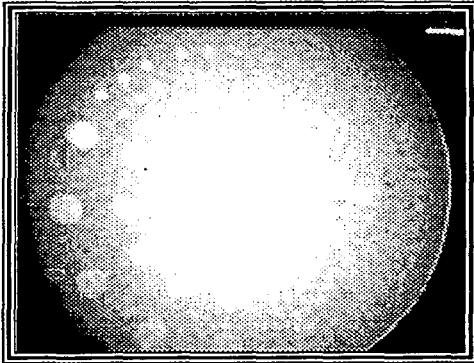


Fig. 26 La imagen del lado izquierdo muestra los círculos no bien definidos ni delimitados. Al emplear los filtros de aluminio (figura del lado derecho) se observa una mejoría ya que se aprecia con mayor nitidez el límite de los mismos, además aprecie el espacio que hay entre cada círculo dando una imagen menos granulosa como la que se presenta en el lado izquierdo. ³¹



Fig. 27 Al observar la efectividad en los estudios anteriores ahora se aplica sobre los pacientes obteniendo notables resultados en la imagen radiográfica. ³¹

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Éstas técnicas se han utilizado para la mejora de la radiografía y así evitar los falsos positivos que se llegan a presentar durante la toma de la misma, ofreciendo una mejor interpretación digital.



PERIODONCIA

El periodonto, es el complejo del soporte del diente, se compone de la encía, ligamento periodontal, el hueso alveolar (proceso alveolar del hueso maxilar) y el cemento. Se desarrolla con la erupción del diente y su integridad se mantiene con las fuerzas oclusales de los dientes. El proceso alveolar disminuye gradualmente si se pierde el diente.¹⁸

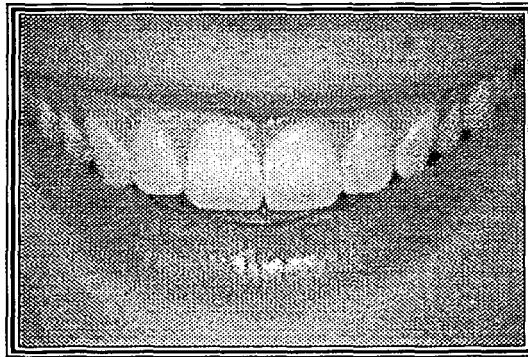


Fig.28 Boca sana ²⁹

Una de las principales enfermedades que se llega a presentar en el área de periodoncia y es de gran interés es la periodontitis la cual se refiere al grupo de bacterias que inducen a la enfermedad constituida por medidas que producen una pérdida de la unión del tejido conjuntivo y el hueso alveolar. La sugerencia que la periodontitis puede progresar en episodios discontinuos a sitios ampliamente variados en los diferentes pacientes y en sitios diferentes en una misma boca, ha creado un gran interés en la identificación de métodos para descubrir, supervisando, prediciendo y previniendo tales episodios. Aunque los parámetros clínicos del sangrado al momento de sondear, profundidad del bolsillo, encía



eritematosa, aumento del fluido crevicular, y acumulación de la placa, son algunos datos para determinar dicho estado.¹³

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

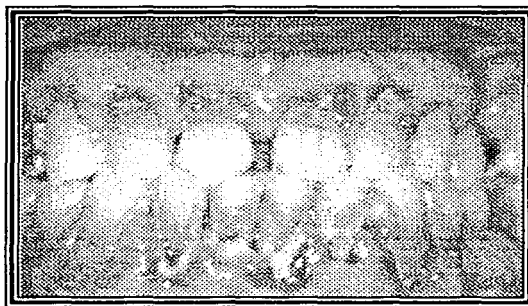


Fig.29 Periodontitis²⁹

Para obtener medidas con las cuales sirvan para supervisar la progresión de la enfermedad periodontal, se ha basado en el sondeo, y éste está asociado a una gran variabilidad debido a las diferencias sondeando como serían la fuerza, la angulación y diámetro de la sonda, forma de la curva de los tejidos inflamatorios y la situación del diente dentro del arco dental. Si el descubrimiento clínico de la pérdida de la unión es mayor que 2.00 mm se considera que existe una progresión de la enfermedad.¹³

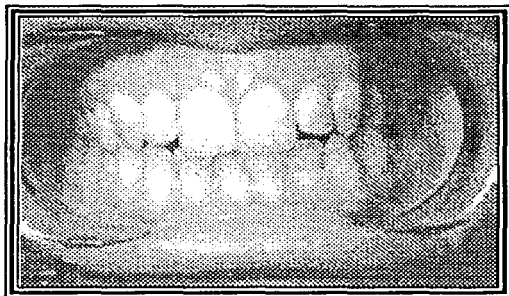


Fig.30 Encía sana²⁹



Fig.31 Encía eritematosa²⁹

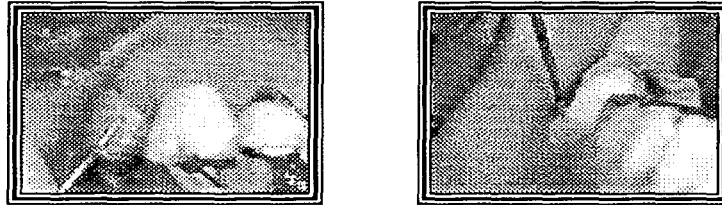


Fig. 32 Medidas realizadas por la sonda de profundidad de bolsa ²⁹

La interpretación de una radiografía dental para el diagnóstico de la enfermedad periodontal propone varias dificultades, en las que se incluyen la incapacidad para introducir la geometría de la proyección y la densidad óptica de las exposiciones.^{12, 13}

Existen conceptos actuales en periodoncia que incluyen la posibilidad de que la enfermedad periodontal no puede ser crónicamente activa, datos recientes sugieren que un curso más probable de la enfermedad es una actividad destructiva distribuida al azar, seguida por períodos relativamente más largos de remisión. En los cambios presentados en el hueso alveolar ocurrida en la periodontitis se puede supervisar la progresión secuencial por medio de radiografías, pero un problema en el diagnóstico utilizando una radiografía convencional es que es bastante incierto para la valoración de los cambios en el hueso, ya que parecen ser indicadores pobres para la progresión de la enfermedad, probablemente debido al hecho que el ojo humano es bastante insensible a los pequeños cambios que se presentan en una radiografía^{12,13}.

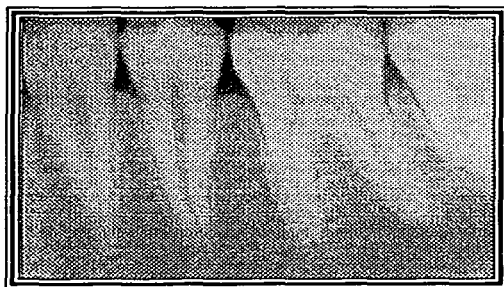
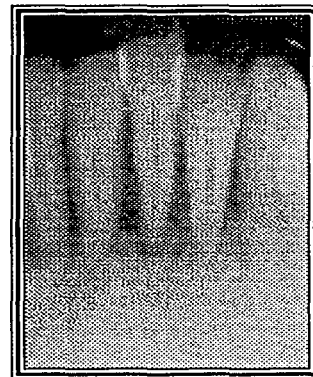


Fig.33 Radiografía de una boca sana en la que el hueso sujeta la totalidad de la raíz. ²⁹

Fig.34 Radiografía de una periodontitis en la que el hueso prácticamente ha desaparecido y la movilidad de los dientes es extrema. ²⁹



Los primeros exámenes que se realizan en los pacientes con sospecha de enfermedad periodontal, se empleó la radiografía ya que sirve normalmente como un adjunto a los métodos clínicos para determinar la presencia de pérdida del hueso y su magnitud, a los exámenes subsecuentes, la radiografía se usa para evaluar los efectos del tratamiento o para determinar previamente el sondeo periodontal para cualquier señal de pérdida del hueso. En estudios longitudinales es el propósito de los exámenes para evaluar los cambios patológicos y fisiológicos que pueden ocurrir en un intervalo de tiempo, esta tarea es esencialmente el mismo en periodontología como en una investigación periodontal normalmente involucra cambios diminutos, sin embargo la radiografía convencional no puede revelar lesiones pequeñas de importancia clínica con precisión, pérdida temprana de la cresta, lesiones interproximal cuando la cortical bucal y lingual se observa intacta, o cuando se observa adelgazadas y la resorción del hueso se extiende más allá de la parte apical. ^{13,19}



Es posible que la pérdida en densidad sea indicativa de pequeños incrementos en la desmineralización lo que indica que de continuar la actividad de la enfermedad, no se presenta en la unión de las medidas niveladas, es decir, no se obtiene un control de la evaluación de la enfermedad.¹³

Para aumentar la exactitud de los datos obtenidos de la unión del hueso con el tejido conjuntivo, duplicando las medidas que se obtienen por medio del sondeo se hizo a tres intervalos de la boca usando puntos de referencia fijos, como pueden ser las cúspides de los dientes .Radiográficamente la distancia de la cresta en la parte interproximal del hueso alveolar y la unión del cemento y el esmalte se usa como una medida para descubrir la pérdida del hueso por enfermedad periodontal.²⁰

Una medida exacta de los cambios de la cresta alveolar es de suma importancia para evaluar la actividad de la enfermedad periodontal. La medida de un cambio en la distancia de la cresta alveolar de la unión de cemento-esmalte (CEJ) en una radiografía ha sido la técnica normal para evaluar el cambio de la misma (Bjorn H, Halling & Thyberg 1969). Esto requiere una corrección para las diferencias en la geometría de la radiografía y así comparándose. La tal corrección ha involucrado ajustes entre las distancias del CEJ y la cresta alveolar por las longitudes del total de la raíz. Un reciente estudio corrige las medidas de la longitud en la radiografía con respecto a la geometría de la misma. (Jeffcoat, M, K., Jeffcoat, R. L & Williams R. C. 1984)¹⁵

Se han realizado varios estudios en relación a la peridontitis y entre los más importantes está el que se realizó en 1961 por Bender IB. y Selter S. en el cual se encuentran con el problema de que no pueden visualizarse las lesiones en su etapa inicial en el hueso por medio de una



radiografía convencional a menos que se llegue a presentar un cambio lo suficientemente perceptible o la perforación del hueso. Se estima que debe perderse del 30 al 50 % de la composición mineralizada del hueso antes de presentarse una pérdida evidente capaz de descubrirse por medio de una radiografía ya que la enfermedad podría ser extensa, estar presente y no detectarse en una radiografía convencional. Un ejemplo de esto es el daño que se presenta en la cortical y no se puede limitar fácilmente ya que el hueso esponjoso no produce una radiolucidez reconocible en una radiografía normal.¹

Existe una nueva técnica para el registro de imágenes digitales basándose en la correspondencia de 3D estructuras anatómicas (como los ápices de la raíz,) y esta es la substracción digital de imágenes ya que este método es realmente útil en los cambios que se llegan a presentar en el hueso sobre todo en la área de periodoncia, endodoncia e implantología donde tienden a ocuparse, aunque sin excluir a las demás áreas que empiezan a emplearla.⁵

La regularización de las técnicas radiográficas, y el uso de éstas para la valoración del hueso alveolar en los que se presentan cambios los cuales eran subjetivos, ya que no se podían comprobar exactamente, pero tiempo después se han hecho investigaciones en las que se presenta una baja efectividad de las radiografías convencionales en el intento por descubrir lesiones periodontales iniciales, por consiguiente la eficacia del diagnóstico resulta ser muy pobre, pero la substracción de imágenes se ha introducido por la gran comprensión y por ser viable de representar las lesiones y por ofrecer un diagnóstico potencialmente superior que con otras técnicas convencionales, además que combina un sistema eficaz utilizando una dosis de radiación baja.^{8,21}



La técnica de la substracción radiográfica digital se introdujo dentro del diagnóstico periodontal debido a su especificidad potencialmente alta comparada con las técnicas convencionales de la radiografía dentoalveolar además de que demostró una exactitud mayor al utilizar la substracción radiográfica digital puesto que el resultado de la eliminación de estructuras anatómicas sencillas y dejando el área patológica de mayor interés para el cirujano.^{7, 8}

La pérdida de unión en relación a la forma del hueso alveolar es una parte importante del proceso patológico ya que en el tienen lugar los episodios de destrucción periodontal, el desarrollo de métodos perceptivos para medir estos cambios es de gran importancia, ya que con la nueva tecnología como la substracción de imágenes es más factible para realizar estudios en el área clínica y a nivel de laboratorio para descubrir la etiología de la enfermedad.^{11, 14}

Es por esto que se ha enfocado la aplicación de la substracción digital para el descubrimiento de cambios en el hueso ocasionado por enfermedades periodontales que se presentan casi imperceptibles en el hueso y para la evaluación del tratamiento periodontal, ya que puede monitorear la actividad del hueso, y es traducido en la ganancia o pérdida en el hueso alveolar y determina el efecto de los procedimientos terapéutico.^{1, 4, 22}

Gröndahl H. & Gröndahl K. en 1983 demostraron la detectabilidad de los pequeños cambios óseos que se llegan a presentar. Estos hallazgos sugieren que hay posibilidades para el descubrimiento de cambios en el hueso por enfermedad periodontal en imágenes utilizando la técnica de la substracción digital.²⁰



Goodson J. En 1984 compara los métodos empleados por Gröndahl H. & Gröndahl K. en 1983 en los que demostraron la detectabilidad de los pequeños cambios óseos que se llegan a presentar y que se miden por medio de radiografía convencional y de substracción digital, los cambios de densidad como resultado de la desmineralización o remineralización., demostrando su superioridad la substracción digital.^{20,22}

La visibilidad de una lesión depende de algunos factores como el tamaño, forma y densidad de la lesión, así como de la complejidad de las estructuras normales circundantes. La técnica de la substracción refuerza las diferencias selectivamente entre dos imágenes, además del uso del perfeccionamiento del contraste para el aumento extenso de la visibilidad de la lesión. La calidad depende en el cuidado de reproducir la radiografía y en la superposición de las imágenes, se debe tomar en cuenta un requisito previo esencial para el uso de los estudios longitudinales es que la geometría de la proyección debe ser posible de reproducir.^{15, 19}

El desarrollo de la computadora para ayudar al diagnóstico, por medio de la técnica de la substracción de imágenes para la evaluación de la densidad del hueso, ha aumentado la exactitud de diagnóstico permitiendo la evaluación de cambios sutiles en el hueso alveolar. Tales adelantos tecnológicos pueden asistir en el descubrimiento de la lesión inicial de la enfermedad periodontal, además que proporciona una técnica no invasiva eficaz para medir la terapia periodontal.^{12, 13, 14}

Existe un programa en la computadora la cual está basándose en un video que ayuda al análisis de la imagen densitométrica (en inglés CADIA) este sistema sirve para cuantificar los cambios en la densidad del hueso alveolar regularizando así las radiografías. CADIA es capaz de evaluar las diferencias que se presentan en el hueso alveolar debido a la cirugía



periodontal de los sitios expuestos a la ostectomia y/ o osteoplastía así como también es capaz de evaluar las diferencias de la actividad remodeladora de 4-6 semanas después de la misma. Se ofrece un método objetivo para seguir la densidad del hueso alveolar que va cambiando con el tiempo y parece ser más exacta que las técnicas de interpretación de las radiografías convencionales, la exactitud de ésta técnica nos ofrece dos parámetros para las alteraciones como son " presenta cambios" o " ningún cambio" .^{7,8,11}

CADIA comparada con la comprensión de las radiografías en las cuales se detectan los cambios de la densidad del hueso alveolar antes y después de los procedimientos quirúrgicos periodontales, con la exactitud y la interpretación de la radiografía convencional, en los mismos sitios expuestos a la cirugía, demostrando así su alta eficacia de la técnica de CADIA en comparación de la otra técnica.^{11,27}

Bragger U. realizó un estudio clínico en el cual evaluó por medio de CADIA el efecto de la clorhexidina , enjuagando la actividad de reparación de los tejidos periodontales adyacentes a una herida, 6 semanas después se observó un aumento en supra- crestal , mientras que en el grupo de mando se observó una pérdida en la densidad del tejido suave, con lo cual surge la pregunta de que si se puede incrementar o no la substracción de radiográfica posee el suficiente potencial para poder distinguir entre la densidad del tejido suave y los cambios que se presentan dentro de los defectos del hueso. ^{8,27}

Tiempo después nuevamente Bragger U. demostró por medio de CADIA valores mayores en sitios que han sido tratados por osteoplastia comparando los sitios del levantamiento del hueso sin tratamiento quirúrgico, además es capaz de mostrar los cambios longitudinales durante un periodo de observación posquirúrgico⁶



El descubrimiento de una lesión por medio de la substracción de imágenes depende de la diferencia entre la densidad óptica de la lesión y el fondo circundante. La diferencia es una función de la cantidad absoluta del hueso (densidad) e independiente de la cantidad inicial presentada.^{15, 19}

La pérdida del hueso también es determinada por la técnica de Bjorn, la cual se utiliza para monitorear a largo plazo la evolución de la enfermedad periodontal. Este informe compara éstas técnicas por su habilidad por descubrir pérdidas secuenciales pequeñas del hueso alveolar en la enfermedad periodontal.^{9,22}

En este estudio se utilizaron las películas radiografías de Ultra speed o Ektaspeed la cual se obtuvo una gran aceptabilidad en el diagnóstico de caries, endodoncia o enfermedad periodontal son aptas ya que ofrecen una excelente calidad de imagen.^{7, 8, 9,13}

Bragger U. desarrolló un método para evaluar los cambios de densidad, así como para estudios longitudinales utilizando CADIA, con el cual se pudo identificar la pérdida del hueso quirúrgicamente con una sensibilidad de 82 %, una especificidad de 88 % y una exactitud de diagnóstico del 87%.¹³

La habilidad de supervisar la progresión de la enfermedad con precisión sigue siendo una de las metas primarias de la terapia periodontal, así como la resolución que en este problema tiene el potencial para afectar en el futuro el tratamiento. En años recientes los nuevos adelantos en tecnología de la computadora han permitido el descubrimiento más exacto de los cambios ligeros en el hueso alveolar.¹³



Okano T. Comparó un sistema diferente con respecto a la formación de la imagen, fue encontrado que se necesitan 80 fotones para obtener la imagen, por consiguiente debe ser posible utilizar sistemas de imágenes, lo cual indica una reducción en la exposición requerida de 40 a 50 veces del sistema de pantalla, manteniendo un alto grado de exactitud de diagnóstico. También mantendría la posibilidad de usar esta técnica en las radiografías panorámicas para diagnosticar los pequeños cambios en el hueso.²¹

La más grande limitación a la interpretación de la nueva tecnología es que es muy sensible para la detención y progresión de periodontitis ya que no existe una norma por la progresión de la enfermedad y el predominio es desconocido en la progresión de la enfermedad en varias poblaciones.¹³

La mayoría de los estudios dirigidos a la substracción de imágenes está enfocada a la valoración de los cambios de densidad presentados en el hueso, mientras que la densidad en los tejidos suaves aún no se ha investigado.⁸



ENDODONCIA

La endodoncia es una rama de la odontología que se encarga de la fisiología, morfología y patología de la pulpa. Existe una herramienta que es de suma importancia para detectar cualquier anomalía en la pulpa así como en su periferia es la radiografía.¹

Una situación es la evaluación por medio de una radiografía convencional para evaluar los cambios que se presentan en la región periapical como la pérdida del hueso en esta zona, siendo el resultado de una posible inflamación pulpar, algún traumatismo, etc. Clínicamente, éstos cambios del hueso pueden significar que estén asociados con una patología de la pulpa y pueden estar perceptibles en un momento mucho más temprano. Esto puede significar tener un tratamiento potencial y/o implicaciones de los pronósticos.¹

La substracción de imágenes también es empleada en esta área de la odontología, además se ofrecen múltiples software el cual facilitan la comprensión y visualización de las estructuras dentarias, desde su anatomía externa hasta la interna. El sistema Eikona 3D es uno de tantos programas que nos ofrecen dichas herramientas en el proceso de las imágenes digitales, además de que ofrece una perspectiva en "Tercera dimensión" con la reconstrucción de las mismas (Fig. 35 -38)

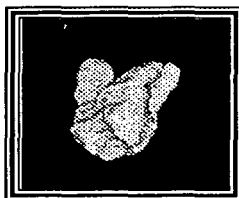


Fig.35 Se puede observar la estructura del diente en diferentes ángulos por medio del Eikona 3D.³²



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

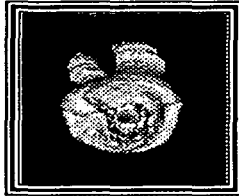


Fig. 36 Sistema Eikona 3D mostrándonos el giro del órgano dentario.³²

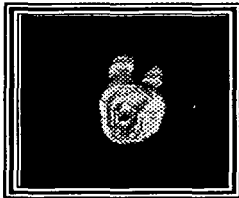


Fig.37 Empleo de imágenes con color para mayor exactitud de la superficie dental.³²

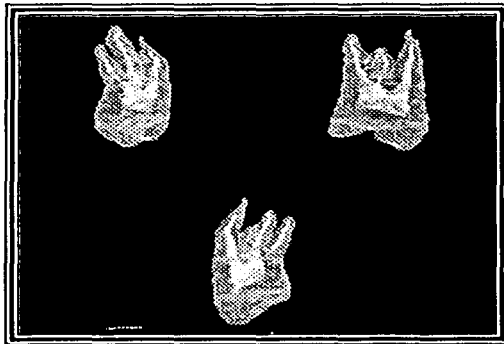


Fig. 38. Sistema Eikona 3D empleando parte de la substracción de imagen, mostrando la dimensión de la cámara y conducto pulpar.³²



Actualmente existe poca literatura que se enfoca a la aplicación de la substracción digital aplicada a los cambios que se presenta en la región periapical.¹

Probablemente el trabajo más representativo en esta área fue realizado por Kullendorff B. en 1988 en la cual indica que la substracción radiográfica podría ser útil en el descubrimiento temprano y la valoración de los cambios óseos sutiles en la región periapical, además de que se obtendría un diagnóstico en una etapa inicial de la enfermedad ofreciendo un tratamiento más oportuno, también se enfocó que para obtener una valoración completa se deben incluir los cambios que se presentan en el hueso cortical y esponjoso, ya que estos eran perceptibles por medio de la substracción digital, siendo en si este un hallazgo importante en si mismo.¹

Tiempo después Tyndall DA. en 1990 comparó la especificidad de la substracción digital en relación con la radiografía convencional en la detección de defectos periapicales en el hueso esponjoso y en la cortical y apreció la gran similitud que encontró en relación con el estudio que realizo Kullendorff B.²³

También se emplea la substracción digital en la resorción de la raíz externa, ya que en la radiografía convencional no se alcanza a apreciar su evolución, puede tener el potencial para ser una técnica sensible para evaluar los defectos de resorción externa de la raíz cualitativamente y cuantitativamente, cabe mencionar que hasta esta fecha ninguna literatura no se había enfocado a la aplicación de la substracción radiográfica en su aplicación a la resorción externa.²³



La resorción de la raíz externa se refiere a la pérdida del cemento y / o dentina de las raíces de los dientes originada en el ligamento periodontal. La resorción externa puede asociarse con inflamación periapical, luxación, reimplantación, necrosis, lesiones periodontales, excesiva fuerza mecánica o fuerza oclusal, impactación, tumores, quistes, la corrosión de postes de metales no preciosos, y la invasión bacteriana, también puede asociarse a con problemas sistémicos como hiperparatiroidismo, hipoparatiroidismo, calcinosis, la enfermedad de Paget, enfermedad de Gaucher y el síndrome de Turner, existe también el factor idiopático.²³

Seltzer S. en 1961 en un estudio que efectuó, observo que en varios dientes examinados se presentaron alguna forma de resorción de la raíz del 98% en los dientes posteriores y el 62 % en los dientes anteriores. Estos estudios concuerdan con el que realizaron en 1951 Henry JL. y Weinmann JP.²³

Mientras que la mayoría de los casos de resorción externa es reparado por cemento, cuando la resorción continúa sin el diagnóstico temprano y cuando la etiología es desconocida, el pronóstico es pobre.²³

El diagnóstico de resorción de la raíz externa es basado normalmente en la evaluación radiográfica, sin embargo un factor que complica la interpretación se relaciona a la cantidad mineral pérdida, los cambios biológicos que ocurren en la enfermedad son muy interesantes ya que estos ocurren a menudo en un fondo estacionario y necesita un modelo radiográfico complejo ya que muchas veces se encuentra oculta la patología por las estructuras que lo rodean.²³

Revesz G. en 1974, encontró que un rasgo radiológico depende de las estructuras circundantes y que la lesión depende directamente de su



contraste e inversamente al fondo de la complejidad. La substracción digital es un método que ofrece una reducción en la complejidad del fondo haciendo la lesión más perceptible. Este método se une a la reproducibilidad de imagen que es dependiente en la proyección, densidad radiográfica y contraste, con lo cual ofrecen la posibilidad de que pueden corregirse. La falta de reproducibilidad geométrica es un gran obstáculo en la aplicación de esta técnica aún así es posible obtener una medida cuantitativa más exacta del proceso patológico en lo que confiere en su período de progresión o retroceso ya que resulta ser una herramienta valiosa para determinar en que estado se encuentra. La relación entre la densidad de la imagen proporciona un posible método de cuantificar la resorción de la raíz externa a través de la substracción digital, aunque desgraciadamente la pérdida del mineral debe ocurrir en un porcentaje del 30 a 50% para que sea evidente en una radiografía convencional.²³

En 1985 Ortman LF. ha demostrado que la substracción digital es capaz de localizar una lesión con sólo 1 a 5 % de la pérdida ósea, este rasgo ha permitido a esta mejorar al diagnóstico .²³

Se puede supervisar por medio de la substracción el descubrimiento de la densidad del hueso subsiguiente el procedimiento endodóntico, la evaluación de la resorción interna y externa y la evaluación del llamado "la marca periapical de la cicatrización", el cual representa después de muchos años la terapia endodóntica exitosa, también supervisar la reparación del hueso de la zona periapical después de la terapia endodóntica convencional y /o quirúrgica.^{1, 23}



Fig.39 En la imagen se puede observar una zona radiolúcida en el área de ápice. En la del centro se presenta el tratamiento de conductos, pero aún se presenta la zona radiolúcida. En la de la izquierda por medio de la substracción se aprecia en color verde, los cambios del hueso.³²

Cualquier conclusión deducida de este estudio sólo puede relacionarse a la superioridad potencial de la substracción digital, por encima de la radiografía convencional para el descubrimiento de lesiones periapicales y su respuesta al tratamiento.¹

TRABAJOS CON
FALLA DE ORIGEN



IMPLANTOLOGIA

Aunque el tejido óseo muestra un gran potencial de regeneración y puede restaurar su estructura y función originales por completo, a menudo puede ocurrir que los defectos óseos no se curen con el mismo tejido. Con el fin de facilitar o promover la curación, o ambas cosas, se colocan materiales de injerto en los defectos del hueso²⁴.

Los implantes dentarios son dispositivos insertados en el interior o sobre el hueso con el fin de sostener prótesis dentarias artificiales. Aunque conocidos desde hace mucho tiempo, ha sido el concepto de osteointegración el que ha consolidado ésta técnica como una alternativa eficaz, fiable y predecible para la restauración funcional y estética. Los requisitos para el éxito de los implantes son:

1. **Biocompatibilidad.** Los materiales dentarios se construyen con metales puros o con aleaciones metálicas. El material más empleado por sus características es el titanio, su superficie debe mantenerse estéril y libre de otros contaminantes biológicos.
2. **Sellado Mucoso.** Antiguamente, los problemas que originaba la penetración de la mucosa se consideraban uno de los principales determinantes en el fracaso del implante. En la actualidad se considera que si el implante está osteointegrado, el estado de los tejidos blandos no causará la pérdida del implante.
3. **Distribución de Fuerzas.** Es el principal determinante a largo plazo de la aleación del implante a los tejidos circundantes.²⁴



La radiografía enfocada a la periodoncia durante la última década, a desarrollado métodos de imagenología en los cuales su objetivo es ofrecer una percepción predecible de los cambios tenues en la densidad del tejido. Como una consecuencia directa de este desarrollo, los nuevos métodos para la evaluación de la densidad del tejido del implante están disponibles hoy, para dar información de los cambios del hueso del implante, sin embargo la evaluación de la densidad todavía es un procedimiento de laboratorio accesible a los diagnósticos clínicos en general.¹⁰

Muchos informes dieron énfasis a la importancia del uso de índices periodontales, modificado para caracterizar las condiciones del peri-injerto y en el peri-implante entre ellos se encuentra:

Bragger U. que ha demostrado que los parámetros clínicos como sería sondear la profundidad del bolsa periodontal (PPD) y sondeando también el nivel de la unión del hueso y el tejido conectivo , ofrecen información para las condiciones del tejido del peri-injerto, asociado a una serie radiográfica como seguimiento de cualquier procedimiento quirúrgico.⁸ En 1992 realiza estudios en la cual la actividad enzimática es incluida en una prueba del ambiente del saco del peri-injerto como medio eficaz de medir el metabolismo del tejido. Actualmente el examen radiográfico todavía presenta una de las técnicas normalmente usadas por estimar el pronóstico del proceso en implantes.⁸

Existen una gran variedad de parámetros radiográficos para la descripción de la condición del hueso con respecto al implante, que van desde la interpretación de una radiografía periapical convencional a los esfuerzos por descubrir los diminutos cambios en el peri-implante, es por esto, que el examen radiográfico del hueso en relación con la instalación del injerto es uno de los medios importantes para el diagnóstico de los cambios



del hueso, en fases tempranas una reducción ligera a la altura del hueso marginal que va de 0.9 a 1.6 mm ocurren dentro el primer año del implante, aún esta dentro de los límites razonables bajo las condiciones normales, seguido por un anuario aun más pequeño de la pérdida de hueso necrótico. En períodos más largos de tiempo indicó una pérdida del hueso anual de sólo 0.05 a 0.13 mm y una pérdida del hueso vertical de menos de 0.2 mm . en la mandíbula fue de 0.59 mm y en el maxilar de 1.09 mm en la implantación de los injertos respectivamente.^{8,10}

Albrektsson T. Smith DE y Zarb GA propusieron criterios para el éxito del injerto, se requiere, evaluar la presencia o ausencia de radiolucidez alrededor del injerto y la medida de los cambios del hueso deben estar nivelados en interproximal en el implante.¹⁰

En el peri-implante los cambios de densidad pueden ocurrir durante la fase curativa después de la colocación del injerto, y durante los estudios de la fase del mantenimiento. Se ha mostrado que para determinar el éxito o fracaso de los injertos es la inmovilidad clínica del injerto y la ausencia de radiolucidez en el peri-injerto lo que lo determinan. Además de señales de infección (dolor, tumefacción, eritema) deben de estar ausente.⁸

En algunos casos también se tratan a los pacientes con medidas antimicrobianas así como reforzar la higiene oral, el control de placa, la eliminación de la bolsa periodontal por medio de cirugía, se logró un aumento de la densidad en los tejidos del peri-injerto.⁸

Pero como no se contaba con la disponibilidad de verificar realmente si el implante, fue exitoso y si no resulta serlo, el poder determinar en que etapa no se realizó una buena osteointegración con el material y el hueso .El término osteointegración hace pensar en que su



evaluación se lleva por medio de métodos no invasivos como es la radiografía, sobre todo en la fase curativa para observar los cambios del hueso después de la colocación del injerto/ implante. Así como para la valoración de pérdida de la osteointegración durante la fase de mantenimiento ya que la valoración es muy importante para el fracaso o éxito del mismo, es por esto que fue desarrollado la regularización de la geometría radiográfica en los implantes para detectar con exactitud los cambios en la altura del hueso de peri-injerto. No solo se debe comprender la posibilidad de la valoración métrica en la altura del hueso sino también más allá, la información sobre la posibilidad los cambios de densidad, es una herramienta de diagnóstico sensible en el peri-implante.⁸

Se debe comprender la viabilidad de la evaluación del peri-injerto, así como la calidad del hueso alveolar y su densidad, esta posibilidad de valoración métrica a la altura del hueso que presenta cambios, así como la información sobre los cambios de densidad, puede lograrse por medio de análisis de la imagen digital. La radiografía ha establecido técnicas más precisas para la valoración periodontal y de los cambios en el peri-injerto como son la radiografía de la substracción digital y el análisis de imagen densitométrica ayudado por la computadora (CADIA)^{8, 10}

CADIA es un método muy eficaz para el descubrimiento de cambios casi imperceptibles del tejido mineralizado en el espacio interproximal y de los cambios en los tejidos adyacentes a los injertos dentales. Los cambios de densidad del tejido son descubiertos por este sistema dentro de los defectos del hueso que representan sólo los cambios dentro del tejido mineralizado.⁸

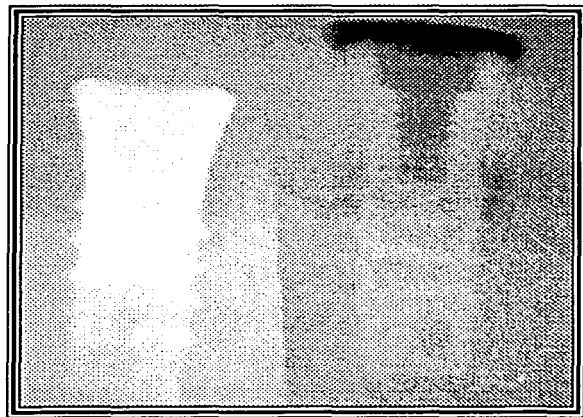


El hueso alrededor del injerto en los cuales fueron utilizados injertos autógenos para la reconstrucción en pacientes edéntulos por una reabsorción severa también se pudo observar que la substracción de imágenes resulto ser muy útil para la valoración en este tratamiento.⁸

La conversión del color en la substracción de imágenes depende de la integración del injerto con el hueso y las zonas más representativas son:

- Verde = no representa ningún cambio en la densidad del hueso
- Rojo = representa pérdida en la densidad del hueso
- Azul = representa aumento de la densidad ósea.⁸

Para obtener la substracción de la imagen en la colocación de un tornillo de ITI de implantación, en la región del lado derecho de la mandíbula, los pasos son los siguientes:



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig.40 Imagen obtenida después de la colocación del tornillo, utilizando la técnica de la substracción digital.¹⁰

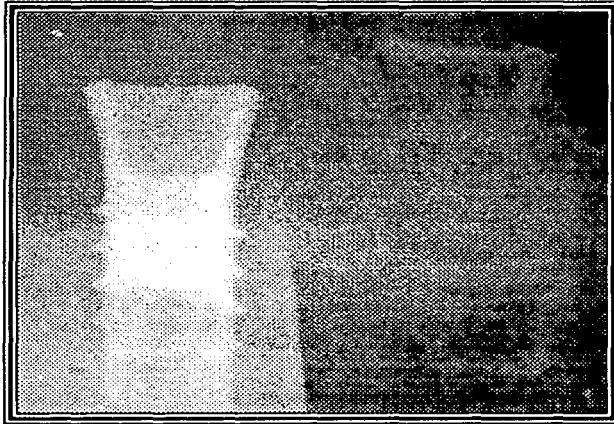


Fig.41 Imagen obtenida por substracción a 2 meses del implante, se observa el aumento de la densidad y señales de la remodelación de la cresta alveolar. ¹⁰

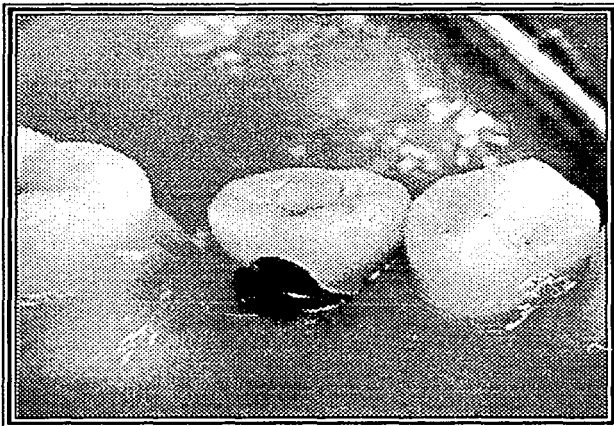


Fig. 42 Se colocó una corona de metal - porcelana, sobre el tornillo. ¹⁰

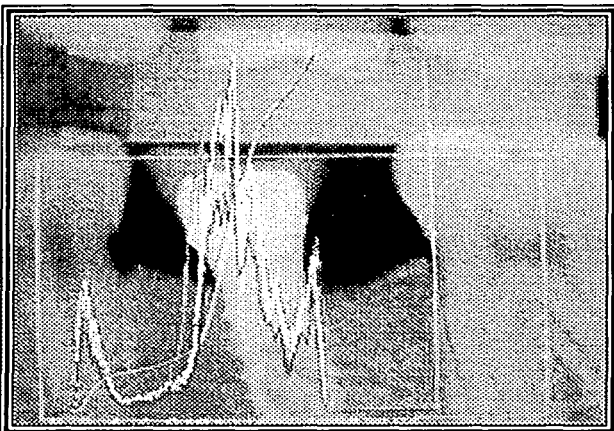


Fig. 43 Un ejemplo de la corrección las líneas amarillas y rojas, representa la zona principal, las sumas acumulativas de estas líneas, se calculan con la línea azul. ¹⁰

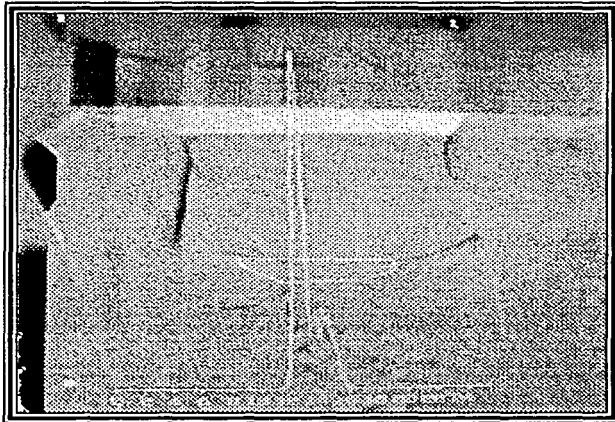


Fig.44 Indica un aumento en la densidad alrededor del tornillo dentro de la región de interés.¹⁰

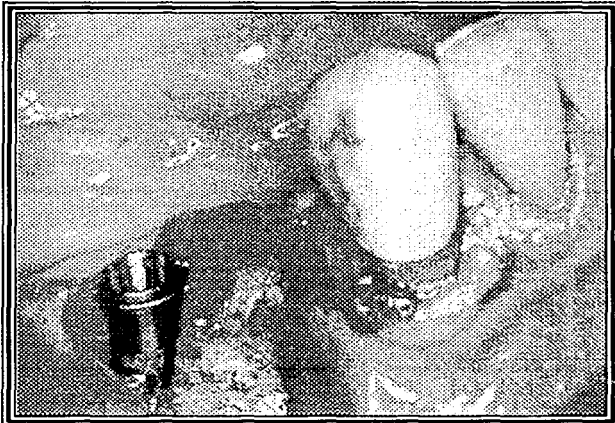


Fig.45 Se coloca un tornillo después de la extracción, según los principios de regeneración guiada.¹⁰

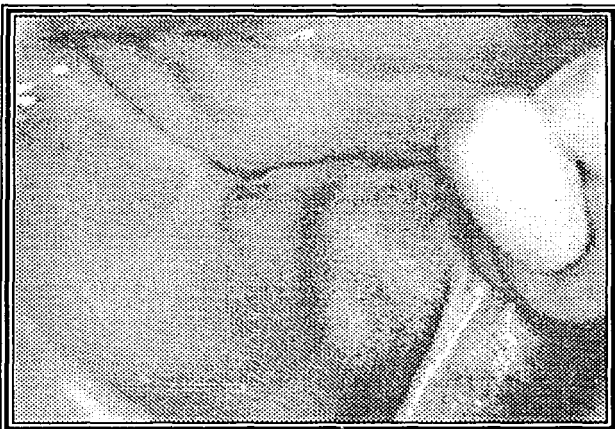


Fig.46 Seis meses después de la cirugía, la membrana y el injerto son cubiertos por mucosa.¹⁰

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FOTO DE ORIGEN

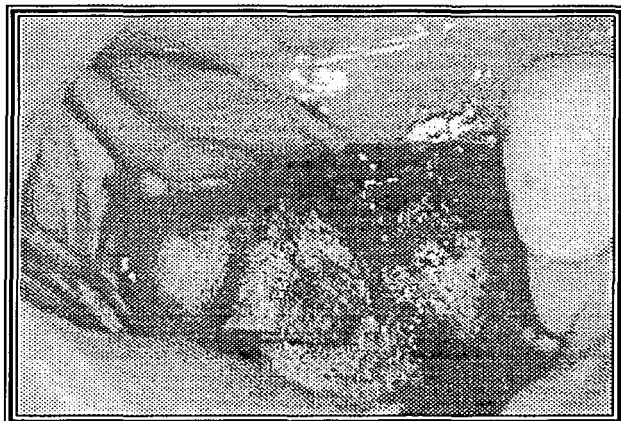


Fig.47 Se realiza una incisión en la cresta, para observar la membrana.¹⁰

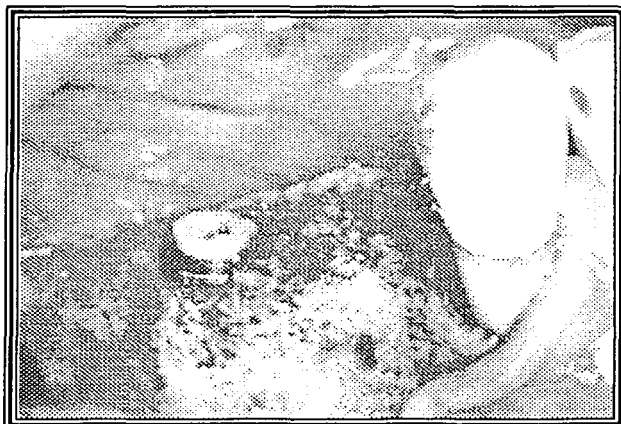


Fig.48 La preparación cuidadosa de la membrana en el defecto óseo, da como resultado, una regeneración ósea.¹⁰

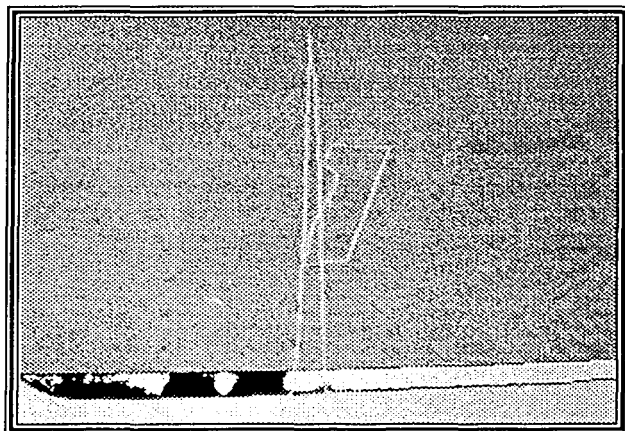


Fig.49 En la substracción de la imagen, se observa la remodelación de la membrana a 3 meses de su colocación, alrededor del injerto, se ve el aumento de la densidad.¹⁰



Fig.50 Se muestra los niveles de intensidades, las regiones con aposición del hueso aparece alrededor del cuello del injerto, en color azul. ¹⁰

TESIS CON
DE ORIGEN



Fig.51 Se presentan las zonas importantes de color Verde (ningún cambio) y azul (aumento) de la densidad.¹⁰



Fig.52 Aplicación del pseudo-color, la pérdida en la densidad alrededor del injerto, se interpretó con el color rojo.¹⁰



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Fig.53 Al paciente se la trató con antimicrobianos, y después de tres meses, se demuestra con la substracción de imágenes la remodelación en el injerto.¹⁰

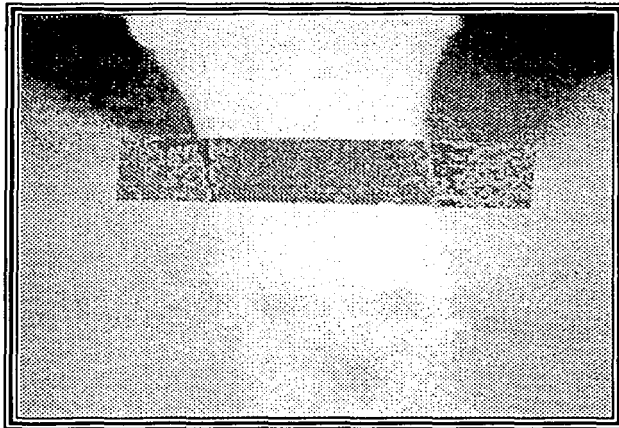


Fig.54 La aplicación del color en la zona de interés, demuestra un aumento de la densidad en un tiempo de 3 meses después de la terapia antimicrobiana.¹⁰

Recientemente se han comercializado materiales para los implantes, que pueden cambiar la terapia periodontal ya que trata de restaurar de forma original al periodonto y a la vez trata de detener la progresión de la enfermedad periodontal. Se ha mostrado que los implantes de titanio para la osteointegración son accesibles para ser



utilizados como pilares para las rehabilitaciones protésicas. Las aplicaciones de la substracción de imágenes como una herramienta en el diagnóstico en el peri-implante pueden ser de gran ayuda, para medir los cambios óseos son muy necesarios.^{8, 12}

La radiografía convencional tiene un valor limitado para la valoración de los cambios sutiles en el hueso y la substracción de imágenes nos ofrece una nueva enfoque para la implantología.⁸

El éxito clínico documentado con la osteointegración de los injertos dentales han llevado a una aceptación extendida durante muchos años, la investigación básica y clínica han intentado evaluar las condiciones de los tejidos que apoyan a los injertos dentales, así como se han enfocado a la comprensión y la especificidad de los parámetros clínicos, diagnosticando salud o enfermedad alrededor de los implantes.⁸



OPERATORIA

La caries dental es uno de las enfermedades más prevalentes y tiene un tremendo impacto a nivel mundial. Los procesos cariosos involucran la desmineralización local de tejido duro dental como resultado de actividad microbiana. En vista de las ramificaciones del tratamiento de lesiones avanzadas, el descubrimiento temprano es un problema mayor. Se reconoce bien que la restricción del diagnóstico de caries a los medios completamente clínicos se liga a la radiografía intra-oral ya que es considerada como un adjunto indispensable a la valoración completamente visual de la lesión. Sin embargo, la efectividad de métodos radiográficos normales descubriendo la de caries incipiente se ha cuestionado. El descubrimiento normalmente se informa cuando existe una pérdida mineral del 40%, de la lesión solo de esta forma se observa en la radiografía convencional. La razón de esto se relaciona ciertamente al hecho de que la imagen radiográfica del área desmineralizada corresponde a una lesión de caries, y no presenta una radiolucidez bien definida, ya que como el grado de calcificación presenta aumentos progresivos hacia la periferia de la lesión, debido a la actividad de reparación, mientras que la extensión de la caries se puede extender en otra dirección.²²

La radiografía de la substracción digital es una técnica para revelar cambios en la densidad radiográfica cubriendo regiones anatómicas idénticas. Debido a su única habilidad de quitar invariablemente el detalle anatómico de la imagen, la radiografía de la substracción produce el perfeccionamiento de cambios sutiles que se llegan a presentar. Además, alterando la apariencia de cambios patológicos, para que ellos sean más eminentes. La substracción de regiones anatómicas que no se alinean propiamente producirá artefactos que pueden imitar o pueden disimular



verdaderos cambios. El problema de registro de la imagen es determinar la transformación de la imagen específica que mejor sobrepone las dos imágenes a ser substraídas. A pesar de la aplicación exitosa de radiografía de la substracción digital en periodontología, es comparativamente poco lo que se ha publicado en su aplicación en el descubrimiento de caries incipientes. En particular, será la aplicación de radiografía de la substracción digital a la valoración de caries interproximal en los dientes posteriores y la caries recurrente. Se han mostrado las ventajas de la radiografía utilizando la técnica de la substracción para ser particularmente evidentes en la última aplicación para reconocer la radiopacidad de material restaurativo, sin embargo, evita la automatización llena del proceso de la substracción. Los puntos de referencia mejorará ciertamente también la reproducibilidad del proceso de alineación, aunque la localización de los puntos de referencia siempre estará sujeta a algún error.²²

En un estudio que se realizó se procesaron 97 pares de radiografías convencionales y en un tiempo de 1 a 2 años la radiografías obtenidas fueron analizadas por medio de una computadora y las dos imágenes substraídas que se emplean tienen que ser del mismo paciente, pero son obtenidas en una diferencia de tiempo, para evaluar la lesión de caries en diferentes etapas de su progresión. Para realizar este estudio se requirieron el apoyo de siete investigadores que evaluaran las radiografías convencionales obtenidas y después se procesaron por medio de la técnica de la substracción de imágenes, la comparación entre ambas técnicas que se aplicaron, se obtuvo una la escala estuvo basada en : " ningún cambio / cambio" en la apariencia de la superficie en las siguientes categorías:



0. Ningún cambio.
1. Desarrollo de una nueva lesión de caries en esmalte.
2. Desarrollo de una nueva lesión de caries en esmalte y dentina / progresión de la existencia de esmalte en dentina / progresión de una lesión en la dentina.
3. Desarrollo de caries secundaria.
4. Nuevo material de obturación / cambio de restauración.

Este estudio sugiere un nuevo camino de comparación de reproducibilidad en términos de los valores entre los métodos del diagnóstico en estudios clínicos en donde la precisión no puede ser evaluada. El método de substracción puede ser útil en la valoración del comportamiento de la lesión de caries en la clínica.²⁵

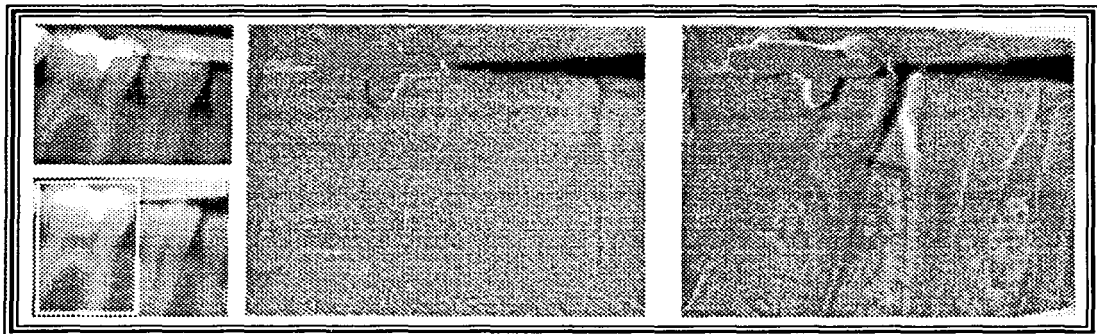
La radiografía digital intraoral se ha introducido dentro de la actividad dental en los últimos años haciendo que se abran nuevas posibilidades para el tratamiento de los pacientes. Al principio de los 80's, la substracción radiográfica digital se fue investigado después de la película radiográfica convencional (Webber H. en 1982). Cuando dos radiografías son registradas con ángulos de proyección idénticos se puede alterar en cierta forma las imágenes obtenidas por medio de la substracción ya que ésta hace una comparación entre ambas radiografías mostrando los cambios que ha tenido durante el tiempo del tratamiento; esta técnica elimina (substracción) las estructuras anatómicas del fondo, y esas áreas son desplegadas en sombras grises neutras en imágenes, mientras esas regiones han sido cambiadas son desplegadas en sombras grises oscuras o claras. La pérdida de áreas del hueso aparecen oscuras mientras que el aumento de las mismas aparecen claras.²⁵



La imagen radiográfica es el método más factible para detectar fácilmente lesiones de caries. La sensibilidad de detención de caries es mejorada por la radiografía en comparación de los exámenes clínicos (exploratorios) ya que la extensión y la profundidad de las lesiones se observan solamente por medio de la radiografía.²⁵

Consecutivamente las radiografías obtenidas son capaces de detectar la progresión, captura el avance o regresión de la lesión cariada y así como de las lesiones óseas.²⁶

Para la detención de caries, la substracción ha sido usada en un limitado número de estudios de laboratorio (Maggio P. en 1990), pero no en estudios clínicos comparando el comportamiento de la lesión en tiempos extraordinarios, es decir, no se ha aplicado en períodos más largos.²⁵



A)

B)

C)

Fig.55 A) Imagen original, seleccionando la zona a estudiar. B) la imagen se amplía y C) la substracción de la imagen ya aplicada.³⁰



El diagnóstico de caries por CADIA ha sido el tópico de extensivas investigaciones, pero acerca de la información de monitoreo de caries con apoyo de la computadora en substracción radiográfica es escasa.²⁶



DISCUSION

La tecnología se ha desarrollado rápidamente, la radiografía dental convencional está siendo mejorada por una evolución en la radiografía digital. En recientes años se ha hecho énfasis en la radiografía digital que involucra la conversión de la película convencional radiográfica en imágenes digitales. Esta fase ha sido útil, ayudando a la investigación y el desarrollo de la radiografía digital que está ahora al frente de la nueva era de la tecnología. Usando esta técnica, las imágenes son aplicadas en la práctica dental ya que, pueden manipularse, así como también refuerza, guarda e intercambia la información para obtener una referencia y otros propósitos, como sería para la investigación a nivel clínico, de laboratorio y práctica privada haciendo que tenga un uso potencial. Además de la exploración clínica y el diagnóstico nos orienta para dar una alternativa al tratamiento y sobre todo que el empleo de esta tecnología nos permite minimizar los recursos económicos y el empleo de menor exposición a los rayos X, por tal motivo también es considerada como una medida ambiental.

Se han mostrado las ventajas potenciales de la substracción de imágenes sobre la radiografía convencional en los cambios que se observan en el hueso y en la cortical, con esta técnica se espera reforzar el diagnóstico y valoración en aquellos cambios de densidad ósea, principalmente en áreas tenues en la región periapical así como las reabsorciones externas que se pueden desencadenar por una inflamación periapical, luxación, lesiones periodontales, etc. Y también su aplicación en tratamientos quirúrgicos endodónticos.

Para conocer más sobre la evolución de enfermedades periodontales, ya que sólo se logra por medio de sondear el nivel de unión entre el tejido



conjuntivo y el diente, así como el efecto de los tratamientos que se realizan para disminuir o si es posible detener su progresión .

Los exámenes radiográficos en relación con la instalación del implante son importantes ya que se quiere diagnosticar los cambios en el tejido del hueso. Un problema para la evaluación de un proceso inflamatorio y de los tejidos óseos adyacentes al injerto utilizando técnicas no invasivas así como la curación y remodelación en etapas tempranas, una pérdida en la altura del hueso tienen una valoración limitada la radiografía convencional en los cambios del hueso alveolar. La técnica de la substracción digital aumenta las posibilidades para un diagnóstico temprano y exacto significativos en un peri-implante y es particularmente valioso en los cambios del peri-injerto donde es de gran interés estudiar los cambios longitudinales en el hueso, también para verificar si realmente se realiza la osteointegración y para obtener parámetros clínicos que ayuden a observar la evaluación del implante en relación a la calidad del hueso alveolar y densidad ósea. En la actualidad se utilizan materiales para restablecer la funcionalidad que se ha perdido por la falta de las piezas debidas a factores externos e internos, pero sobre todo para ver la compatibilidad del material con el organismo.

La substracción de imágenes está enfocada a la valoración de los cambios de densidad presentados en el hueso, mientras que la densidad en los tejidos suaves aún no se han mostrados resultados, pero es cuestión de tiempo para realizarlos.



CONCLUSIONES

La substracción de imágenes es una nueva frontera en la radiología dental. Es probable que el área creciente más rápida de nuestra disciplina, es la radiología bucal, estamos en el principio de una nueva etapa que es muy similar a la revolución que ocurrió en la radiología médica en los tempranos años de los 70's. Con el advenimiento de las tecnologías digitales como la tomografía computarizada y la resonancia magnética la radióloga médica entro en una nueva era.

Las nuevas posibilidades por mejorar las capacidades del diagnóstico utilizando la imagen digital son interminables.

Pero en todo existe inconvenientes uno de ellos que se presentó es que no es fácil de conseguir, así como su precio no es muy accesible para que se utilice en el consultorio dental, es más utilizado a nivel de investigación y a nivel institucional.

Desafortunadamente todas éstas técnicas no han sido aplicadas en el área de la patología, ya que serían de gran utilidad para el diagnóstico de lesiones bucales.

Pero aún así es un método que promete mucho, ya que por medio del contraste, y la factibilidad de eliminar estructuras anatómicas que nos ayuden a obtener una mejor visión del área a examinar.



GLOSARIO

ABSORSIOMETRIA. La medida del grado al que se disipa por completo en un tejido la radiación emitida por un radioisótopo.

ANGIOGRAFÍA. Visualización radiográfica de los vasos sanguíneos, después de la introducción de material de contraste. Se utiliza como material de diagnóstico para situaciones tales como accidentes cerebro vasculares (ictus) e infartos al miocardio.

ARTEFACTO. Sustancia o estructura que no se presenta naturalmente en el tejido vivo, pero que aparece una imagen auténtica en la radiografía.

CRESTA ALVEOLAR. Reborde maxilar que discurre a lo largo de las apófisis alveolares de los huesos maxilares fetales. Cualquier elevación lineal de la corona de un diente que se denomina en función de la superficie en la que se localiza como bucal o lingual, o de alguna de sus características.

CONTRASTE. Diferencias en grados de negrura entre áreas adyacentes en una radiografía.

ENFERMEDAD PERIODONTAL. Un grupo de enfermedades que afecta a los tejidos alrededor de los dientes.

HUESO ALVEOLAR. Lámina fina que forma las prolongaciones de los maxilares superior e inferior, y que rodea y contiene los dientes, se halla perforado por diminutos orificios por donde pasan las fibras nerviosas y los vasos sanguíneos y linfáticos.



HUESO ESPONJOSO. Sustancia ósea compuesta por laminillas delgadas entrecruzadas que se suelen encontrar en el interior del hueso compacto.

PERIAPICE. Tejido que rodea la punta de la raíz de un diente (ligamento periodontal y hueso alveolar).

PERI-INJERTO. Situado alrededor de un injerto.

RESOLUCIÓN. El poder de resolución de un instrumento depende de la longitud de onda de la radiación que se emplea y de la apertura numérica del sistema; se expresa como distancia en micras o como líneas por milímetro. Percepción de dos objetos o puntos adyacentes como entidades separadas.

TEJIDO CONJUNTIVO. Tejido que enlaza y es de sostén de las diversas estructuras del cuerpo. Está constituido por fibroblastos, fibrillas de colágeno y fibrillas elásticas. Se deriva del mesodermo y, en sentido amplio, incluye a los tejidos de colágeno, elástico, mucoso, reticular, óseo y cartilaginoso.



REFERENCIAS

1. Tyndall Donald A. (1990) Digital Subtraction Radiography for Detecting Cortical and Cancellous. Bone in the Periapical Region. J. of Endodontics: 16:4:173-178.
2. Langland E. Olaf. Texto of Dental Radiology. Ed. Charles C. Thomas, Publish. Springfield. Illinois. USA. 1984
3. Wuerhrmann Arthur H. Dental Radiology. fifth edition. The C.V. Mosby Company. St. Louis Toronto. 1981.
4. Brägger U.(1988) Color conversion of alveolar bone density changes in digital subtraction images. J. Clin. Periodontol: 16: 209-214.
5. Dunn S.M. (1993) A comparison of two registration techniques for digital subtraction radiography. Dentomaxillofac. Radiol.: 22 May.
6. Steffensen B. (1989). Correction of density changes caused by methodological errors in CADIA J Periodont. Res: 24: 402-408.
7. Nicopoulou-Karayianni Kety DDS. (1991) Diagnosis of alveolar bone changes with digital subtraction images and conventional radiographs. Oral Surg. Oral Med Oral Pathol: 72: 251-256.
8. Fourmouis I. (1994) Digital image processing .II In vitro quantitative evaluation of soft and hard peri-implant tissue changes.: Clin. Oral Impl. Res: 5: 105-114.
9. Ortman F. Lance. (1982) Relationship Between Alveolar Bone Measured by ¹²⁵ I Absorptiometry With Analysis of Standardized Radiographs: 2. Bjorn Technique: J. Periodontol: 53: 5: May: 311-314.
10. Nicopoulou-Karayianni DDS (1997) Subtraction Radiography in Oral Implantology: The International J. of Periontics & Restorative Dentristry: 17: 3: 221-231



11. Brägger D. (1988) Computer- assisted densitometric image analysis I periodontal radiography. A methodological study: J. Clin Periodontol: 15: 27-37
12. Duckworth J.E. (1983) A Method for the Geometric and Densitometric Standardization of Intraoral Radiographs. J. Periodontol.:50: 435-440.
13. Deas David E. (1991) The Relationship Between Probing Attachment Loss and Computerized Radiographic Analysis in Monitoring Progression of Periodontitis. J. Periodontol : 62: 135-141.
14. Ortman L.F. (1985) Subtraction radiography and computer assisted densitometric analysis of standardized radiographs. A comparison with 125 I absorptiometry: J of Periodontol Res: 20:644-651.
15. Griffiths G.S. (1996) Use of an internal standard in subtraction radiography to assess initial periodontal bone changes. Dentomaxillofac. Radiol: 25:2: 76-81.
16. Webber Richard L.(1982) X- ray image subtraction as a basis for assessment of periodontal changes: J of Periodontal Res: 17: 509-511
17. Kinoshita Shiro. Atlas a color de Periodoncia. Editorial Publicaciones Médicas Barcelona Española 2001.:3
18. Gröndahl Hans Göran (1983) Subtraction radiography for the diagnosis of periodontal bone lesions. Oral Surg.55:2:208-213.
19. Gröndahl Kerstin (1983) Digital subtraction radiography for dignosis of periodontal bone lesions with simulated high-speed systems. Oral Surg: 53:5:313-318.
20. Janssen P.T. M. (1989) The effect of in vivo occurring errors in the reproducibility of radiograpns on the use of the subtraction technique. J Clin Periodontal: 16:53-58.



21. Okano Ohki M. (1988) Contrast-correction method for digital subtraction radiography. J of Periodontol Res:23:277-280.
22. Webber RI. (1990) Calibration errors in digital subtraction radiography. J Periodont Rest; 268-275.
23. Kravitz Les H. (1992) Assessment of External Root Resorption Usig Digital Subtraction Radiography; J of Endodontics: 18: 6:275-284.
24. Raspall Guillermo. Cirugía Oral. Edit. Médica Panamericana España 2000. : 239, 242
25. Wenzal A (2000) Reproducibility in the Assessment of Caries Lesion Behaviour: A Comparison between Convencional Film and Substraction Radiography. Caries Res: 34:214-218.
26. Eberthard J. (2000) Digital Subtraction Radiography for Monitoring Dental Demineralization. Caries Res.34:219-224.
27. Fourmouis I. (1994) Digital image processing. I. Evaluation of gray lever correction methods in vitro. Clin. Oral Impt Res: 5:37-47.
28. Lindhe Jan. Periodontología Clínica e Implantología Odontológica Edit. Médica Panamericana México DF 2000 . :916-924
29. [http://
www.dentlcare.com/soap/journals/pgresrch/posters/iadr97/pp775htm.](http://www.dentlcare.com/soap/journals/pgresrch/posters/iadr97/pp775htm)
30. <http://www.aaomr.org/focusgroups.htm>
31. <http://www.life.rmit.edu.au/mrs/DigitalRadiography/>
32. <http://www.alpatecltd.com./dentistry.htm>