

EL PROGRAMA PARA COMPUTADORA RECIENTEMENTE CONSTRUIDO PARA EL ANALISIS TRIDIMENSIONAL DEL MOVIMIENTO DE LOS DIENTES

Khaled M. Fawzy* Noha E. Sabet** y Ibrahim M. Negm***

TRADUCIDO POR: DRA. MARIA ELENA CAMPOS L.

Resumen:

El propósito de este estudio estuvo encaminado en dos vías paralelas; la primera fue desarrollar un nuevo método tridimensional de imagen 3D del modelo dental, y la segunda fue evaluar su exactitud en analizar los diferentes movimientos dentales presentados por los tres diferentes expansores palatinos (RPE), (A) Expansor palatino de Nitanium 2 (NPE2), (B) Barra palatina compuesta (CPB) y (C) Quad Helix (QH). Treinta niñas egipcias saludables fueron seleccionadas, cada una presentando mordida cruzada posterior uní o bilateral, y que requieran expansión palatina como parte de su tratamiento ortodóncico y luego fueron equitativamente divididas en uno de los tres grupos en la moda aleatoria. Estos grupos fueron divididos de acuerdo al tipo de expansor a utilizar: Grupo A: diez niñas utilizando el expansor palatino de Nitanium 2 (NPE2), Grupo B: diez niñas utilizando la barra palatina compuesta (CPB), Grupo C: diez niñas utilizando el Quad Helix (QH). Cada sujeto fue examinado clínicamente y se tomó un modelo de estudio de diagnóstico ortodóncico. Se tomaron radiografías extra e intraorales. Además de la radiografías panorámica y oclusal, se obtuvieron radiografías cefalométricas laterales y postero anteriores. Un programa de computación 3D fue especialmente diseñado para una evaluación más precisa de los efectos dentales inducidos por los tres tipos de expansores maxilares, para la rotación y extrusión: el análisis de ANOVA mostró que hubo una diferencia estadísticamente significativa entre los tres expansores. El expansor CPB mostró el promedio de la menor diferencia estadísticamente significativa seguida por el NPE2. El expansor QH mostró la diferencia estadísticamente significativa más alta. Con respecto a la inclinación bucal: el análisis de ANOVA mostró que hubo una diferencia estadísticamente significativa entre los tres expansores. No hubo diferencia estadísticamente significativa entre el expansor (NPE2) y (CPB), los cuales mostraron el promedio significativo mas bajo. El expansor QH mostró el promedio estadísticamente significativo más alto. Se concluyó que uno de los resultados exclusivos imperativos a este estudio fue el desarrollo de un nuevo método de imagen 3D de los modelos dentales además del CT y escaneo láser. La confiabilidad de generar imágenes dentales 3D usando imágenes fotográficas de los modelos dentales para el análisis del movimiento dental 3D tiene un alto potencial de investigación en la ortodoncia debido a su habilidad de producir y reproducir datos exactos. Una descripción exacta y comprensiva de los movimientos ortodóncicos dentales en varias situaciones clínicas es mejor evaluada tridimensionalmente. Los expansores NPE2, CPB y QH son capaces de expandir la dentición maxilar y el proceso alveolar y además son capaces de corregir la mordida cruzada posterior.

*Profesor de Ortodoncia. Departamento Dental de Ortodoncia y Pediatría, Facultad de Odontología, Universidad Ain Schams.

**Profesor Asociado de Ortodoncia. Departamento Dental de Ortodoncia y Pediatría, Facultad de Odontología, Universidad Ain Schams.

*** Asistente de Ortodoncia. Departamento Dental de Ortodoncia y Pediatría, Facultad de Odontología, Universidad Ain Schams.

Introducción

Recientes avances en la aplicación de la imagen tridimensional (3D) para propósitos dentales ha hecho posible una medición más precisa de los cambios de la posición dental ^(1,2) Scanners láser son ahora ampliamente usados ahora en ortodoncia y cirugía máxilo facial para la adquisición 3D de los modelos dentales o de cara ^(1,3)

La confiabilidad de generar imágenes dentales 3D usando scanner de superficie láser ha sido investigada, y esos aparatos fueron reportados de tener un gran potencial de investigación en ortodoncia por su habilidad para producir y reproducir datos precisos. La diferencia entre medidas hechas directamente en los modelos dentales y aquellas imágenes reconstruidas por computadora, generadas por un scanner de superficie láser, mostraron que esos aparatos son altamente precisos para el análisis de modelos dentales ^(4, 5)

Las mediciones céfalo métricas y el análisis directo de los modelos solos no pueden proveer una descripción precisa y comprensiva de los movimientos ortodóncicos dentales que ocurren en situaciones clínicas de la expansión maxilar. Como resultado del tratamiento actual son 3D por naturaleza los análisis céfalo métricos y de modelo directo trabajan en dos dimensiones 2D, lo cual significa que los cambios clínicos solo fueron reportados como una proyección 2D de un movimiento 3D en seis grados de libertad, por lo tanto dejando que se perdiera información.

En el año 2003, Virgilio et al., ⁽⁶⁾ usaron un instrumento electromagnético tridimensional (3D) para analizar los efectos del expansor palatino níquel-titanio (NiTi), en seis meses en las estructuras dentales y palatinas en cuatro denticiones primarias (edad promedio 5.8 años), y nueve niños en dentición mixta (edad media 8.7 años), con mordida cruzada posterior unilateral.

Marcas dentales y palatinas estandarizadas fueron digitalizadas; los datos recolectados fueron analizados con modelos geométricos. Durante un intervalo de seis meses el crecimiento natural y desarrollo de los arcos dentales y de los tejidos duros palatinos fueron insignificantes, en la medida de siete niños control (dos en dentición primaria, edad promedio 4.4 años; cinco en dentición mixta, edad promedio 7.7 años).

En todos los niños la mordida cruzada fue completamente corregida. La expansión dental fue más que lo que correspondió a la expansión palatina. Se observó una ligera curvatura palatina en el plano transversal del tamaño-independiente (forma). No se notó diferencia en la altura máxima palatina. Rotación simétrica de los dientes de anclaje en una dirección distal ocurrió en casi todos los niños. La inclinación del eje facial de las coronas clínicas (FACC) en el plano transversal anatómico de esos dientes con diferencias entre la expansión dental y palatina mostraron modificaciones significativas. La altura de la corona clínica de los dientes de anclaje se mantuvo igual en todos los pacientes. No se observó modificación significativa en el tamaño del arco mandibular. Ellos concluyeron que el incremento del ancho del arco maxilar, especialmente en niños jóvenes, era probablemente debido a una combinación de diferentes efectos: apertura de la sutura media palatina, inclinación del proceso alveolar y la inclinación molar.

Nancy L. Oliveira et. al. (2004) ⁽⁷⁾ usaron una técnica de escaneo de superficie láser tridimensional y análisis de modelos computarizados, agregado al análisis cefalométricos antero-posterior, para medir los cambios morfológicos del paladar en dos clases de expansores: de tejido (Haas) y dental (Hyrax). Los análisis de los modelos demostraron que, aunque todos los pacientes iniciaron el tratamiento con mal oclusiones similares, los resultados fueron diferentes dependiendo del aparato usado. Ambos aparatos generaron expansión maxilar.

Sin embargo, los aparatos se desempeñaron de manera diferente para lograr la expansión final. Los aparatos Haas demostraron un gran moviendo ortopédico (ej. Mejora de la distancia interpalatina promedio), y los aparatos Hyrax demostraron expansión dento alveolar, ya que aumentaron la angulación palatina promedio de los alvéolos. El análisis céfalo métrico antero posterior mostró que ambos aparatos aumentaron significativamente el ancho maxilar promedio y la distancia interpolar.

En el año 2007 Podesser B. et. al. ⁽⁸⁾, evaluaron los efectos de la expansión maxilar rápida en niños en crecimiento, usando el escaneo de tomografía computarizada. Los cambios fueron evaluados antes y después del tratamiento del escaneo tomo gráfico computarizado usando un protocolo de baja dosis. Sus resultados demostraron un efecto claro inducido por los aparatos en todos los pacientes, aunque la contribución relativa de los cambios dentales, alveolares y esqueléticos variaron de un sujeto a otro. La expansión promedio, medida en la coronas de la molares fue 3.6 mm, mientras que la apertura actual de la sutura, que era el objetivo principal del RME fue tan baja como 1.6 mm.

Marini et. al. (2007) ⁽⁹⁾ midieron los cambios dimensionales antes y después de la expansión maxilar rápida (RME) por una técnica digital foto gramétrica. Los diámetros transversos y las variaciones volumétricas del paladar fueron medidas por fotogrametría en los modelos de estudio tomados en tres diferentes fases de la terapia: al inicio del tratamiento (T1), al remover el expansor rápido, después de la expansión y remoción por tres meses (T2), y seis meses después de remover el aparato (T3), sus resultados demostraron recidiva significativa ($P < 0.001$) en el diámetro transversal en todos los pacientes seis meses después de remover el aparato, aunque el volumen palatino permaneció estable.

Aunque el propósito de este estudio era en dos vías paralela: la primera era desarrollar un nuevo método para imágenes tridimensionales de los modelos dentales, y la segunda era evaluar su exactitud en el análisis de diferentes movimientos dentales, presentados por tres diferentes expansores palatinos (RPE), (A) Expansor palatino de Nitanium 2 (NPE2), (B) Barra compuesta palatina (CPB) y (C) Quad Helix (QH), entonces la adquisición de imágenes de modelos 3D fue hecha por imágenes fotográficas para los modelos dentales de cuatro posiciones estandarizadas predefinidas. Esas imágenes fueron entonces alimentadas a un software 3D de computadora hecho a la medida para el comprador que proveerá un análisis 3D del movimiento de los dientes después de la expansión maxilar lenta utilizando los tres diferentes expansores.

MATERIALES Y METODOS

Este estudio consistió de treinta niñas egipcias saludables presentando mordida cruzada posterior unilateral o bilateral, y requirió expansión palatina como parte del tratamiento

ortodóncico general. Los pacientes fueron seleccionados y tratados como pacientes externos del departamento de Ortodoncia, Facultad de Odontología, Universidad Aim Shams.

Los criterios considerados para ser sujetos de selección en este estudio fueron los siguientes:

- Todos los sujetos se encontraban en la etapa temprana de dentición permanente.
- Todos los sujetos tenían mordida cruzada posterior unilateral o bilateral, involucrando por lo menos al primer molar permanente.
- Todos los sujetos tenían una mandíbula normal.
- Todos los sujetos no tuvieron ningún tratamiento ortodóncico previo.
- Todos los sujetos estaban libres de cualquier enfermedad sistémica que afectara el crecimiento cráneo- facial, enfermedad periodontal previa y patología dental.

Los sujetos estaban igualmente divididos en uno de tres grupos, en una moda aleatoria. Estos grupos estaban clasificados de acuerdo al tipo de expansor utilizado:

- Grupo A: diez niñas utilizando el expansor palatino de Nitanium 2 (NPE2), cuya edad promedio era 13.3 años.
- Grupo B: diez niñas utilizando la Barra compuesta palatina (CPB), cuya edad promedio era 14.2 años.
- Grupo C: diez niñas utilizando el Quad Helix (QH), cuya edad promedio era 13.7 años.

Los registros de la base de datos del pre-tratamiento, Post expansión y post retención:

Cada sujeto fue clínicamente examinado y un modelo de estudio de diagnóstico ortodóncico fue tomado. Fueron tomadas fotografías extra e intra orales. Además de la radiografías panorámica y oclusal, radiografías cefalométricas laterales y postero anterior fueron tomadas.

Todos los registros arriba mencionados fueron tomados para cada sujeto antes del tratamiento (T1), después del tratamiento de expansión (T2) excepto para la radiografía panorámica y oclusal, y después de un período de tres meses de retención (T3), excepto para la radiografías oclusales.

Antes del estudio todos los padres de los sujetos dieron su consentimiento informado, después de recibir una explicación completa del propósito y diseño de este estudio, para los registros radiológicos adicionales requeridos. El comité de ética local aprobó el protocolo de estudio.

Diferentes tipos de expansores maxilares lentos utilizados

(A) Expansor palatino de Nitanium 2 (NPE2)*

*Ortho Organizers, INC, USA

Diseño del expansor y propiedades:

El NPE2 incorpora (a) una barra de NiTi de 0.036" con un loop central, (b) un aditamento lingual innovador, (c) brazos de Ortholoy de 0.036", y (d) loops en molares para ajuste uní o bilateral Fig. 1. Una indentación de seguro en el aditamento lingual asegura el aparato firmemente a la banda molar maxilar. Para prevenir la remoción o desalojo accidental, el aparato fue también amarrado con ligaduras.

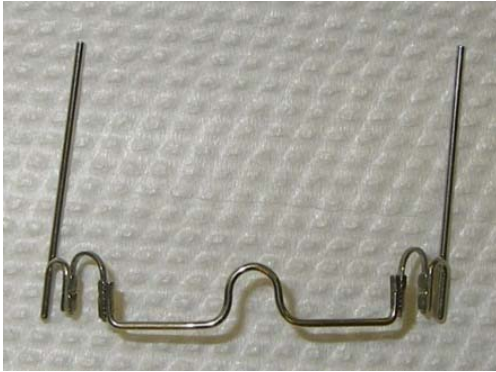


Fig. 1 Expansor palatino de Nitanium 2 (NPE2)

(B) Barra compuesta palatina SE (CPB)**

Diseño del expansor y propiedades:

El CPB incorpora (a) una barra de SS de 0.036" con un loop central, (b) un aditamento lingual, (c) brazos SS de 0.036", y (d) loops molares laterales para ajustes uní o bilaterales. Además (e) dos loops de NiTi súper elásticos fig. 2. Una indentación de seguro en el aditamento lingual asegura el aparato firmemente a la banda molar maxilar. Para prevenir la remoción o desalojo accidental, el aparato fue también amarrado con ligaduras.

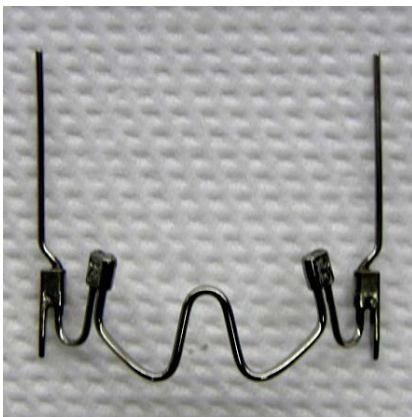


Fig. 2 Barra compuesta palatina (CPB)

** Forestadent, Alemania

(C) Quad Helix (QH)

Diseño del expansor y propiedades:

El QH fue prefabricado de un alambre SS de 0.036". Este incorpora cuatro hélices, (a) dos anteriores y (b) dos posteriores. También incorpora (c) un puente anterior, (d) dos brazos laterales interiores, (e) aditamentos linguales, y (f) dos brazos de extensión exterior para ajuste unilateral y bilateral. Una indentación de seguro en el aditamento lingual asegura el aparato firmemente a la banda molar maxilar. Para prevenir la remoción o desalojo accidental, el aparato fue también amarrado con ligaduras.



Fig. (3) Quad Helix

Análisis tridimensional (3D)

Un programa de computadora 3D fue especialmente diseñado para evaluación más precisa de los efectos dentales inducidos por los tres tipos de expansores maxilares (NPE2, CPB, y QH). El programa de computadora fue hecho a la medida con la consideración que este debería ser superior o igual en precisión a los métodos estándar. Con objeto de ejecutar un análisis 3D de nuestros casos de pretratamiento (T1) post expansión (T2) y post retención (T3) los siguientes datos fueron recopilados: Un dato de vector 3D digitalización de los modelos de estudio, donde cada punto de interés fue definido por sus coordenadas en el espacio x, y, z. Además de un plano superpuesto (tres puntos) al cual serían relativamente comparados los cambios dentales.

Pasos para la construcción del programa de computadora 3D

Los datos 3D fueron estructurados digitalizando múltiples imágenes de cada modelo. Con objeto de sentir el factor profundidad, el cual da los efectos 3D; nuestro sistema visual (los ojos) dibuja una proyección en perspectiva de cualquier imagen en la retina. Los objetos lejanos aparentan ser tan pequeños como llegan a ser. Dos líneas paralelas parecerían ser un único punto en la medida en que se desvanecen en el horizonte.

Matemáticamente, eso significa que cada punto en su geometría original fue multiplicado por cierta matriz para producir un punto correcto en nueva perspectiva, y viceversa. Esos puntos deberían ser proyectados en un plano visual, que era 2D en naturaleza (plano de imagen, monitor de computadora) como un conjunto de puntos 2D. Fig. 4 (a y b).

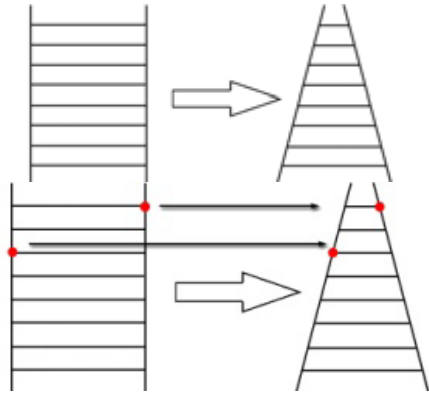


Fig. 4(a) y (b) Un diagrama esquemático representando una proyección de imágenes en perspectiva.

Con objeto de reproducir la geometría original del modelo de estudio, desde una imagen corregida de una perspectiva de proyección 2D, la imagen tenía que ser no proyectarle. Fig. 5 (a & b).

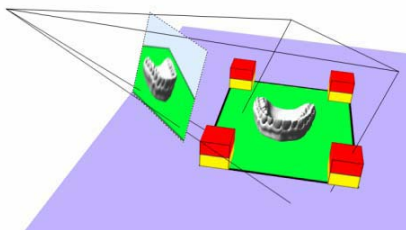


Fig. 5(a) Imagen 2D del modelo de estudio con una perspectiva de proyección correcta.

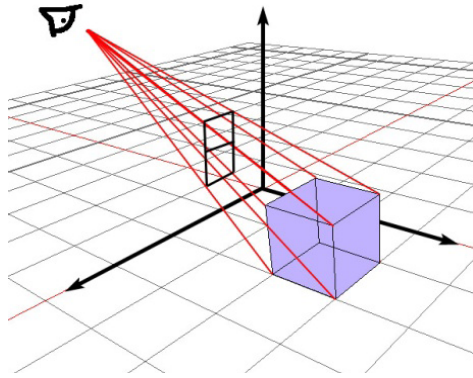


Fig. 5(b) Reproducibilidad de la geometría original por la vía de no proyección.

Con el objeto de no proyectar la imagen, las matrices originales usadas para producir la imagen fueron reconstruidas. Esas matrices estaban en relación directa con la óptica de la cámara, y la posición y orientación correspondiente al modelo de estudio. El acercamiento utilizado para la recolección de los datos 3D fue el desarrollo de una técnica flexible en el ensayo de simplificar el método de adquisición 3D. Los métodos actualmente disponibles son dos: láser o escaneo CT, los cuales son costosos, complicados y no están disponibles inmediatamente, por lo tanto, el desarrollo de una nueva técnica flexible, en la cual la relación de todos los parámetros fue con la intención de la adquisición de imágenes en una perspectiva 3D.

Los elementos de la matriz fueron inferidos utilizando múltiples imágenes, desde múltiples direcciones Fig. (6). La calibración visual fue hecha identificando algunos puntos fijos en todas las imágenes Fig. (7).

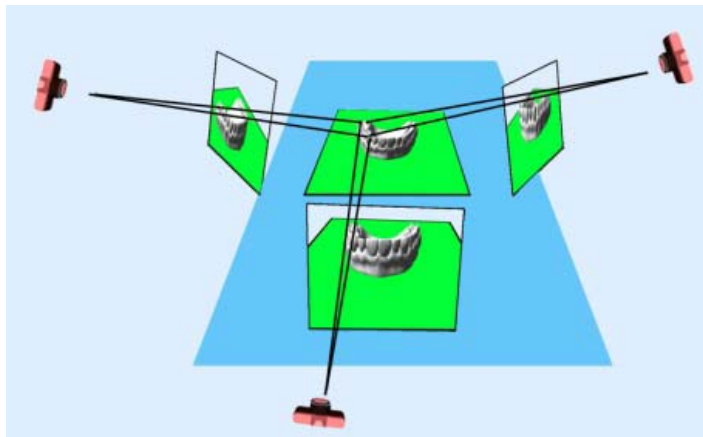


Fig. (6) Un diagrama para múltiples imágenes desde múltiples direcciones.

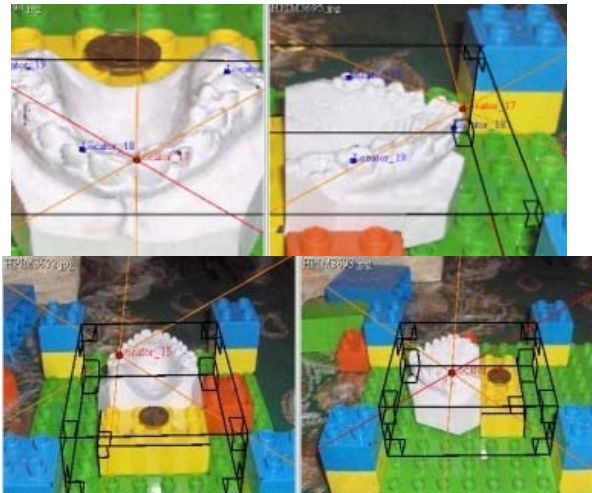


Fig. (7) Una calibración visual por identificación de puntos fijos.

Para facilitar el proceso predefinido de calibración, ángulos de 90° fueron usados durante la adquisición fotográfica. Identificando ángulos de 90° aumento significativamente la exactitud del proceso. Fig. 8

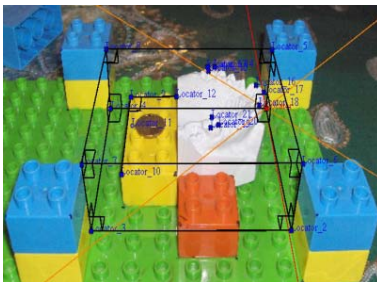


Fig. (8) Ángulos de 90° predefinidos

Después de la calibración un software de computadora ¹ para imágenes-modelos fue usado en el proceso para proveer las coordenadas necesarias 3D de los puntos requeridos.

Un programa fue especialmente desarrollado para usar esas coordenadas 3D y reproducir un triángulo 3D, representando los primeros molares permanentes maxilares, en las posiciones y orientaciones correctas, con vértices en los siguientes puntos: Fig. (9)

- Cúspide disto bucal
- Cúspide mesio bucal
- Cúspide mesio palatina

El programa también uso las coordinas 3D para reproducir otro triángulo 3D representado la sobreimposición del plano anterior, con los vértices en los siguientes puntos: Fig. (9)

- Puntos de contactos mesiales del U1
- Puntos medios del borde incisal del U2 bilateralmente

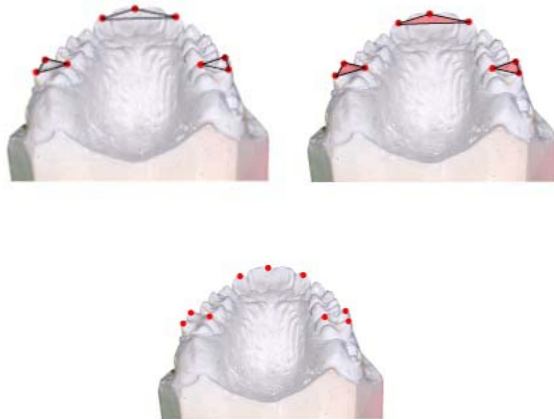


Fig. (9) Vértices, coordenadas 3D, triángulos 3D.

Un avatar (un modelo genérico de molar 3D) representado el primer molar permanente del maxilar, fue elaborado a escala y orientado con el triángulo, para dar una pista visual a los movimientos 3D a T1, T2 y T3. Fig. (10).

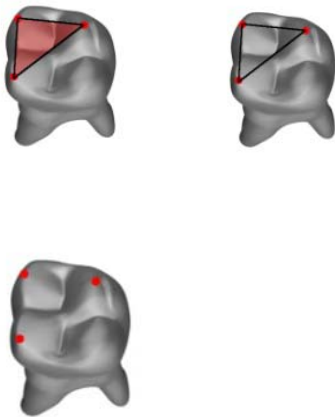


Fig. (10) Un avatar a escala (un modelo genérico de molar 3D).

¹ Cycore REALVIZ ImageModeler technology, San Mateo, Calif. And Sophia Antipolis, France.

Para asegurar el apropiado reporte de dimensiones una medida conocida fue alimentada al programa para orientar las unidades en el espacio del mundo virtual a las unidades del espacio del mundo real. Fig. 11



Fig. (11) Medida conocida alimentada al programa.

El programa calculo los planos de referencia, y luego automáticamente super impuso los modelos de estudio del pre- tratamiento y post-expansión sobre el plano unificado. Los resultados fueron desplegados como una escena 3D interactiva. Fig. 12.

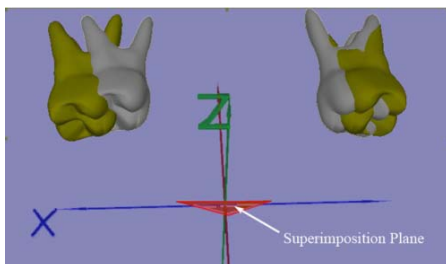


Fig. 12. Superimposición de los modelos de estudio del pre-tratamiento y post-expansión sobre el plano unificado.

La escena 3D resultante mostró los 6° reales de movimiento de libertad para el molar, producidos por cada expansor.

El sistema adoptado en este estudio tiene un error de 1/100 de milímetros. Eso fue detectado midiendo la distancia conocida entre dos puntos específicos seleccionados, la cual era de 95 mm., y luego comparándola con la misma medida reportada por el sistema, la cual era 94.98 mm., con un error de 0.02mm. Fig. (13)

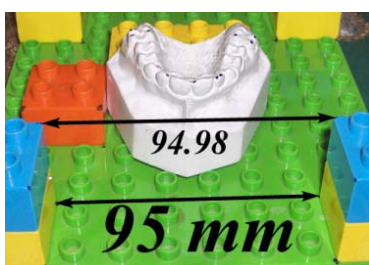


Fig. (13) Detección de error en el sistema.

Evaluación de los resultados del tratamiento en 3D:

Todas las medidas fueron realizadas en dos niveles: proyecciones individuales de cada punto en los tres ejes de coordenadas.

- El centro de masa para el triángulo oclusal.

El centro de masa para el triángulo oclusal dio un estimado de los movimientos dentales en general, inclinación, traslación, y rotación. La proyección de los puntos individuales dio los movimientos exactos para el punto en cada eje (x, y, z) Fig. (14)

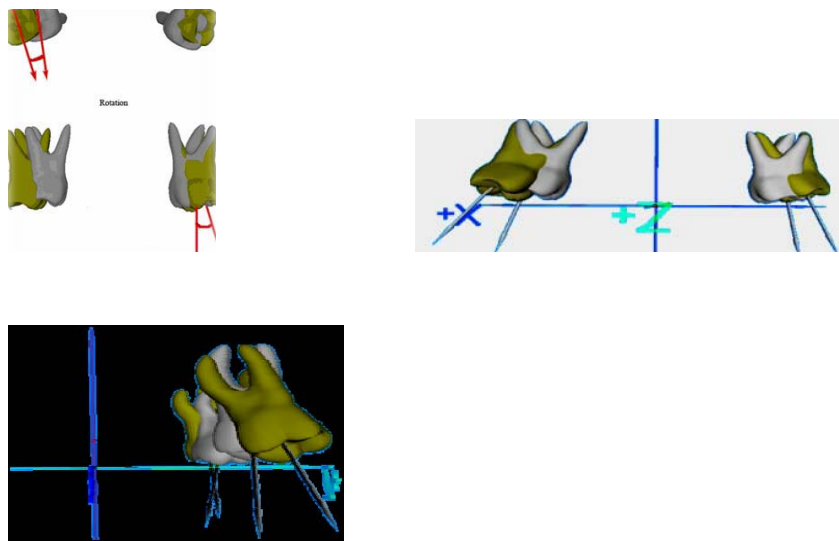


Fig. (14) Evaluación de la rotación e inclinación bucal en grados.

Análisis Estadístico.

Los resultados fueron presentados como promedio y los valores de desviación estándar. Una sola vía de ANOVA (Análisis de Varianza) fue usada para comparar entre los promedios de los tres grupos. La prueba Duncan post-hoc fue usada para comparar en parejas entre el promedio, cuando la prueba ANOVA era significativa.

Resultados.

Los valores del promedio, la desviación estándar (SD), el error estándar (SE) para la rotación, extrusión e inclinación bucal para los primeros molares del maxilar que ocurrieron con los tres expansores usados en este estudio. Los resultados de las pruebas de ANOVA y Duncan son presentadas en la siguiente tabla (1) y figura 16 (a y b):

Tabla 1. El promedio, desviación estándar (SD), error estándar (SE), pruebas ANOVA y Duncan para la rotación, extrusión e inclinación bucal de los primeros molares del maxilar para los tres expansores.

Appliance Movement	NPE2 (n =5)			CPB (n =5)			QH (n =5)			f-value	P-value
	Mean	SD	SE	Mean	SD	SE	Mean	SD	SE		
Rotation	13.6 ^b	1.8	0.8	11.2 ^a	1.6	0.7	25.8 ^c	1.3	0.6	119.403	<0.001*
Extrusion	1.7 ^b	0.3	0.1	1 ^a	0.3	0.1	2.7 ^c	0.6	0.2	20.776	<0.001*
Buccal tipping	4.8 ^a	0.8	0.4	3 ^a	1	0.4	22 ^b	1.9	0.8	317.346	<0.001*

SD= Desviación estándar

***= P < 0.001 significativa**

SE= Error estándar

Rotación y extrusión:

La prueba ANOVA mostró que había una diferencia estadísticamente significativa entre los tres expansores. El expansor CPB mostró el promedio estadísticamente significativo más bajo seguido por NPE2. El expansor QH mostró el promedio estadísticamente significativo más alto.

Inclinación Bucal:

La prueba ANOVA mostró que había una diferencia estadísticamente significativa entre los tres expansores. No había diferencia estadísticamente significativa entre los expansores (NPE2) y (CPB), los cuales mostraron los promedios estadísticamente significativos más bajos. El expansor QH mostró el promedio estadísticamente significativo más alto.

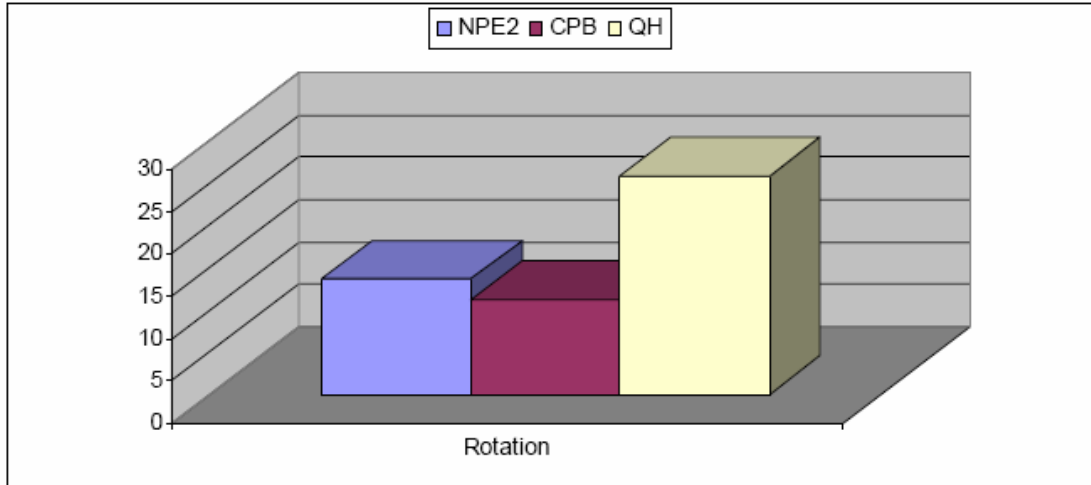


Fig. 16 (a) Promedio de las medidas de rotación de los tres grupos.

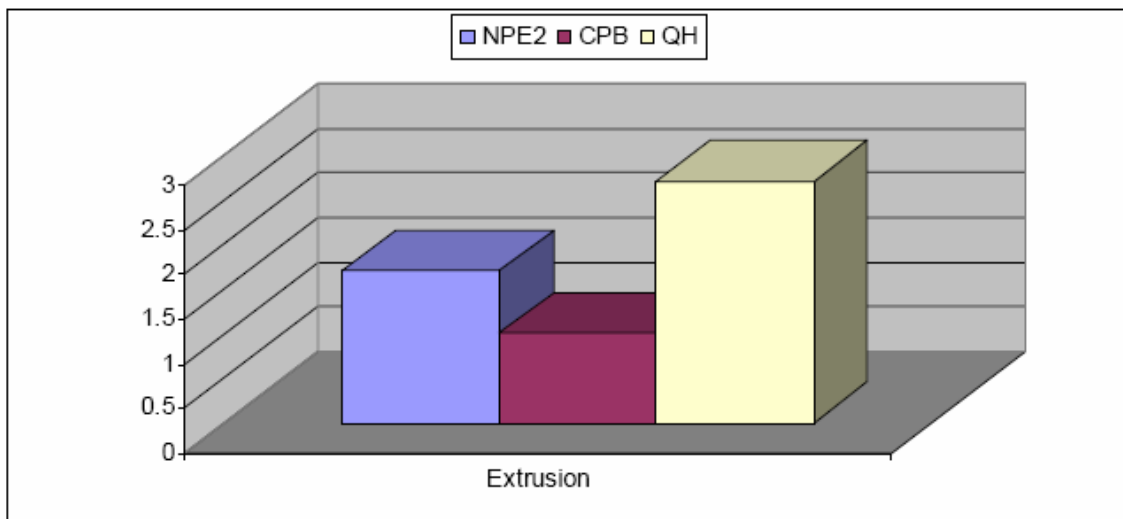


Fig.16 (b) Promedio de las medidas de extrusión de los tres grupos.

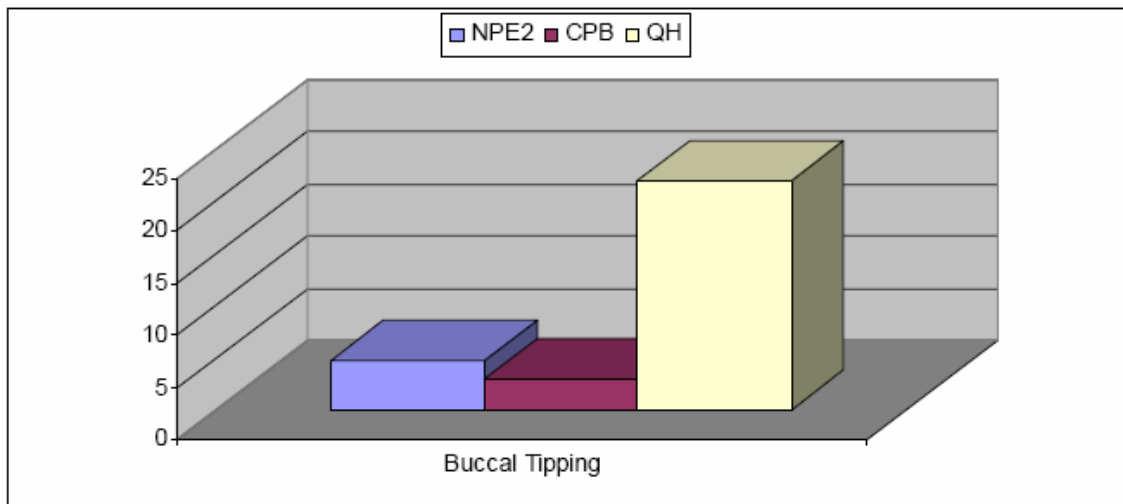


Fig. 16 (c) Promedio de las medidas de la inclinación bucal de los tres grupos.

Discusión

Esta obra fue dedicada a desarrollar un nuevo método para imágenes tridimensionales 3D de los modelos dentales, y para evaluar su exactitud en el análisis de los diferentes movimientos dentales presentados por tres expansores palatinos diferentes (RPE), (A) Expansor Palatino de Nitanium 2 (NPE2), (B) Barra Compuesta Palatina (CPB) y (C) Quad Helix (QH). Aunque la adquisición de las imágenes 3D para modelos fue hecha por imágenes fotográficas de los modelos dentales desde cuatro posiciones predefinidas estandarizadas. Esas imágenes fueron alimentadas aun un software de computadoras 3D hecho a la medida, que generó un análisis 3D de los movimientos dentales después de la expansión maxilar lenta utilizando los tres diferentes expansores.

El resultado con gran cantidad de valores fue la diferencia estadísticamente significativa incluida en los tres expansores como referencia a los movimientos rotacionales de los primeros molares del maxilar. El expansor CPB mostró la menor cantidad de rotación seguido por NPE2 mientras que el expansor QH tuvo el más alto grado de rotación, tabla (1) y Fig. (16-a).

Esos resultados están sincronizados con aquellos encontrados por Marzban y Nanda,⁽¹⁰⁾ Ciambotti et al,⁽¹¹⁾ y Sander et. al.⁽¹²⁾ El principio fundamental podría ser la fuerza de deflexión y la rigidez del metal. La fuerza de deflexión de CPB fue previamente examinada por Sander et.al.⁽¹²⁾ por tener 0.05Nx mm, mientras que para el QH 3Nx mm. El expansor CPB mostró la cantidad notablemente más baja del trayecto de extrusión que el NPB2. El expansor QH genero la extrusión drásticamente más alta, tabla (1) y fig. (16-b). La explicación razonable podría ser que el CPB produjo las fuerzas y momentos más bajos, los cuales fueron atribuidos al diseño y posición del elemento NiTi súper elástico tal como lo afirmo Sander⁽¹²⁾, mientras que la rigidez del acero inoxidable condujo al QH a transmitir fuerzas y momentos excesivos^(13,14).

La inclinación efectiva real fue encontrada en los primeros molares del maxilar en todos lo grupos. No existía diferencia estadísticamente significativa entre los expansores NPE2 y CPB, los cuales mostraron los promedios más bajos. El expansor QH mostró el promedio estadísticamente significativo más alto (Tabla 1) y fig. (16-c). Ese fue el

resultado de las más elevadas fuerzas y momentos en el grupo QH. Mientras que las fuerzas y momentos más bajos del CPB fueron atribuidos al diseño y posición del elemento NiTi súper elástico. Esos resultados son contemporáneos con aquellos encontrados por Marzban y Nanda⁽¹⁰⁾, Ciambotti et. al,⁽¹¹⁾ y Sander et. al⁽¹²⁾.

Hicks⁽¹⁵⁾ y Cotton⁽¹⁶⁾ reportaron de 2 a 24° de inclinación bucal molar con el uso de aparatos de expansión lenta. Marzban y Nanda⁽¹⁰⁾ y Ciambotti et. al⁽¹¹⁾ determinaron las diferentes cantidades de inclinación molar bucal con el uso del NPE. Herold⁽¹⁷⁾ encontró que la mínima inclinación bucal de los molares ocurría con el RPE y que se observaba más inclinación bucal con la expansión lenta. Varios investigadores establecen que con cualquier procedimiento de expansión, era necesaria la sobre expansión para compensar la tendencia de los dientes posteriores a regresar a su inclinación axial del pre tratamiento^(15, 18,19).

Conclusiones

- Uno de los resultados imperativos exclusivo para este estudio, fue el desarrollo de un nuevo método de imágenes 3D para modelos dentales además del CT y el escaneo láser.
- La confiabilidad de generar imágenes dentales 3D usando imágenes fotográficas de los modelos dentales para el análisis de los movimientos dentales 3D tiene un gran potencial de investigación en ortodoncia por su habilidad de producir datos exactos y reproducibles.
- Una descripción precisa y resumida de los movimientos dentales en ortodoncia en varios casos clínicos es mejor evaluada tridimensionalmente.
- Los expansores NPE2, CPB y QH son capaces de expandir la dentición maxilar y el proceso alveolar y son igualmente capaces de corregir la mordida cruzada anterior.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Dr. Ahmed ABD El Hameed maestro de la ciencia de la computación en el departamento de ciencias de la computación, a la Academia El Shorouk por su valiosa ayuda en la construcción del software de la computadora.

Referencia

1. Kuroda T, Motohashi N, Tominanga R, Iwata K. Three-dimensional dental cast analyzing system using laser scanning. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996; 110:365–369.
2. Motohashi N, Kuroda T. A 3D computer-aided design system applied to diagnosis and treatment planning in orthodontics and orthognathic surgery. *Eur J Orthod.* 1999; 21:263–274.
3. Papadopoulos MA, Christou PK, Athanasiou AE, Boettcher P, Zeilhofer HF, Sader R, Papadopoulos NA. Three-dimensional craniofacial reconstruction imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002; 93:382–393.

4. Hirogaki Y, Sohmura T, Satoh H, Takahashi J, Takada K. Complete 3-D reconstruction of dental cast shape using perceptual grouping. *IEEE Trans Med Imaging*. 2001; 20:1093–1101
5. Almeida MA, Phillips C, Kula K, Tulloch C. Stability of the palatal rugae as landmarks for analysis of dental casts. *Angle Orthod*. 1995; 65:43–48.
6. Virgilio F, Ferrario, Giovanna Garattini, Anna Colombo, Vittorio Filippi, Silvio, Pozzoli and Chiarella Sforza. Quantitative effects of a nickel-titanium palatal expander on skeletal and dental structures in the primary and mixed dentition: *Eur J Orthod*.2003; 25:401–410.
7. Nanci L. Oliverira, Adriana C. Da Silveira, Budi Kusnoto, and Grace Viana: Three-dimensional assessment of morphologic changes of the maxilla:A comparison of 2 kinds of palatal expanders. *Am J Orthod*. 2004; 126:354-62.
8. Podesser B, Williams S, Crismani AG, Bantleon HP Evaluation of the effects of rapid maxillary expansion in growing children using computer tomography scanning: a pilot study. *Eur J Orthod*. 2007; 29(1):37-44.
9. Marini I, Bonetti GA, Achilli V, Salemi G. A photogrammetric technique for the analysis of palatal three-dimensional changes during rapid maxillary expansion. *Eur J Orthod*. 2007; 29(1):26-30.
10. Marzban R, Nanda R. Slow maxillary expansion with nickel titanium. *J Clin Orthod*. 1999; 33:431–441.
11. Ciambotti C, Ngan P, Durkee M, Kohli K, Kim HA comparison of dental and dentoalveolar changes between rapid palatal expansion and nickel-titanium palatal expansion appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*.2001; 119:11-20.
12. Sander C., Wichelhaus A., Franz S. Development and biomechanical investigation of a new compound palatal arch. *J Orofac Orthop*. 2004; 65:104-22.
13. W L. Wilson, R C. Wilson, D Modular 3D Lingual Appliances Part 1 Quad Helix. *J. Clin. Orthod*. 1983; 17:761 -766.
14. Donohue VE, Marshman LA, Winchester LJ. A clinical comparison of the quad helix appliance and the nickel titanium (tandem loop) palatal expander: a preliminary, prospective investigation. *Eur J Orthod*. 2004; 26(4):411-20.
15. Hicks, E. P.: Slow maxillary expansion: A clinical study of the skeletal versus dental response to low-magnitude force, *Am. J. Orthod Dentofacial Orthop*.1978; 73: 121- 141.
16. Cotton LA. Slow maxillary expansion: skeletal versus dental response to low magnitude force in *Macaca Mulatta*. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1978; 73:1–22.
17. Herold JS. Maxillary expansion: a retrospective study of three methods of expansion and their long term sequelae. *Br J Orthod*. 1989; 16:195-200.
18. Isaacson RJ, Murphy TD. Some effects of rapid maxillary expansion in cleft lip and palate patients. *Angle Orthod*. 1964; 34:143–154.
19. Storey E. The nature of tooth movement. *Am J Orthod. Dentofacial Orthop*.1973; 63:292–314.

