

31444



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

PROMEDIO DE ÁREAS RADICULARES

T E S I S
QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL DIPLOMA DE
ESPECIALISTA EN ORTODONCIA.
P R E S E N T A:
JUAN ALBERTO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ



NOVIEMBRE DE 2004



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.

NOVIEMBRE DE 2004



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

PROMEDIO DE ÁREAS RADICULARES

T E S I S
QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL DIPLOMA DE
ESPECIALISTA EN ORTODONCIA.
P R E S E N T A:
JUAN ALBERTO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

A S E S O R
MTRO. JAIME ITO ARAI

COORDINADORA DE POSGRADO
C.D. ROSSANA SENTIES CASTELLA

NOVIEMBRE DE 2004

AGRADECIMIENTOS

A mi esposa por tanto amor y comprensión, gracias Clara.

A mis padres por los valores que me han inculcado, el apoyo y confianza para hacer posible esto, les agradezco infinitamente.

A mis hermanos por estar conmigo y auxiliarme con una ayuda desinteresada, ¡mil gracias! .

A mi asesor por la disposición, aconsejarme y guiarme amablemente le doy gracias.

A mis profesores de ayer y hoy, por sus enseñanzas, muchas gracias.

A los sinodales por la atención y amabilidad de leer mi tesis

INDICE

RESUMEN.....	2
INTRODUCCIÓN	4
MARCO TEORICO.....	5
MATERIAL.....	23
METODOLOGÍA.....	24
RESULTADOS.....	28
DISCUSIÓN.....	34
CONCLUSIONES.....	36
BIBLIOGRAFIA.....	37

RESUMEN

El movimiento ortodóntico de los dientes se produce como resultado de la respuesta biológica y fisiológica a las fuerzas aplicadas por los procedimientos mecánicos. Por lo tanto, cuando se diseñan distintos aparatos, es importante evaluar las fuerzas que ellos generan. En el movimiento dental existen muchas variables tales como la densidad ósea, magnitud y distribución de la fuerza, además la cantidad de área de superficie radicular, esto debido a que las raíces de los dientes tienen diferentes longitudes y configuraciones. Es obvio que las raíces más pequeñas tienen una superficie radicular menor en contacto con el hueso que las raíces más grandes así mismo en ortodoncia nos es útil conocer la cantidad de superficie de área radicular proyectada en el hueso hacia la dirección del movimiento deseado para calcular la resistencia que va a ofrecer cada raíz.

El estudio se realizó en dientes extraídos incluyendo la totalidad de órganos dentarios de ambas arcadas, excepto los terceros molares con una muestra total de 200 dientes, siendo aproximadamente 14 de cada uno. Se utilizó un calibrador digital (tipo Vernier) para medir la superficie frontal y lateral de cada una de las raíces de los dientes incluidos en la muestra. La fórmula utilizada para obtener el área fue la del trapecio por ser una forma similar a las superficies radiculares. Los resultados mostraron la variabilidad en la cantidad de la superficie del área radicular entre un mismo tipo de dientes y sus diferentes caras de la raíz, además de la diferencia del área radicular que existe entre dientes de distinto tipo. Los resultados obtenidos conducen a la apertura de varias líneas de investigación siendo una de ellas el área radicular específica de los dientes de cada paciente.

Palabras Clave: área radicular, superficie radicular y movimiento ortodóntico,

SUMMARY

The orthodontic movement from teeth is produced as a result of a physiological and biological answer from some forces applied to mechanical procedures although when so many articles are designed, is important to evaluate the power that these ones generate. In the teeth movement exist many variables as bony density, enlargement and force distribution, quantity of root surface and all this because teeth's roots have different lengths and configurations. Is more than obvious than the smaller roots have enough root surface to be in contact with the bone less than bigger roots although in orthodontics is very useful to know the quantity of surface in root area that has each bone proyected to the movement way wished to calculate the resistance that every root has to offer.

This study was realized in some extracted teeth including its total dentistry organs from both arcades, except in the third molars these give us a total of 200 teeth, being approximately 14 of eachself. It was used a digital gauge (Vernier tipe) to measure the frontal surface and side ones from roots of teeth include in the sample. The formula used to obtain the area was the trapezium one cause is a similar shape of root surfaces the results show the variability in quantity from the surface in root area between a same kind of teeth and the rest of them this obtained results agreed to open several lines of investigation being one of them the root specific area in every patient teeth.

Key words: Root area, Root surface and Orthodontic movement.

INTRODUCCIÓN

La variación de la cantidad en la superficie de área radicular debe considerarse como un elemento importante para el tratamiento dental. En ortodoncia nos es útil conocer el área radicular ya que podemos aplicar fuerzas adecuada para el movimiento del diente. De forma similar en prótesis, periodoncia y endodoncia, el tamaño de la superficie de área radicular es un factor decisivo para la toma de decisiones en el tratamiento.¹

El movimiento ortodóntico es el resultado de la aplicación de fuerzas a los dientes. Estas fuerzas son producidas por los aparatos (alambres, brackets, elásticos, etc.) insertados y activados por el profesional. Los dientes y sus estructuras de sostén asociadas responden a estas fuerzas con una reacción biológica compleja que, en última instancia, da por resultado el movimiento del diente a través del hueso,² otro aspecto importante que por lo regular no se menciona es el que se describe en esta investigación la cantidad de superficie de área radicular de cada diente que es la que se comprime contra el hueso en el movimiento ortodontico ya que dependiendo del diente y de que movimiento se vaya a realizar nos es útil saber que cantidad de superficie radicular es la que se esta comprimiendo contra el hueso debido a la diferencia de superficie de área radicular que existe entre las caras de una misma raíz a parte de la diversidad de tamaño radicular entre cada uno de los dientes para obtener una respuesta biológica precisa, se deberían aplicar estímulos precisos.

La complejidad y la variabilidad asociadas con los sistemas biológicos alientan la precisión clínica en la aplicación de todo estímulo para minimizar o eliminar los factores indeseables, y reducir la variabilidad de la respuesta al tratamiento.

Los ortodoncistas conocen el amplio rango de tamaño y forma de las raíces dentales, esta variación tiene un efecto sobre su capacidad para tolerar la carga funcional y fuerzas ortodónticas. A pesar de la importancia del tamaño y forma radicular, muchas veces no se le toma en cuenta, por lo que se decidió realizar un estudio que permita al especialista, de una manera práctica, medir el área radicular de cada uno de los dientes. El mismo estudio proporcionó un promedio de superficie de áreas radiculares.

En la literatura, concerniente al cálculo del área radicular, se encuentran algunos métodos para determinar el área radicular siendo éstos muy elaborados y la mayoría no enfocados a la ortodoncia.

Algunos reportes de la medición del área radicular aparecen desde 1950 con Robert Brown³ el cual propuso un método para la determinación del área de la superficie radicular aplicó látex líquido sobre la raíz de cada diente con un pincel y permitió endurecer, después usó una navaja para cortar la cobertura de la raíz por un lado y la capa de látex se desprende como una cáscara y se extiende en papel milimétrico, donde se cuentan los milímetros cuadrados cubiertos.

Emplearon solo incisivos centrales superiores debido a que el método de medición del área de la superficie de raíces irregulares se les complico.

Las mediciones que obtuvieron se presentan a continuación:

1.- La longitud de la raíz desde la unión amelocementaria hasta el ápice .

Hay una variación en la longitud de la raíz de 11 mm a 15 mm, con una diferencia del 38 %

2.- El área de la superficie de toda la raíz; desde la unión amelocementaria hasta el ápice (tabla 1).

<i>INCISIVOS CENTRALES SUPERIORES</i>	<i>ÁREA RADICULAR EN mm²</i>
<i>1</i>	216
<i>2</i>	200
<i>3</i>	176
<i>4</i>	192
<i>5</i>	228
<i>6</i>	188
<i>7</i>	176
<i>8</i>	160
<i>9</i>	192

TABLA 1:Brown, R.;A Method of Measurement of Root Area, J Can Dent Assoc 16:130-132, 1950

3.- El área de la superficie desde una línea que representaba recesión apical de dos milímetros de la inserción de fibras principales hasta el ápice (tabla 2).

Se muestran condiciones que simulan dos, cuatro y cinco milímetros de migración apical de la orilla del hueso para la circunferencia completa del diente.

<i>INCISIVOS SUPERIORES</i>	<i>ÁREA RADICULAR EN mm²</i>	<i>PORCENTAJE REDUCCIÓN DE ÁREA.</i>
<i>1</i>	136	27 %
<i>2</i>	132	35 %
<i>3</i>	144	18 %
<i>4</i>	136	30 %
<i>5</i>	168	26 %
<i>6</i>	160	15 %
<i>7</i>	112	36 %
<i>8</i>	120	22 %
<i>9</i>	156	19 %

TABLA 2:Brown, R.;A Method of Measurement of Root Area J Can Dent A. 16:130-132, 1950

4.- El área de la superficie desde una línea que representaba una recesión de cuatro milímetros hasta el ápice (tabla 3).

<i>INCISIVOS SUPERIORES</i>	<i>ÁREA RADICULAR EN mm²</i>	<i>PORCENTAJE REDUCCIÓN DE ÁREA.</i>
<i>1</i>	84	61 %
<i>2</i>	80	60 %
<i>3</i>	100	43 %
<i>4</i>	80	58 %
<i>5</i>	108	53 %
<i>6</i>	112	40 %
<i>7</i>	80	55 %
<i>8</i>	72	55 %
<i>9</i>	100	48 %

Tabla 3:Brown, R.;A Method of Measurement of Root Area J Can Dent A. 16:130-132, 1950

5.- El área de la superficie desde una línea que representaba una recesión de cinco milímetros hasta el ápice (tabla 4).

<i>INCISIVOS SUPERIORES</i>	<i>ÁREA RADICULAR EN mm²</i>	<i>PORCENTAJE REDUCCIÓN DE ÁREA.</i>
<i>1</i>	68	68 %
<i>2</i>	72	64 %
<i>3</i>	72	59 %
<i>4</i>	72	62 %
<i>5</i>	92	60 %
<i>6</i>	92	51 %
<i>7</i>	64	64 %
<i>8</i>	52	68 %
<i>9</i>	84	65 %

TABLA 4:Brown, R.;A Method of Measurement of Root Area J Can Dent A. 16:130-132, 1950

Las tablas indican que hay una amplia variación en el porcentaje de reducción del área a la cual las fibras pericementarias permanecerán insertadas después de las recesiones de dos, cuatro y cinco milímetros. En el caso del diente número 6, el 85% de la superficie de inserción está intacto después de una recesión de dos milímetros, mientras que en el diente número 7 queda sólo el 64% de la superficie de inserción con una recesión igual.

Cuando se simularon condiciones comparables a una recesión de cuatro milímetros, el porcentaje del área radicular el cual permanecían insertadas las fibras principales varió entre el 60 y el 39 %.

Cuando se mostraron condiciones que simulaban cinco milímetros de migración apical del borde alveolar, el área porcentual de inserción original remanente varió entre el 49 y el 32%. Se observará que la reducción porcentual es más rápida en los dientes que tienen unafilamiento agudo uniforme desde la unión amelocementaria, y es menos rápida en donde los lados de las raíces de los dientes son relativamente paralelos en la porción coronaria de la raíz.

Robert Brown, examino la reducción del área de inserción de las fibras principales tal como la que podría resultar de la enfermedad periodontal. También encontró una relación notable entre la agudeza delafilamiento de las raíces y el porcentaje en el cual se reducirá el área de inserción por cualquier recesión dada. Además una relación clínica entre la migración apical del borde alveolar y la reducción porcentual de las fibras principales del área de inserción.

Jepsen⁴ obtuvo un promedio de áreas radiculares (tabla 5) el cubría la raíz de los dientes con una solución de latex y ya endurecida la retiraba para medirla calculando el área radicular mediante el uso de un planímetro para medir el área de la cobertura de látex cuando ésta se extendía sobre un plano; luego las áreas medidas se correlacionaron con datos radiográficos estándar.

AREAS	RADICULARES
	Promedio en mm ²
DIENTES SUPERIORES	
Incisivo central	204
Incisivo lateral	179
Canino	273
Primer premolar	234
Segundo premolar	220
Primer molar	433
Segundo molar	431
DIENTES INFERIORES	
Incisivo central	154
Incisivo lateral	168
Canino	268
Primer premolar	180
Segundo premolar	207
Primer molar	431
Segundo molar	426
Total de la muestra	238

TABLA 5: JEPSSEN, A.; Root Surface Measurement and a Method for X-ray Determination of Root Surface Area, Acta Odont Scand 21: 35- 46, 1963

Proffit⁵ menciona que conceptualmente el valor de anclaje de un diente (es decir, su resistencia al movimiento) se puede definir en función de su superficie radicular, que es la misma que la del Ligamento Periodontal. Cuando mayor sea la raíz, mayor será la superficie sobre la que se puede distribuir una fuerza, y viceversa. La superficie del ligamento periodontal en los molares es algo mayor que la superficie total del ligamento periodontal de los dientes anteriores (tabla 6). Por consiguiente, con un resorte sencillo que conecte ambos segmentos, los dientes anteriores se moverían algo más que los posteriores. El movimiento no sería verdaderamente recíproco, pero se aproxima bastante.

AREAS RADICULARES	
	Promedio en mm ²
DIENTES SUPERIORES	
Incisivo central	230
Incisivo lateral	194
Canino	282
Segundo premolar	254
Primer molar	533
Segundo molar	450

AREAS RADICULARES	
	Promedio en mm ²
DIENTES INFERIORES	
Incisivo central	170
Incisivo lateral	200
Canino	270
Segundo premolar	240
Primer molar	475
Segundo molar	450

Tabla. 6 Donald C. Freeman DC Root surface area related to anchorage in the begg technique, Memphis.1965, departamento de ortodoncia de la Universidad de Tennessee, tesis M.S.

HIXON E. H. ⁶ Obtuvo el área radicular de dientes extraídos (tabla 7) para los cuales disponía de radiografías intraorales previas a la extracción (cono de 16 pulgadas). (Los dientes maxilares fueron excluidos debido a la distorsión radiográfica.) Los dientes se marcaron en la unión amelocementaria, y se adaptó una tira de cera alrededor de la corona. Luego las raíces se cubrieron con un material de impresión a base de hule, el cual se cortó luego con una navaja y se desprendió de la raíz. Esta impresión se cementó en un porta objetos de microscopía común por medio de un adhesivo a base de hule. El área cubierta por la impresión opaca se determinó con una celda fotogenerativa.

CANINOS MANDIBULARES	ÁREA RADICULAR EN mm²
A	307
B	316
C	307
D	344
E	324
F	303
G	320
H	328

TABLA 7: Hixon Atikian H. Optimal force, differential force and anchorage. Am J Orthod Dent Orthop 1969, 55: 437-457.

Jack I. Nichols,⁷ presentó un método para la determinación del área del ligamento periodontal insertado a los dientes. Este método requiere el uso de un equipo digitalizador para una determinación exacta de secciones transversales de los dientes y una computadora digital para la manipulación final de los cálculos de área. Es un procedimiento que puede utilizarse tanto en dientes multirradiculares como en unirradiculares.

El método propuesto requiere un modelo de acrílico del diente en un bloque. Luego, dos caras de este bloque se trabajan con una máquina para que queden perpendiculares, y el bloque se secciona en serie. La información digitalizada puede alimentarse a una computadora digital como un dibujo tridimensional del diente real. Se muestra una forma de la raíz completa reconstituida con el trazador (plotter) unido a la computadora.

Los requerimientos de tiempo aproximado para los diversos pasos en el procedimiento es de 156 minutos.

Se obtuvo el resultado del área radicular y la altura total de la raíz de tres incisivos superiores (tabla 8).

INCISIVOS SUPERIORES	ALTURA DE LA RAÍZ	ÁREA EN mm ²
1	11.0 mm	148.8
2	11.5 mm	157.4
3	13.0 mm	194.8

NICHOLS I. Tabla 8 : Root Surface Measurement Using a Digital Computer. J Dent Res 6: 53, 1974

Hillam⁸ utilizó un método de membrana para la determinación del área radicular (tabla 9) aplicó un hule de polivinil sobre la raíz de cada diente, y permitió endurecer, después corto la cobertura de la raíz por un lado y la capa de hule se desprende como una cáscara y se extiende en papel milimétrico, donde se cuentan los milímetros cuadrados cubiertos.

AREAS RADICULARES

	Número de dientes	Rango en mm ²	Promedio en mm ²
Dientes superiores			
Incisivo central	4	162-201	177
Incisivo lateral	2	147-218	182
Canino	5	147-270	233
Primer premolar	4	181-240	204
Segundo premolar	4	158-214	187
Primero, segundo y tercer molar	3	314-397	363
Dientes inferiores			
Incisivo central	3	152-261	158
Incisivo lateral	5	156-200	166
Canino	4	197-250	227
Primer premolar	3	165-248	207
Segundo premolar	3	166-247	210
Primero, segundo y tercer molar	5	336-378	358
Total de la muestra	45		

Tabla. 9; Hillam. D. G. Stresses in the periodontal ligament. Journal of periodontal Research 1973; 8, 51-56.

Tylman⁹ menciona un promedio de áreas radiculares de todos los dientes mostrado en la tabla 10, en el cual no reporta el método utilizado.

AREAS RADICULARES	
	Promedio en mm²
DIENTES SUPERIORES	
Incisivo central	139
Incisivo lateral	112
Canino	204
Primer premolar	149
Segundo premolar	140
Primer molar	335
Segundo molar	272
Tercer molar	197
DIENTES INFERIORES	
Incisivo central	103
Incisivo lateral	124
Canino	159
Primer premolar	130
Segundo premolar	135
Primer molar	352
Segundo molar	282
tercer molar	190

Tabla. 10; Tylman, S. D. Theory and practice of Crown and Fixed Partial Prosthodontics 6th edition, p.192. C.V. Mosby Co. St. Louis

Watt, D. M.¹⁰ midió el área radicular de todos los dientes con una muestra total de 80 (tabla 11) utilizando un método de membrana donde aplicó látex líquido sobre la raíz de cada diente permitiéndole endurecer, después corto la cobertura de la raíz por un lado, y la desprendió, por último se extiende la capa en papel milimétrico, donde se cuentan los milímetros cuadrados cubiertos.

AREA	RADICULAR
	Promedio en mm ²
DIENTES SUPERIORES	
Incisivo central	204.5
Incisivo lateral	177.3
Canino	266.5
Primer premolar	219.7
Segundo premolar	216.7
Primer molar	454.8
Segundo molar	416.9
Tercer molar	305.3
DIENTES INFERIORES	
Incisivo central	162.2
Incisivo lateral	174.8
Canino	272.2
Primer premolar	196.9
Segundo premolar	204.3
Primer molar	450.3
Segundo molar	399.7
Tercer molar	372.9
Total de la muestra	80

Tabla. 11. Watt, D. M., A. R. Macgregor, M. Geddes, A. Cockburn and J. L. Boyd. A preliminary investigation of the support of partial dentures and its relationship to vertical loads. Dent. Practit Dent. Rec. 1958; 9: 2-15.

El tratamiento ortodóntico óptimo requiere tener una mecánica que produzca una respuesta máxima del movimiento dental, pero sin causar algún daño irreversible a la raíz, ligamento periodontal, y hueso alveolar.¹¹ Iwasaki, menciona que regularmente en el tratamiento ortodóntico se utilizan fuerzas mayores a 100 gramos en la retracción del canino, demostrando que en el movimiento dental cuando se aplican fuerzas continuas y ligeras se logra una mayor velocidad que usando fuerzas pesadas. Al utilizar una fuerza de 60 gramos se produce una velocidad de movimiento distal del canino de 1.27 mm/mes y al utilizar una fuerza de 18 gramos la velocidad de movimiento de 0.87 mm/mes. Aunque diversos experimentos en animales demuestran que la velocidad máxima de movimiento fue similar en un amplio rango de fuerzas, esto indica que no precisamente las fuerzas ligeras dan una respuesta biológica máxima.¹²

Pilon y Kuijpers concluyen que hay otros factores a parte de la magnitud de la fuerza para determinar el movimiento, incluyendo dentro de estos las diferencias individuales que existen tales como la densidad del hueso, metabolismo del hueso, y el recambio del ligamento periodontal que pueden ser responsables de la variación del movimiento. Estos factores se deben tomar en cuenta para estrategias individuales en la terapia ortodóntica.¹³

Con respecto a la cantidad de área radicular se dice que dependiendo de cual sea esta es la magnitud de fuerza que se le debe de aplicar a los dientes en el movimiento ortodóntico, desprendiéndose de aquí el termino de fuerza diferencial, esto se basa en la teoría de fuerza óptima, la cual de alguna manera, provee una respuesta biológica máxima, y a su vez, la velocidad máxima de movimiento dental. Al exceder esta fuerza alteraría de algún modo el recambio biomecánico de las células óseas y del ligamento periodontal, para reducir la rapidez de movimiento de los dientes.⁶

A nivel clínico, Begg¹⁴ sitúa la fuerza diferencial en 300 gramos para el canino y un exceso provoca que opere como el diente ancla mientras que el diente posterior, el así llamado diente ancla, se mueva rápidamente.

Jarabak y Fizzel¹⁵ extienden la teoría de la fuerza óptima para especificar que es probable que las presiones más efectivas estén entre dos y 2.5 gramos/mm² de área proyectada (la parte del hueso contra la cual debe presionarse la raíz cuando el diente va a moverse corporalmente). Celsus, hace aproximadamente 2000 años , decía que la presión puede mover un diente.¹⁶ Un concepto de fuerza óptima se desarrolló aparentemente cuando hombres tales como Openheim y Schwarz¹⁷ supusieron que el ligamento periodontal era esencialmente un sistema hidrostático mantenido por la presión sanguínea del lecho capilar. Se pensaba que un fuerza de más de 26 gramos por centímetro cuadrado lesionaba los tejidos periodontales, causaba necrosis tisular o incluso forzaba al diente a entrar en contacto físico con el hueso. Si bien dicha interpretación patológica era lógica en términos del conocimiento científico disponible en ese entonces, dio lugar a una interpretación más clínica.

El término fuerza óptima generalmente se refiere a una que produce el movimiento más rápido del diente. Comenzamos a cuestionar el concepto de fuerza óptima cuando la experimentación con algunos procedimientos clínicos reveló, que las fuerzas tres o cuatro veces mayores que las recomendadas por la teoría de la fuerza óptima tenían éxito para mover los dientes. Además, algunos datos (por ejemplo, los de Weinstein,¹⁸ Burstone,¹⁹ y especialmente los de Utley,²⁰ Andreasen y Jonson²¹) no se ajustan al concepto de fuerza óptima.

Reitan²² ha señalado que una cierta fuerza puede proveer una carga ligera para los tejidos si se distribuye sobre la superficie completa de la raíz. Con la misma fuerza que causa la inclinación en un diente, el área mucho más pequeña del ligamento periodontal se comprime con una carga ligera o pesada. (principalmente en la cresta alveolar y secundariamente en el ápice del lado opuesto).

Gran cantidad de estudios han relacionado magnitud de fuerza ortodóncica con el movimiento dental, especialmente durante la retracción de canino.^{6,12,14,21,22,24,26,27,28,29,30}

Algunos estudios han indicado varias magnitudes de fuerza como ideales para favorecer el movimiento dental. Sin embargo, algunos investigadores concluyen que no existen valores de fuerza óptima debido principalmente a la diferencia en la respuesta metabólica entre individuos.^{11,13,26,29,30,31}

Reitan, ha podido demostrar que una fuerza aplicada sobre un diente induce fuerzas de presión y de tensión a nivel del hueso alveolar. En las zonas de tensión se observa esencialmente una diferenciación de osteoblastos y fenómenos de aposición, mientras que en las zonas de presión se nota una resorción de tipo osteoclástico. El movimiento ortodóncico de los dientes se produce como resultado de la respuesta biológica y fisiológica frente a las fuerzas aplicadas por nuestros procedimientos mecánicos. Por lo tanto, cuando se diseñan distintos aparatos, es importante evaluar las fuerzas que ellos generan en un procedimiento determinado del tratamiento y evaluar también la respuesta fisiológica frente a esas fuerzas.

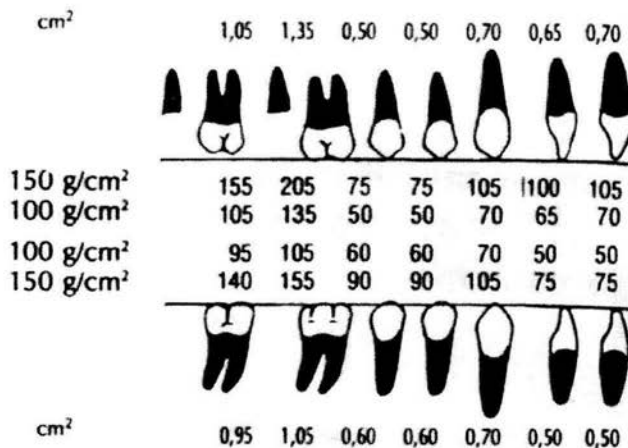
El proceso fisiológico de resorción por parte de las células osteoclasticas es la actividad básica que permite que el hueso cambie y los dientes se muevan. Dado que estas células osteoclasticas son llevadas por la sangre al sitio de su actividad y traen como resultado la resorción ósea, el factor clave para el movimiento efectivo de los dientes parece ser el suministro sanguíneo que lleva a estas células y soporta su actividad. Cuando puede mantenerse un generoso aporte sanguíneo aplicando una fuerza ligera, el movimiento dentario es más eficiente. Cuando el suministro sanguíneo es limitado en una zona, la actividad osteoclastica de la resorción ósea es limitada y los dientes no se mueven o lo hacen más lentamente.²³

Brian Lee,²⁴ siguiendo el trabajo de Storey y Smith evaluó la fuerza óptima durante la retracción de los caninos. Midió la superficie de la raíz expuesta al movimiento llamada superficie enfrentada de la raíz. En su estudio encontró que 150 a 260 gramos por cm² de superficie radicular expuesta era el rango de variación durante la retrusión de los caninos. Por lo tanto, propuso 200 g/cm² de superficie radicular enfrentada expuesta al movimiento como la presión óptima a aplicar para lograr un movimiento dentario eficiente.

Dado que la fuerza por unidad de superficie se define como presión, la fuerza aplicada habrá de variar dependiendo del tamaño de la superficie radicular involucrada y de la dirección del movimiento que se planea.

El tamaño mesiodistal de la superficie radicular se evalúa cuando el diente se está moviendo en sentido anteroposterior en los segmentos posteriores o en sentido lateral en la zona anterior. El tamaño vestibulolingual de la superficie radicular se evalúa si el diente se va a mover en dirección transversal. Cuando se planea la intrusión o la extrusión de los dientes se evalúa la sección transversal de la superficie radicular.

La evaluación del tratamiento bioprogresivo de las fuerzas aplicadas sugiere que 100 g/cm^2 de superficie o superficie radicular expuesta es la cifra óptima. Esta es la mitad de la fuerza sugerida por Brian Lee y, en algunos casos, diez veces menor que las fuerzas convencionalmente utilizadas en muchos tratamientos que se realizan en la actualidad.



Escala de valores radiculares para la dirección lateral (movimientos transversales).

La aparatología con arcos utilitarios empleada en la intrusión de los incisivos inferiores ha demostrado clínicamente que los cuatro incisivos inferiores pueden ser intruidos de manera muy eficiente con fuerzas de 15 a 29 g por diente o de 60 a 80 g para los cuatro incisivos inferiores. Esta fuerza se relaciona en forma coherente con los 100 g/cm^2 cuando consideramos la sección transversal del incisivo inferior, que muestra solamente $0,2 \text{ cm}^2$ de superficie de la sección transversal de la raíz para cada diente. Así, $0,2 \text{ cm}^2$ es igual a 20 g por incisivo inferior para la intrusión. Los incisivos superiores tienen una sección transversal en su superficie radicular que es casi el doble de grande que de los incisivos inferiores y, por lo tanto, la fuerza requerida para su intrusión es el doble que la del arco inferior, aproximadamente 160 g o 40 g para cada diente.

Escala de valores radiculares para intrusión y extrusión (Vertical)

cm ²	0,70	0,80	0,30	0,30	0,45	0,30	0,40
150 g/cm ²	105	120	45	45	65	45	60
100 g/cm ²	70	80	30	30	45	30	40
100 g/cm ²	75	85	30	30	35	20	20
150 g/cm ²	110	130	45	45	50	30	30
cm ²	0,75	0,85	0,30	0,30	0,35	0,20	0,20

La cantidad de superficie radicular ayuda a analizar las fuerzas prescritas en las distintas situaciones de tratamiento. El análisis de la superficie radicular vestibulolingual sugiere que se aplique una fuerza de 40 g cuando se está moviendo un incisivo lateral superior hacia vestibular, llevándolo al arco, dado que su cara vestibular tiene 0,40 cm² de superficie radicular expuesta al movimiento.

cm ²	1,20	0,55	0,75	0,75	0,40	0,50	= 4,15
200 g/cm ²	240	110	150	150	80	100	= 830
150 g/cm ²	180	85	110	115	60	75	= 625
100 g/cm ²	120	55	75	75	40	50	= 415
100 g/cm ²	110	60	60	75	25	25	= 355
150 g/cm ²	175	90	90	115	40	40	= 550
200 g/cm ²	220	120	120	150	50	50	= 710
cm ²	1,10	0,60	0,60	0,75	0,25	0,25	= 3,55

Escala de valores para las raíces en los movimientos anteroposteriores

Cuando se evalúan los procedimientos tradicionales empleados en la aparatología de arcos de canto, tales como los alambres redondos para alinear los incisivos con la curva de Spee invertida para nivelar, se pueden emplear fuerzas casi diez veces más altas que las recomendadas. Se llegan a medir fuerzas de 400 gramos cuando se liga un alambre redondo de 0,35 mm a los brackets de los incisivos laterales. Se puede medir una fuerza de 300 gramos en el bracket del incisivo inferior cuando se liga un arco de alambre con curva de Spee invertida. Un ansa vertical abierta en el alambre de acero inoxidable de 0,45 x 0,55 mm puede producir 800 a 1000 gramos de fuerza en la retrusión de los caninos superiores e inferiores, mientras que lo necesario pueden ser sólo 100 o 150 gramos. Estas fuerzas más intensas físicamente exprimen el aporte sanguíneo de la zona y limitan la respuesta biológica tan necesaria para la modificación fisiológica del hueso y el eficiente movimiento de los dientes. Fastlich²⁵ menciona que en teoría los ortodoncistas saben que el movimiento dental debe ser con fuerzas ligeras pero en la práctica se usan fuerzas pesadas. Las teorías están basadas biológicamente y en la práctica se ignoran estos aspectos. El ir en contra de la teoría de las fuerzas ligeras nos da como resultado el retardo de la respuesta fisiológica, Concluyendo que los dientes se mueven más fisiológicamente cuando se utiliza una presión que no sobrepase la presión de los vasos sanguíneos. La presión aproximada de los vasos sanguíneos es de 20 a 26 gm/cm² de superficie radicular. Presiones por debajo de 20 gm/cm² es considerada como ligera y la presión que sobrepase 26 gm es alta.

La cantidad de fuerza en el rango recomendado para un movimiento dental fisiológico no debe ser mayor de 25 gm/cm² de superficie radicular.

La cantidad de fuerza patológica es considerada arriba de los 25 gm/cm² de superficie radicular (presión de vasos capilares).

MATERIAL

- Se utilizaron 200 dientes extraídos de la segunda dentición desde el central hasta el segundo molar tanto superiores como inferiores. El número de dientes analizado se presenta en la siguiente tabla (12)

DIENTES ANALIZADOS	
DIENTES SUPERIORES	
<i>Incisivo central</i>	14
<i>Incisivo lateral</i>	14
<i>Canino</i>	14
<i>Primer premolar</i>	15
<i>Segundo premolar</i>	15
<i>Primer molar</i>	14
<i>Segundo molar</i>	14
DIENTES INFERIORES	
<i>Incisivo central</i>	14
<i>Incisivo lateral</i>	14
<i>Canino</i>	14
<i>Primer premolar</i>	15
<i>Segundo premolar</i>	15
<i>Primer molar</i>	13
<i>Segundo molar</i>	13
<i>Total de la muestra</i>	200

Tabla 12

- Un calibrador digital (tipo Vernier) marca Mitutoyo, modelo CD-6C.
- Una computadora portátil marca toshiba, modelo satellite 1805 con un programa Microsoft office XP del cual se utilizó la hoja de calculo de Excel aplicandole la formula del trapecio para determinar áreas.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio: **DESCRIPTIVO**

- Los dientes extraídos se almacenaron en frascos con agua e hipoclorito de sodio, después se limpiaron y colocaron en agua antes de la toma de las medidas.
- Los criterios de exclusión fueron dientes que tuvieran restauraciones o caries donde las medidas que se tomaran fueran inexactas. Además que se excluyeron dientes con raíces cortas donde la proporción corona-raíz fuera menor de 1 a 1.
- Todos los dientes se clasificaron por número, los incisivos centrales con el número (1), incisivos laterales (2), caninos (3), primer premolar (4), segundo premolar (5), primer molar (6), segundo molar (7), además por letra, y color los inferiores de azul y los superiores de rojo, por ejemplo el primer incisivo central que se midió 1(A), el segundo 1(B) y así consecutivamente, los incisivos laterales inferiores 2(A), 2(B), 2(C) en color azul, se hizo todo esto para poder identificarlos fácilmente, y si fuera necesario volver a medir alguno. (Figuras 1, 2 y 3).

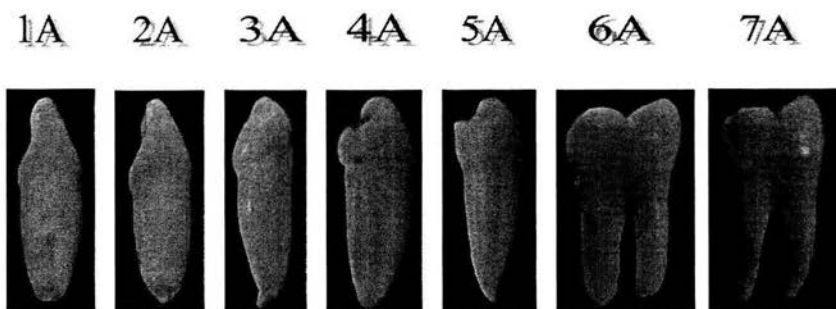


Figura 1. Dientes inferiores extraídos incluidos en la muestra con su código de identificación.

1A 2A 3A 4A 5A 6A 7A

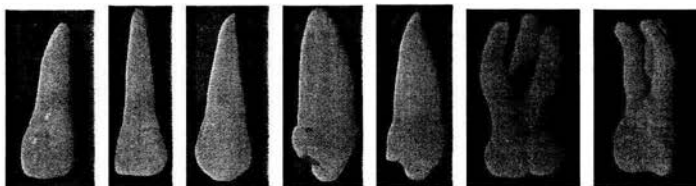


Figura 2. Dientes superiores extraídos incluidos en la muestra con su código de identificación.

MUESTRA
CODIGO
REFERENCIA
1A
1B
1C
1D
1E
1F
1G
1H
1I
1J
1K
1L
1M
1N

Figura 3. Código de referencia de los incisivos centrales superiores incluida en la hoja de calculo de Microsoft Excel.

- Ya clasificados los 200 dientes extraídos se decidió medir solo la superficie radicular mesial y vestibular de los dientes unirradiculares debido a que creímos que la superficie mesial de la raíz es muy similar a la distal al igual que la vestibular con la palatina.
- En los molares superiores se midió de la raíz mesial la superficie vestibular y mesial, de la raíz distal su cara vestibular y distal, de la raíz palatina su superficie mesial y distal.
- El área radicular se determinó en forma de trapecio tratando de englobar la forma de la silueta de la raíz. Se programó la hoja de cálculo de Microsoft Excel con la fórmula del trapecio $A = \frac{(a + c) \cdot h}{2}$ para obtener área de cada superficie (Figura 4).

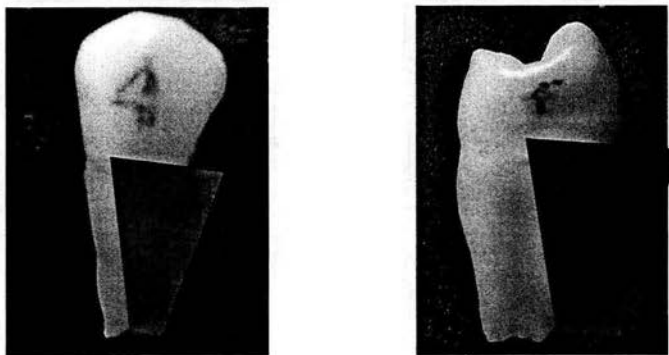


Figura: 4

Con un calibrador digital (Vernier) primero se midió la altura radicular, después el ancho del cuello, la parte media de la raíz y el ápice. De cada una de las superficies que se fuera a medir (vestibular, palatina, mesial y palatina). (Figura 5).

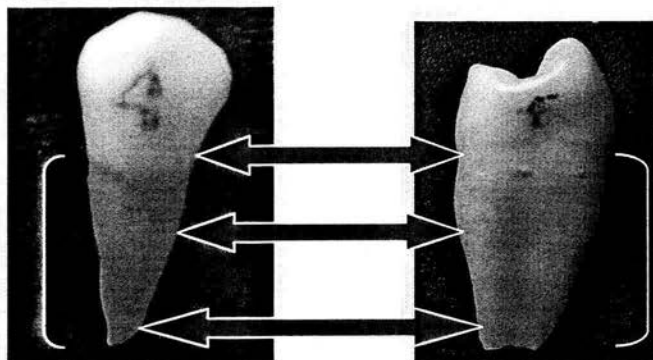


Figura 5

MUESTRA					
CODIGO	CUELLO	RAIZ			
REFERENCIA	ANCHO	ALTO	ANCHO	APICE	AREA
1A	5.43	19.1	4.12	2.32	61.7
1B	6.51	19.5	4.88	1.46	30.3
1C	5.23	20.1	4.29	2.04	75.7
1D	6.48	11.1	4.78	1.89	36.3
1E	6.78	12.1	5.87	2.20	48.1
1F	6.79	13.9	5.97	1.74	53.1
1G	6.20	11.4	4.77	2.22	40.1
1H	6.11	13.7	4.99	1.89	47.1
1I	6.95	11.4	6.00	2.29	47.1
1J	5.47	10.7	4.17	2.30	34.7
1K	6.33	13.8	5.09	2.11	50.1
1L	5.16	14.2	3.83	1.71	39.1
1M	6.61	13.7	5.55	2.04	61.1
1N	5.74	12.5	4.23	1.93	38.1

Hoja de calculo de Microsoft Excel, mostrando el área radicular de la superficie vestibular de los incisivos centrales superiores.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la tabla 13 se muestra el promedio de áreas radiculares, desviación estandar y el coeficiente de variación de la cara vestibular y mesial de las raíces de los dientes desde el incisivo central hasta el segundo molar inferiores.

El diente inferior que presenta el promedio radicular más alto en su cara mesial es el canino con 76.55 mm². En comparación con la superficie radicular mesial con menor promedio del segundo molar inferior con 52.33 mm²

El promedio radicular más alto de la cara vestibular de las raíces inferiores es la raíz mesial del primer molar con 49.03 mm². A diferencia del diente inferior que presenta el menor promedio de área radicular en su superficie vestibular es la del incisivo lateral con 26.16 mm².

En la tabla número 13 se muestran los valores de los dientes inferiores encontrando el coeficiente de variación más alto de 36.23 % en la superficie vestibular de la raíz mesial del segundo molar, y en la misma tabla se observa el coeficiente de variación más bajo de los dientes inferiores siendo este de 6.89% de la superficie mesial del segundo premolar mostrando esto un parámetro importante para determinar cual es la superficie radicular que tiene mayor y menor variabilidad en cuanto a la cantidad de área en mm².

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

INFERIORES	(X)	(S)	C.V.
DIENTES ANTERIORES INFERIORES			
INCISIVO CENTRAL (VESTIBULAR)	27.74	3.24	11.67
INCISIVO CENTRAL (MESIAL)	56.58	6.14	10.85
INCISIVO LATERAL (VESTIBULAR)	26.16	3.16	12.07
INCISIVO LATERAL (MESIAL)	54.88	5.07	9.23
CANINO (VESTIBULAR)	45.58	8.76	19.21
CANINO (MESIAL)	76.55	18.81	24.57
PREMOLARES			
PRIMER PREMOLAR (VESTIBULAR)	40.39	5.87	14.53
PRIMER PREMOLAR (MESIAL)	69.17	10.43	15.07
SEGUNDO PREMOLAR (VESTIBULAR)	39.78	4.61	11.58
SEGUNDO PREMOLAR (MESIAL)	66.75	4.60	6.89
MOLARES			
PRIMER MOLAR			
RAIZ MESIAL (VESTIBULAR)	49.03	12.21	24.90
RAIZ DISTAL (VESTIBULAR)	46.58	8.00	17.17
RAIZ MESIAL (MESIAL)	55.90	14.09	25.20
SEGUNDO MOLAR	42.00	15.22	36.23
RAIZ MESIAL (VESTIBULAR)			
RAIZ DISTAL (VESTIBULAR)	41.29	11.48	27.80
RAIZ MESIAL (MESIAL)	52.33	13.10	25.14

Tabla 13: Areas radiculares de dientes inferiores.

(X)= Promedio.

(S) = Desviación estandar

C.V. = Coeficiente de variación.

En la tabla 14 se muestra el promedio de áreas radiculares, desviación estándar y coeficiente de variación de la cara mesial y vestibular de las raíces de los dientes superiores desde el incisivo central hasta el segundo molar; habiendo una diferencia de medición en el primero y segundo molar en los cuales se midió la cara palatina de la raíz palatina en lugar de la vestibular como en las demás raíces.

La superficie radicular que obtuvo el promedio más alto de todos los dientes tanto en superiores como inferiores es superficie mesial del canino superior con 80.88 mm² en contraste con la superficie mesial con menor promedio de las raíces superiores la raíz mesial del segundo molar con 37.19 mm²

El diente que tiene el promedio más alto en su superficie vestibular es el canino con 50.04 mm² y el diente que presenta el menor promedio radicular en su superficie vestibular es el primer premolar con 32.08 mm².

En la tabla número 14 donde se muestran los valores de los dientes superiores encontramos el coeficiente de variación más alto 42.04 % de la raíz del incisivo central superior en su superficie vestibular, y en la misma tabla se observa el coeficiente de variación más bajo siendo este de 8.48 % de la raíz del segundo premolar superior en la superficie vestibular, mostrando esto un parámetro importante para determinar cual es la superficie radicular que tiene mayor y menor variabilidad en cuanto a la cantidad de área en mm².

DIENTES SUPERIORES	(X)	(S)	C.V.
ANTERIORES			
INCISIVO CENTRAL (VESTIBULAR)	46.19	19.42	42.09 %
INCISIVO CENTRAL (MESIAL)	65.46	18.75	28.64 %
INCISIVO LATERAL (VESTIBULAR)	36.68	8.09	22.05 %
INCISIVO LATERAL (MESIAL)	60.27	8.55	14.18 %
CANINO (VESTIBULAR)	50.04	7.22	14.42 %
CANINO (MESIAL)	80.88	10.44	12.90 %
PREMOLARES			
PRIMER PREMOLAR (VESTIBULAR)	32.08	7.69	23.97%
SEGUNDO PREMOLAR (MESIAL)	70.98	9.68	13.63 %
SEGUNDO PREMOLAR (VESTIBULAR)	36.76	6.26	17.02 %
SEGUNDO PREMOLAR (MESIAL)	74.70	6.34	8.48 %
MOLARES			
PRIMER MOLAR			
RAIZ MESIAL (VESTIBULAR)	40.79	16.62	40.74 %
RAIZ DISTAL (VESTIBULAR)	46.83	16.93	36.15 %
RAIZ PALATINA (PALATINO)	53.67	14.32	26.68 %
RAIZ MESIAL (MESIAL)	37.19	13.10	35.22 %
RAIZ PALATINA (MESIAL)	42.79	13.56	31.68 %
SEGUNDO MOLAR			
RAIZ MESIAL (VESTIBULAR)	37.55	14.60	38.88 %
RAIZ DISTAL (VESTIBULAR)	38.89	15.38	39.54 %
RAIZ PALATINA (PALATINO)	48.90	15.46	31.61 %
RAIZ MESIAL (MESIAL)	37.65	11.47	30.46 %
RAIZ PALATINA (MESIAL)	36.91	11.16	30.23 %

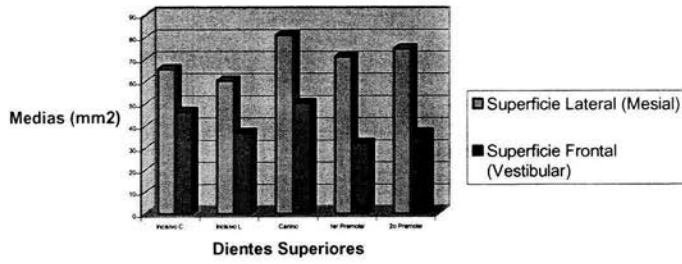
Tabla 14: Áreas radiculares de dientes superiores.

(X)= Promedio.

(S) = Desviación estandar

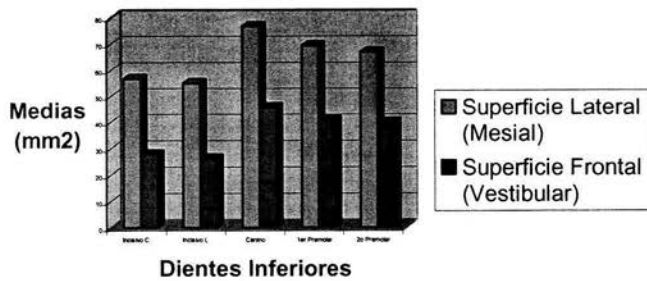
C.V. = Coeficiente de variación.

Promedio de Superficies Radiculares

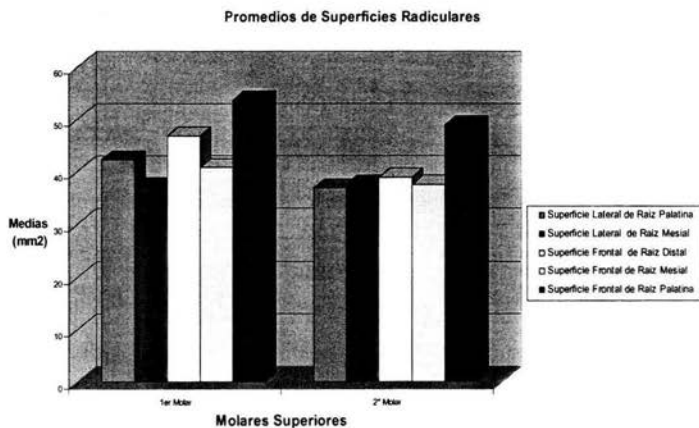
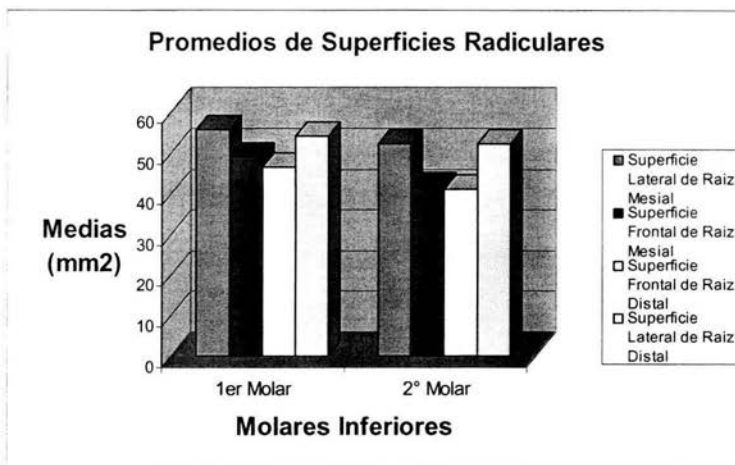


GRAFICA 1

Promedio de Superficies Radiculares



GRAFICA 2



DISCUSION

El método propuesto por nosotros es para determinar superficies radiculares en dientes extraídos, incluimos en la muestra desde el incisivo central hasta el segundo molar tanto superior como inferior.

Es importante para el ortodoncista saber la cantidad de área radicular por superficie y no el área radicular total, debido a que solo una superficie de la raíz es la que se comprime contra el hueso en el movimiento ortodontico y no toda el área radicular. En nuestra recopilación de información acerca del área radicular no se obtuvo algún método para el calculo del área radicular por superficies radiculares por lo cual la importancia que le damos a nuestro método y resultados.

Del método presentado en esta investigación se puede calcular el área radicular de las superficies: mesial, distal, vestibular y lingual o palatina de dientes extraídos, es práctico debido a que solo se toman las siguientes medidas por cada superficie radicular de altura de la raíz, el ancho del cuello, la parte media de la raíz y el ápice, esto con un vernier digital, después se anotan en la hoja de calculo de Excel previamente programada con la formula del trapecio y automáticamente la computadora nos da el área radicular en mm^2 de cada superficie, el material utilizado es de precisión confiable y de fácil uso. Por lo que el tiempo requerido para la obtención del área de cada raíz fue aproximadamente 5 minutos por diente.

Haciendo una comparación del método propuesto por nosotros, para obtener el área radicular contra, los demás métodos encontrados en la literatura, se encuentra una diferencia importante desde su objetivo debido a que el nuestro es en particular calcular el área radicular de cada cara de la raíz y los demás estudios es determinar el área radicular total. Por consiguiente nosotros medimos el área de una superficie y los otros métodos midieron el área radicular total de un objeto tridimensional, por lo cual la mayoría de ellos como Brown³, Jepsen⁴, Hixon⁶, Hillam⁸, Tylman⁹ y Watt¹⁰ usaron látex o material de impresión a base de hule que envolvía la raíz dental y de esta manera se obtenía el área radicular, esto planteó un problema lo cual provocó inexactitud en raíces irregulares cuando hay secciones cóncavas. Un ejemplo práctico de esto es la presencia de raíces fusionadas de los dientes multirradiculares. En tal caso, el error inherente que resulta de la dificultad de hacer que el material quede exactamente en un plano uniforme es considerable, de hecho en el estudio de Brown solo se midieron incisivos centrales superiores ya que se facilita en la superficie unirradicular.

En el estudio de Nicholls⁷, se construye un modelo completo de la raíz del diente donde se seleccionan puntos alrededor de la periferia de la sección transversal, haciendo cortes en este mismo sentido aplicando una técnica que involucra fotografía y digitalización. Las desventajas de este procedimiento comparado con el nuestro es que este requiere de un tiempo mucho mayor con 156 minutos aproximadamente para calcular cada área radicular por ser este un método más complejo y elaborado, donde solamente se obtienen áreas radiculares totales.

CONCLUSIONES

Se obtuvo un promedio de superficie de áreas radiculares donde se utilizó un método más práctico y menos elaborado que los realizados anteriormente, obteniéndose resultados similares a los otros estudios pero más específico debido a que solo se midieron superficies de la raíz lo cual nos es útil en ortodoncia ya que es el área proyectada o sea la parte del hueso contra la cual debe presionarse la raíz cuando el diente va a moverse corporalmente lo que no sabemos al tener el área radicular total reportada en otros estudios. Otro punto importante acerca del área radicular es que en la literatura revisada la gran mayoría es estudiada en periodoncia y en algunas de estas investigaciones enfatiza la importancia para la ortodoncia pero en esta especialidad son pocos los estudios relacionados a tratar el área radicular, entonces es evidente que lo publicado en periodoncia está relacionado y aplicado para esta especialidad. Por eso la relevancia de estudios del área radicular enfocados a la ortodoncia.

Por consiguiente la importancia que le damos al método propuesto por nosotros para obtener la superficie de área radicular. Además de los promedios de superficies radiculares que obtuvimos de esta investigación.

Creemos que este estudio tiene varias líneas de investigación siendo una de ellas la superficie de área radicular específica de cada diente.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Hujuel PP: Analysis of normal ranges for root surface areas of the permanent dentition. *J Clin periodontol.* 1994; 21: 225-229.
- ² Ravindra Nanda. *Biomecánica en Ortodoncia Clínica*; 1998, pp.2-3 .Argentina: Ed.. Panamericana.
- ³ Brown, R: A method of measurement of root area . *Journal of the Canadian Dental Association.* 1950; 16:
- ⁴ Jepsen, A: Root surface measurement and a method for X –ray determination of root surface area. *Acta Odontologica Scandinavica.* 1963; 21: 35-46.
- ⁵ Proffit W, Fields H. *Ortodoncia Contemporanea Teoría y práctica.* 2001. 3a. Edición. P-309. Ed. Harcourt.
- ⁶ Hixon E. Atikian H. Callour G. MC Donald H, Optimal force, differential force and anchorage. *Am J Orthodontics and Dentofacial Orthop* 1969, 55: 437-457.
- ⁷ Nichols I. : Root Surface Measurement Using a Digital Computer. *J Dent Res* 6: 53,1974.
- ⁸ Hillam. D. G. Stresses in the periodontal ligament. *Journal of periodontal Research* 1973; 8, 51-56.
- ⁹ Tylman, S. D. *Theory and practice of Crown and Fixed Partial Prosthodontics (Bridge)* 1970; 6th edition. p.192. C.V. Mosby Co. St. Louis
- ¹⁰ Watt. D. M., A. R. Macgregor, M. Geddes, A. Cockburn and J. L. Boyd. A preliminary investigation of the support of partial dentures and its relationship to vertical loads. *Dent. Practit Dent. Rec.* 1958; 9: 2-15.
- ¹¹ Yijin Ren. Jaap C. Maltha Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: A mathematic model. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2004; 125, 71-77.
- ¹² Iwasaki L. Haack JE, Nickel JC, Morton J. Human tooth movent in response to continuos stress of low magnitude. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000; 117: 175-83.
- ¹³ Pilon JJ. Kuijpers-Jagtman AM, Maltha JC. Magnitude of orthodontic force and rate of bodily tooth movement, an experimental study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996: 107: 16-23.
- ¹⁴ Begg R. Differential force in orthodontics treatment. *Am J Orthod. And Dentofacial Orthop and Dentofacial Orthop.* 1956, 42: 481 – 510
- ¹⁵ Jarabak, J. R., and Fizzell, J. A.. *Thechnique and treatment with light-wire appliances.* St. Louis, 1963, The C.V. Mosby Company, p. 259.
- ¹⁶ .Weinberger, B. W., *Othodontics, an historical review of its origin and evolution,* St. Louis, 1926, The C.V. Mosby Company, vol. I
- ¹⁷ Schwarz, A.M. : Tissue changes incidental to orthodontic tooth movement, *Int J. Orthodontia* 18: 331, 1932.
- ¹⁸ Weinstein, S.; Minimal forces in tooth movement, *American J. Orthodontics* 53. 881. 1967.
- ¹⁹ Burstone C.J.: The biomechanics of tooth movement, in Kraus. BS., and Reidel (editors). *Vistas in orthodontics,* Philadelphia, 1962, Lea and Febiger, p. 197.

-
- ²⁰ Utley R.K.: The activity of alveolar bone incident to orthodontic tooth movement as studied by oxitetracycline-induced fluorescence, *American J. Orthodontics* 54: 167, 1968.
- ²¹ Andreason, G., and Johnson, P.: Experimental findings on tooth movements under two conditions of applied force, *Angle Orthodontist* 37: 9, 1967.
- ²² Reitan, K.: Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics; *American J. Orthodontics* 43: 32, 1957.
- ²³ Frank M. R.; Aposición y reabsorción del hueso alveolar. *Rev. Esp. Ortodoncia* 2000 2: 2, 45
- ²⁴ Ruel. W. Bench, Carl F. Gugino. Physiology of tooth Movement. *Journal of Clinical Orthodontics*. 1978 12. 2.
- ²⁵ Fastlich, Jorges, The universal orthodontic technique, Saunders company philadelphia, 1972.
- ²⁷ Hixon E. Aasen T. Arango J. Clark R, Klosterman R. Miler S. On force and tooth movement. *Am J Orthod and Dentofacial Orthop*. 1970, 57, 476-489.
- ²⁸ Boester H. Johnston L. A clinical Investigation of the concepts of differential and optimal force in canine retraction. *Angle Orthod* 1974, 44: 113-119.
- ²⁹ Nikolai RJ. On Optimum orthodontic force theory as applied to canine retraction. *Am J Orthod and Dentofacial Orthop*. 1975, 68, 290-302.
- ³⁰ Burstone CH, Boeing H. Optimizing anterior and canine retraction. *American J. Orthod and Dentofacial Orthop*. 1976, 70: 1-19.
- ³¹ Zafra Librado, Relación entre movimiento dental y densidad ósea. *R.L.O.* 2000 2: 2 24-31