

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**E.A.P. DE ODONTOLOGÍA**

**Efecto del plasma rico en plaquetas en el movimiento  
dental ortodóncico**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

**AUTOR**

Walter Eleodoro Ortiz Alvarado

**ASESOR**

Fernando Pérez Vargas

Lima - Perú

2016

A Dios,

Por guiarme en cada día  
en los propósitos de mi vida

A mis padres

Por apoyarme de manera incondicional  
en todos los proyectos que realizo

A Karla,

Por ser luz en los días de oscuridad.

## **Agradecimientos**

A mi asesor, Dr. Luis Fernando Pérez Vargas, docente del departamento de Ortodoncia y del curso de Investigación, por la confianza depositada en mí para poder realizar este proyecto de investigación y por la ayuda brindada durante todo el trayecto.

Al Dr. Eliberto Ruiz Ramírez, docente del departamento Farmacología, por su generosa ayuda en el manejo de animales de laboratorio, demostrando ser una gran persona y amigo con un profesionalismo de excelencia en su campo.

Al Dr. Luciano Carlos Soldevilla Galarza, docente del departamento de Ortodoncia, por brindarme el apoyo en la elaboración de los aparatos de ortodoncia, componentes indispensables para que se ejecute la investigación.

A la Dra. Jennifer Olazabal Martínez, cirujana dentista del Hospital Naval, amiga y coautora del presente trabajo de investigación .

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la efectividad de la aplicación del plasma rico en plaquetas (PRP) sobre el movimiento dental ortodóncico.

**Materiales y Métodos:** 20 ratas macho de raza Hoffman de 12 semanas de edad aproximadamente de entre 200 – 300 gramos divididas en dos grupos de 10 integrantes cada uno: grupo experimental y control. Se utilizó pentobarbital para anestesarlas, luego de ello se colocó el aparato de ortodoncia. Posteriormente se inoculó el plasma rico en plaquetas (PRP) de la sangre de rata de la misma especie el cual fue obtenido mediante centrifugación. Se dejó a la rata con el aparato durante 7 días y se fueron haciendo mediciones cada día con un calibrador vernier.

**Resultados y Conclusiones:** No hubo diferencia significativa en el grupo control con el grupo experimental, por lo que se concluye que el plasma rico en plaquetas no aumenta la velocidad del movimiento dental. Debido a que es muy utilizado para regeneración ósea, podría ser utilizado para mejorar la contención luego de terminar los tratamientos de ortodoncia, pero para ello se necesitan hacer más estudios.

**Palabras Claves:** Plasma rico en plaquetas en ortodoncia, movimiento dental ortodóncico, velocidad de movimiento dental ortodóncico.

## SUMMARY

The aim of this study was to determine the effectiveness of the application of platelet-rich plasma (PRP) on orthodontic tooth movement.

**Materials and Methods:** 20 male rats Hoffman race with 12 weeks of age approximately and a weight between 200 to 300 grams divided into two groups: of 10 members each one: experimental group and control group. Pentobarbital was injected like anesthetic. After orthodontic appliance was placed in the incisors rat teeth. Later, the PRP was inoculated in the rats. Rats were with the orthodontic appliance during seven days where we made measurements every day

**Results and Conclusions:** No significant difference in the control group with the experimental group, so it is concluded that the platelet-rich plasma does not increase the rate of tooth movement

**Key words:** platelet rich in orthodontics, orthodontic tooth movement, rate of orthodontic tooth movement.

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	9
II.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	11
2.1	Área Problema .....	11
2.2	Delimitación .....	11
2.3	Formulación del problema.....	12
2.4	Objetivos .....	12
2.4.1	Objetivo General .....	12
2.4.2	Objetivos Específicos .....	12
2.5	Justificación .....	13
2.6	Limitaciones .....	13
III.	MARCO TEÓRICO .....	14
3.1	Antecedentes .....	14
3.2	Bases Teóricas .....	23
3.2.1	Membrana periodontal.....	23
3.2.2	Movimiento dentario.....	23
3.2.2.1	Fundamentos del movimiento dental .....	23
3.2.2.2	Control biológico del movimiento dental.....	25
3.2.2.3	Efecto de la magnitud de fuerzas empleadas.....	25
3.2.2.4	Respuesta tisular del periodonto.....	27
3.2.2.5	Transmisión de la influencia mecánica en reacción celular.....	32
3.2.3	Fuerzas ortodoncicas.....	36

3.2.3.1 Tipos de fuerzas .....	36
3.2.3.2 Magnitud de las fuerzas.....	39
3.2.3.3 Duración de la fuerza.....	40
3.2.4 Tipos de movimiento dentario.....	40
3.2.4.1 Versión.....	41
3.2.4.2 Torsión.....	42
3.2.4.3 Movimiento de gresión .....	42
3.2.4.4 Rotación.....	43
3.2.4.5 Extrusión.....	45
3.2.5. Fisiología ósea .....	46
3.2.5.1 Ciclo de remodelamiento óseo.....	47
3.2.6 Plasma rico en plaquetas .....	38
3.2.6.1 Aplicación de PRP en periodoncia.....	51
3.2.6.2 Mecanismo de acción del plasma rico en plaqueta.....	51
3.3 Hipótesis .....	54
3.4 Operacionalización de Variables .....	55
IV. METODOLOGÍA.....	56
4.1 Tipo de Investigación .....	56
4.2 Población y Muestra .....	56
4.3 Procedimientos y Técnica .....	56
4.3.1 Metodología de obtención de PRP.....	57
4.4 Procesamiento de Datos .....	58
4.5 Análisis de Resultados.....	58

<b>V. RESULTADOS .....</b>	<b>59</b>
<b>VI. DISCUSIÓN .....</b>	<b>66</b>
<b>VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>70</b>
<b>X. ANEXOS .....</b>	<b>75</b>

## I. INTRODUCCIÓN

Las maloclusiones son alteraciones dentofaciales que causan múltiples consecuencias al sistema estomatognático. El tratamiento de ortodoncia, cuyo objetivo es equilibrar estas alteraciones que se dan en el macizo facial, trae consigo algunos inconvenientes no deseados, uno de ellos es el dolor y el otro es la incertidumbre de cuanto durará el tratamiento completo. En la presente investigación abordaremos el segundo caso, es decir la duración del tratamiento.

Es muy difícil hacer una predicción exacta de cuanto es el tiempo que durará todo el tratamiento ortodóncico, incluso para el especialista experimentado. Pero de lo que estamos seguros, es que todos los pacientes quieren que el tiempo de tratamiento sea el más breve posible, ya que molestias como el ser muy minucioso al comer alimentos, los desprendimientos de braquets, citas periódicas, etc, traen incomodidad al paciente <sup>1</sup>

Se han descrito algunas técnicas para acelerar el movimiento dentario, una de las más utilizada es la corticotomía, técnica que tiene muchas ventajas, pero a la vez también inconvenientes (por el hecho de ser invasiva hace más propenso al paciente a infecciones y a recesión del hueso).

El uso de plasma rico en plaquetas en odontología es muy conocido en cirugía y periodoncia por su ya demostrada capacidad de producir regeneración celular. Sin embargo en ortodoncia su uso es casi desconocido y es por eso que investigaremos si el plasma rico en plaquetas tiene algún efecto en el movimiento dental ortodóncico, ya que está demostrado que durante el

movimiento dental aumenta la cantidad de factores de crecimiento, especialmente del factor de crecimiento epidermal (EFG), y el plasma rico en plaquetas contiene también este factor.<sup>3</sup>

## **II. EL PROBLEMA**

### **2.1 Área Problema**

El tratamiento de ortodoncia suele ser necesariamente prolongado porque el movimiento de los dientes y huesos debe ser suave, pausado y lento, resulta difícil predecir su duración total, esto depende de la gravedad del problema, la edad del individuo, los aparatos utilizados, la cooperación del paciente, y muy especialmente, de la competencia profesional de quien lo realiza.

Muchas veces la duración de la ortodoncia suele alargarse por más de 2 años. Estos problemas generan desánimos y hacen que los pacientes no lleguen a completar el tratamiento.

Para poder conseguir un mejor resultado y aceptación por parte de los pacientes hay que reducir lo más posible el tiempo de duración del tratamiento sin que este genere efectos secundarios.

### **2.2 Delimitación Del Problema**

Al abordar el contexto del problema de la duración del tratamiento de ortodoncia, se ha buscado métodos y estrategias para optimizar la duración de tratamiento y de esta forma brindar buenos resultados y confort al paciente. Con frecuencia, se sugiere el tratamiento ortodóncico a los pacientes adultos, los cuales tienden a rechazarlo debido a los tiempos prolongados de éste, el cual toma entre 26-31 meses<sup>1</sup>

Es por ello, que el siguiente trabajo buscó una forma de encontrar un método que hiciera que el tiempo de los tratamientos de ortodoncia se redujera usando el

plasma rico en plaquetas, para posteriormente poder usarlo como alternativa en el tratamiento de ortodoncia.

El uso de plasma rico en plaquetas es ampliamente utilizado en odontología, sobre todo en las áreas de Periodoncia y Cirugía para la regeneración de tejido duro y blando. En esta investigación queremos probar que también puede ser utilizado en el tratamiento de ortodoncia, para tener una mayor velocidad de movimiento dentario y por ende resultados más rápidos.

### **2.3 Formulación Del Problema**

¿Cuál es el efecto del plasma rico en plaquetas en el movimiento dental ortodóncico?

### **2.4 Formulación De Objetivos**

#### **2.4.1 Objetivo General**

- Determinar la efectividad de la aplicación del plasma rico en plaquetas (PRP) sobre el movimiento dental ortodóncico.

#### **2.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar por una medición directa el nivel de movimiento dental ortodóncico en el grupo control
- Determinar por una medición directa el nivel de movimiento dental ortodóncico en el grupo experimental
- Comparar el movimiento dentario de ratas del grupo experimental con el grupo control

## **2.5 Justificación**

El presente trabajo busca una alternativa para reducir el tiempo de tratamiento de ortodoncia, puesto que se ha observado que tratamientos muy largos provocan discomfort al paciente y muchas veces es una causa de abandono del tratamiento. El presente trabajo busca que esto no signifique el uso de fuerzas mayores por parte del profesional, sino solamente con la colocación submucosa de plasma rico en plaquetas de manera local inmediatamente después de la colocación del tratamiento ortodóncico

## **2.6 Limitaciones**

- Disponibilidad para conseguir las ratas de laboratorio

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Antecedentes

**Anitua et al. (2013)**<sup>2</sup>. El propósito de este estudio fue evaluar los efectos biológicos del plasma rico en plaquetas en los fibroblastos de la membrana periodontal del humano. Los autores estudiaron la respuesta celular de la membrana periodontal hacia el grupo de factores de crecimiento sobre la proliferación celular, migración celular, secreción de biomoléculas y adhesión celular. La proliferación celular y la adhesión se evaluaron por medio de un método de fluorescencia. Obtuvieron como resultado que el plasma rico en plaquetas estimuló significativamente la proliferación celular, migración, adhesión, y la síntesis de muchos factores de crecimiento de células, incluyendo el factor de crecimiento endotelial vascular, trombospondina I, factor de crecimiento de tejido conjuntivo, factor de crecimiento de hepatocitos, y procolágeno de tipo I. Se concluyó que el plasma rico en factores de crecimiento ejerce efectos positivos sobre los fibroblastos de la membrana periodontal, que podría ser positivo para la regeneración periodontal.

**Guajardo et al. (2000)**<sup>3</sup>. Realizaron una investigación con los objetivos de localizar el factor de crecimiento epidermal (EGF) en las células paradentales tanto en las tratadas como en la no tratadas ortodóncicamente y determinar las concentraciones relativas de EGF en 3 tipos de células, que son las primordiales participantes en la remodelación y mantenimiento de los tejidos paradentales: fibroblastos en el tejido periodontal, células alveolares de revestimiento de la superficie del hueso, y restos epiteliales de Malassez. Para ello usaron sesenta gatos machos, de 1 año de edad, que se dividieron en dos grupos: grupo control y grupo experimental. En el grupo experimental, se trató ortodóncicamente un canino de cada animal, con un aparato en forma de L de acero inoxidable con ochenta gramos de fuerza. Mientras que en el grupo control se colocó en el canino un aparato inactivo. Se evaluaron los resultados a

las 1, 3, 6,12, 24, 48 horas y 7,14, 28 y 56 días de tratamiento. Hubo tres gatos en cada periodo de tiempo. Luego de ello fueron sacrificados y se tiñeron para su evaluación histológica. La intensidad de la tinción media global de las células de los animales del grupo experimental fue 30,47%, mientras que la del grupo control fue 21,78%. En todos los 3 tipos, las células de los caninos tratados activamente tiñeron significativamente más oscuro que las células del grupo control de caninos, en particular entre 12 horas y 7 días. Estos resultados demuestran que las fuerzas de ortodoncia aumentan las concentraciones del factor de crecimiento epidérmico en células paradentales, lo que sugiere que el factor de crecimiento epidérmico participa en la remodelación de tejidos que facilita el movimiento del diente.

**Bae (2011)** <sup>4</sup> . Este metanálisis investiga los efectos de plasma rico en plaquetas (PRP) en el injerto óseo sinusal. De 61 artículos buscados, ocho ensayos clínicos controlados, que incluyeron un total de 352 casos de injerto óseo sinusal en 191 pacientes, se incluyeron en el análisis final. El presente estudio indica que no había pruebas suficientes para apoyar el uso de PRP para la formación de hueso en un injerto óseo sinusal, mientras que no se observó ningún efecto significativo sobre la supervivencia de los implantes y el contacto hueso- implante.

**Carlson et al. (2002)** <sup>5</sup> . Realizaron una investigación en donde los autores revisaron los artículos científicos que tratan sobre el conocimiento básico de los mecanismos de cicatrización de heridas y que estudiaron directamente los factores de crecimiento que se muestran a concentrarse en PRP. Todos los artículos revisados expresaron promesa en el uso de PRP y en los factores de crecimiento expresados por las plaquetas concentradas en PRP - es decir, factor de crecimiento derivado de plaquetas , o PDGF , y factor de crecimiento transformante- $\beta$  , como un complemento posquirúrgico a la cicatrización de herida. También revisaron los artículos escritos por los médicos e investigadores en los campos de la odontología, incluyendo la cirugía y periodoncia oral y maxilofacial para determinar las aplicaciones de PRP en el campo

de la odontología. PRP ha demostrado ser eficaz para mejorar los resultados quirúrgicos en una variedad de procedimientos en el campo de la cirugía oral y maxilofacial. PRP también se muestra prometedor en la terapia regenerativa periodontal y debe seguir siendo estudiado por los científicos y médicos por igual.

**Han et al. (2007)** <sup>6</sup>. Realizaron un estudio con el propósito de evaluar los efectos biológicos de plasma rico en plaquetas (PRP) en células de la membrana periodontal de humanos (hPDLC, por sus siglas en inglés) in vitro. Para ello se usaron Cultivos primarios de CLPH que se obtuvieron de premolares sanos. El PRP se aisló mediante centrifugación de dos pasos. Los dos factores de crecimiento principales presentes en el PRP activada por trombina (factor de crecimiento derivado de plaquetas [PDGF-AB] y factor de crecimiento transformante- $\beta$ 1 [TGF- $\beta$ 1]) se evaluaron usando el ensayo de ELISA. Se concluyó que PRP pueden mejorar la adhesión en células de la membrana periodontal de humano, proliferación e inducir la diferenciación de células hPDLC en la formación de tejido mineralizado; contribuyendo así a los principales procesos de regeneración de los tejidos periodontales:

**Hernández et al. (2012)** <sup>7</sup>. Realizaron una investigación con el objetivo de describir los efectos del plasma rico en factores de crecimiento sobre la regeneración ósea en pacientes sistémicamente comprometidos. Para ello hicieron un estudio de tipo experimental, prospectivo y longitudinal, seleccionando 18 pacientes de una rango de edad de 18-74 años de la Clínica de Periodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas con diagnóstico de periodontitis crónica, de los cuales se reportaron tres con Diabetes mellitus tipo II, dos con hipertensión arterial, uno con hipertiroidismo y doce sin patología sistémica identificada. Todos los pacientes tenían indicación de extracción dental por razones protésicas, ortodóncicas y periodontales. Luego de ello se llevó a cabo el procedimiento de exodoncia y colocación de PRFC en el mismo tiempo operatorio. Se realizaron mediciones de la respuesta a la regeneración ósea a las cuatro semanas. Se observó una mejor

osificación en los pacientes sistémicamente comprometidos, siendo en primer lugar los pacientes diabéticos, en segundo lugar los hipertensos y en tercer lugar los pacientes sistémicamente sanos. Se concluyó del estudio que los pacientes sistémicamente comprometidos tienen un mejor resultado que los pacientes sistémicamente sanos con el plasma rico en factores de crecimiento, además que tiene una biocompatibilidad excelente y que puede ser usado como opción para regeneración ósea.

**Pantou et al. (2012)**<sup>8</sup>. Realizaron una investigación con el objetivo de observar los efectos de tres homólogos de plasma rico en plaquetas (PRP<sub>a</sub>, PRP<sub>b</sub>, PRP<sub>c</sub>) sobre la diferenciación celular en células de la membrana periodontal. Para ello usaron el siguiente método: aislaron las células de la membrana periodontal de la raíz de 3 premolares superiores libres de caries, extraídos por motivos ortodóncicos, de 3 pacientes sistémica y periodontalmente sanos. Luego las cultivaron a 37 grados Celsius y 5% de CO<sub>2</sub>. Luego se extrajo 8.5 mL de sangre pura de los participantes que fueron procesados por doble centrifugación para extraer el plasma rico (PRP) en plaquetas y separarlo del plasma pobre en plaquetas. Para evaluar el efecto mitogénicos de los tres homólogos de PRP las células de la membrana periodontal fueron cultivadas en presencia (grupo experimental) y ausencia de este (grupo control). Los resultados de las células tratadas con PRP solas o en combinación con el aloinjerto. Todas las preparaciones de PRP inducen significativamente la proliferación celular luego de 24 horas de incubación. Se concluyó que el PRP tiene un efecto significativamente positivo sobre la proliferación celular de la membrana periodontal.

**Inchingolo et al. (2012)**<sup>9</sup>. Realizaron una investigación con el propósito de mostrar la efectividad del uso de plasma rico en plaquetas (PRP) como material de injerto en la regeneración ósea antes de la rehabilitación con implantes dentales. Para ello, seleccionaron 127 pacientes con requerimiento de elevación de seno. Todos los

pacientes eran no fumadores y con índice de higiene oral adecuada. Los pacientes fueron clasificados en dos grupos: el grupo experimental, de 63 individuos, en el cual se usó el PRP en combinación con hueso autógeno, material óseo inorgánico y sustituto orgánico óseo, mientras que el grupo control, de 64 individuos, se usó los materiales anteriormente mencionados pero sin el PRP. Luego de la colocación de los implantes, se evaluaron las dimensiones ósea después de la cirugía y a los 6 meses de colocados los implantes. La evaluación de los resultados fue mediante el criterio de estabilidad primaria y el criterio de integración radiográfica, resultando que los pacientes tratados con el PRP mostraron una mejora estadísticamente significativa sobre los pacientes en los que no se usó PRP. Se concluyó según los resultados del estudio que hay una alta posibilidad de usar el PRP en la práctica clínica con una gran predictibilidad de éxito en el tratamiento.

**Landaverde et al. (2007)** <sup>10</sup> . Realizaron una investigación con el objetivo de evaluar la efectividad el plasma rico en factores de crecimiento (PRFC) en la regeneración de tejido óseo de alveolos dentarios posexodoncia. Para ello realizaron un estudio experimental prospectivo transversal en la clínica de posgrado de periodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Para ello, se incluyó a 15 pacientes, de los cuales de manera aleatoria, 10 formaron el grupo experimental y 5 el grupo control. El procedimiento llevado a cabo fue el siguiente: exodoncia del diente seleccionado, activación del PRFC con cloruro de calcio al 10%, llenado del alveolo posexodoncia y sutura. La toma de radiografías se llevó a los 7 y 30 días. Al evaluar los resultados se observó una mejora significativa respecto al grupo que uso PRFC respecto del grupo que no lo uso. Los parámetros evaluados fueron cantidad de hueso calcificado, cantidad de tejido conjuntivo formado, cantidad de hueso maduro e inmaduro formado y actividad osteoblástica. Se concluyó según este estudio que el PRFC es una alternativa viable en la regeneración de tejido óseo debido

a los resultados obtenidos según los parámetros indicados y a la compatibilidad celular, una gran ventaja en estomatología.

**Lee et al. (2010)** <sup>11</sup>. Realizaron una investigación con el propósito de investigar el efecto del plasma rico en plaquetas (PRP), derivado del cordón umbilical, sobre la proliferación, actividad de la fosfatasa alcalina y diferenciación osteogénica de células madre de dientes deciduos, de pulpa dental y de membrana periodontal. Para ello hicieron un estudio experimental en donde expusieron las células madre a diferentes concentraciones de PRP. Observaron que las células madre tratadas con PRP al 2% resultó en el nivel más alto de proliferación, la actividad de la fosfatasa alcalina mostró resultados similares, sin embargo su actividad disminuyó a una concentración mayor de 2% de PRP. Respecto a los efectos de depósito de calcio los resultados fueron similares: mayor depósitos a la concentración de 2% de PRP; de otro lado, el tratamiento con 1% de PRP resultó en el nivel más alto de depósito de calcio en células madre de pulpa dental de dientes deciduos. En general, el PRP de cordón umbilical tuvo efectos benéficos en la proliferación y diferenciación osteogénica de células madres dentales. Se concluye que el PRP es una fuente valiosa de suero autólogo y factores de crecimiento. Se obtuvo suficientes cantidades de factores de crecimientos provenientes del PRP extraído del cordón umbilical. Los datos indicaron que el PRP del cordón umbilical puede ser usado para promover la proliferación celular y la diferenciación osteogénica de células madres de dientes deciduos, permanentes y de la membrana periodontal.

**Oryan et al. (2012)** <sup>12</sup>. Realizaron una investigación con el propósito de examinar los efectos combinados de hidroxiapatita y el plasma rico en plaquetas humano (hPRP) sobre la osteogénesis in vivo sobre conejos. Para ello hicieron un estudio experimental en el cual usaron 36 conejos de doce meses de edad de ambos sexos de entre 1.5-2.5 Kg de peso y se dividieron en 3 grupos: el grupo experimental uno, en el cual solo

se usó hidroxiapatita; el grupo experimental dos, en el cual se usó hidroxiapatita más PRP y el grupo control en el cual no se usó ninguno. Los defectos óseos se hicieron con una medida de 10mm. En ambos grupos experimentales los defectos fueron cubiertos. Para la evaluación de resultados se usaron radiografías en el 1, 2, 4, 6 y 8 semana poscirugía para evaluar la formación de hueso, remodelación y unión del defecto. Se encontró una diferencia significativa en la formación de hueso entre el grupo que uso hidroxiapatita mas PRP con el grupo que solo uso hidroxiapatita, mientras que para el día+ 56 la formación de hueso en el grupo experimental que uso PRP era de 75-100% en el grupo control solo era de 50-75%. Además de ello la remodelación también fue superior en el grupo experimental que uso PRP. Se concluyó de este estudio que se ha demostrado que la hidroxiapatita combinada con PRP puede promover la regeneración ósea en defectos de tamaño crítico con una alta capacidad regenerativa. Estos hallazgos nominaran al uso de hidroxiapatita con PRP como una alternativa atractiva para los defectos óseos largos.

**Oyama et al. (2004)** <sup>13</sup>. Realizaron una investigación sobre injerto de hueso alveolar con hueso esponjoso autólogo ilíaco incorporando plasma rico en plaquetas (PRP) con el objetivo de evaluar su eficacia en la osteoregeneración. Para ello siete pacientes con fisura alveolar en dentición adulta con un promedio de edad de 16.1 años se sometieron a un injerto de hueso iliaco con PRP. Se les extrajo el PRP durante la operación. El hueso esponjoso iliaco se combinó con PRP y se realizó el injerto. La evaluación de los resultados fue hecha con tomografía computarizada en 3D antes y a los 6 meses después de la operación y se comparó con el grupo control. Se encontró que el promedio de volumen de radio de hueso regenerado en los casos con PRP fue mayor que en los grupos control. No se reportaron complicaciones de la extracción de sangre o PRP. Se concluye del estudio que el PRP es seguro y una fuente efectiva de factores de crecimientos y fácil de extraer. El PRP puede mejorar la

osteogénesis de injerto de hueso alveolar en pacientes con labio y paladar hendido y puede ser muy útil para la subsecuente terapia ortodóncica.

**Plachokova et al. (2008)** <sup>14</sup> . Realizaron una investigación con el objetivo de evaluar la evidencia científica para la aplicación de PRP en la regeneración ósea en todos los campos de la odontología, para ello hicieron un estudio de tipo descriptivo y retrospectivo, en el cual realizaron una búsqueda sistemática en la bases de datos de Medline y Cochrane desde el 2006 usando los términos “platelet-rich plasma”, “bone regeneration” y “dentistry”. Solo se incluyeron en el estudio los artículos con los siguientes criterios: los que reportaban resultados del tratamiento de PRP y controles de regeneración ósea, mínimo 5 pacientes de población de estudio, y haber tenido un seguimiento de mínimo 3 meses. Luego de la búsqueda se obtuvieron 108 resultados, pero 99 fueron excluidos por no cumplir todos los criterios de inclusión, quedando 9 para el estudio. En general, la mayoría de los estudios realizados reportaron un efecto positivo de PRP sobre la regeneración ósea, sin embargo para incrementar la evidencia, es requerido que se hagan más ensayos.

**Ruiz E. (2013)** <sup>15</sup> . Realizó una investigación en ratas con el objetivo de determinar el efecto del ibuprofeno en el movimiento dental ortodóncico en ratas. Para ellos, utilizo 20 ratas macho de entre 250-300 gramos, divididas en dos grupos (experimental y control) de 10 cada uno, a las cuales les coloco un aparato disyuntor entre los incisivos superiores. Al grupo experimental le administro Ibuprofeno inmediatamente después de colocado el aparato ortodóncico, mientras que al grupo control no se le administro ningún fármaco o placebo. Inmediatamente después hizo una calibración inicial con un vernier para ver la distancia inicial de los dientes. Luego realizo mediciones durante toda una semana con el calibradorvernier para medir la magnitud del movimiento dentario en ambos grupos. Al cabo de siete días analizo los resultados, observando que el ibuprofeno tiene un efecto negativo en el movimiento dental ortodóncico en ratas y que podría alterar los resultados de tratamiento.

**Von Böhl et al. (2004)** <sup>16</sup>. Realizaron una investigación con el objetivo de evaluar los cambios histológicos y movimientos dentales que se producen tras la aplicación de fuerzas ortodóncicas estandarizadas bajas (25cN) y altas (30 cN) que conllevan bajas y altas presiones en la membrana periodontal en diferentes dientes de un mismo perro. Para ello utilizaron 15 perros raza Beagle con dentición permanente a los cuales se les extrajo los terceros y cuartos premolares tres meses antes del inicio de la investigación para colocar un implante en la zona edéntula. Tres meses después de la colocación del implante se le colocó la aparatología ortodóncica para poder realizar el movimiento dental. Se midió la posición de los dientes una vez por semana utilizando un calibrador vernier digital. Los resultados indicaron que transcurridos las primeras 24 horas ya se había iniciado el proceso de remodelación en el lado de tensión y presión, y en algunas muestras se observó zonas de hialinización. Además se observó reabsorción osteoclástica ósea directa en los lados de presión de los dientes que se movían relativamente rápidos. También se observaron en los dientes que recibían fuerzas bajas, zonas de tejido hialinizado junto a la membrana periodontal en todas las fases de movimiento. Se concluyó que, a diferencia de otros estudios, la hialinización puede aparecer en cualquier momento del movimiento dental. La hialinización es mayoritariamente en las zonas vestibular y lingual en el plano mesiodistal. La hialinización limita el movimiento dental, pero no tiene ninguna relación con la cantidad de fuerza.

**Ruiz et al. (2014)** <sup>17</sup>. Realizaron un estudio de tipo experimental que tuvo como objetivo evaluar el efecto de la prednisona sobre la relación de la longitud del movimiento dental en ratas (*Rattus norvegicus*). La evaluación de dicha relación se realizó en 20 ratas machos *Hoffman* de 12 semanas de edad, con un peso de entre 200-250 gramos, a las cuales se les adaptó un aparato disyuntor ortodóncico en sus incisivos centrales superiores, luego fueron divididos de manera aleatoria en dos

grupos: control (suero fisiológico a 2 mL/kg) y experimental (prednisona 20 mg/kg vía intraperitoneal). El tratamiento se inició cinco días antes de la colocación del aparato y luego al primer, tercer y quinto día. Con un calibrador vernier, se midió la distancia interincisiva al terminar de colocar el aparato, así como al primer, tercer, quinto y séptimo día. En el primer día de evaluación, el grupo control y el grupo experimental tuvieron una distancia interincisiva de  $1,13 \pm 0,18$  mm y  $0,24 \pm 0,09$  mm y al 7mo día fue de  $1,76 \pm 0,14$  mm y  $1,56 \pm 0,20$  mm, respectivamente, siendo estas diferencias significativas en el primer y séptimo día ( $p < 0,05$ ). Se concluye que la prednisona reduce significativamente el movimiento dental en ratas.

## **3.2 Bases Teóricas**

**3.2.1 Membrana periodontal:** Es el tejido fibroso que ocupa el espacio entre la raíz del diente y el hueso alveolar, proporcionando una serie de fibras periodontales formadas de colágeno que unen al hueso con el diente al hueso y dan alimento a la superficie del cemento de la raíz y de las células que permiten el movimiento del diente.

Por lo tanto, en el presente trabajo nos referiremos a lo que comúnmente se llama “ligamento periodontal” como “membrana periodontal” porque es el término correcto

### **3.2.2 Movimiento dentario**

#### **3.2.2.1 Fundamentos del movimiento dental**

El tratamiento de ortodoncia está basado en que si se aplica una presión prolongada sobre una pieza dental se producirá una movilización del diente, ya que se remodelara

el hueso que lo rodea. De esta forma el hueso desaparece selectivamente en unas zonas y va añadiéndose en otras.

Cuando masticamos, los dientes y tejidos periodontales soportan fuerzas intensas e intermitentes. La membrana periodontal está adaptada a fuerzas de poca duración. Así, cuando la fuerza se prolonga, aunque no sea muy intensa, el empuje del diente contra el alveolo da inicio a la remodelación ósea. La movilización ósea se logra con fuerzas prolongadas y suaves. La respuesta de la membrana periodontal y tejido óseo depende directamente de la intensidad y duración de las fuerzas aplicadas. No debe superarse la fuerza máxima como para interrumpir la irrigación capilar de la membrana periodontal. Si la fuerza aplicada oprime totalmente la luz de los capilares se producirá una necrosis de la zona afectada. En movimientos ortodóncicos correctos se debe lograr el mayor movimiento dentario con fuerzas leves para no afectar la vitalidad de las células de la membrana periodontal. Inclusive con fuerzas leves pueden aparecer pequeñas zonas avasculares en la membrana periodontal y retrasar el movimiento dental.<sup>18</sup>

Es por ello tener en cuenta el estado periodontal antes de iniciar el tratamiento, ya que muchas veces acuden a consulta cuando están periodontalmente comprometidos.

El tratamiento ortodóncico es cada vez más común en pacientes con periodontitis crónica, donde encontramos una disminución de soporte óseo, movilidad dental así como una pérdida de inserción. Es por ello que la colaboración de los especialistas de las diferentes áreas odontológicas debe ser tomada en consideración para la elaboración de un tratamiento multidisciplinario para el manejo de estos casos<sup>19</sup> ya que incluso es frecuente que durante el tratamiento se desarrollen o intensifiquen diferentes tipos de patologías a nivel periodontal debido a los cambios producidos por la aparatología ortodóncica.<sup>20</sup>

### **3.2.2.2 Control biológico del movimiento dental**

Se mencionan dos posibles dos posibles mecanismos de control: la electricidad biológica y la presión-tensión de la membrana periodontal que afecta el flujo sanguíneo. La primera teoría, atribuye el movimiento dental a cambios en el metabolismo óseo que son controlados por señales eléctricas que se generan cuando el hueso alveolar se flexiona y se deforma. Las señales piezoeléctricas se caracterizan por dos fenómenos: primero, que tienen una decadencia muy rápida, es decir que baja rápidamente a cero aunque la fuerza se mantenga; y la producción de una señal equivalente en dirección opuesta cuando la fuerza deja de actuar. Se pueden inducir campos electromagnéticos se pueden inducir en los imanes mediante campos adyacentes, sin el contacto que requieren los electrodos, y se ha demostrado que este tipo de cambios favorecen la curación del hueso. Los campos eléctricos también influyen en la permeabilidad de la membrana celular, desencadenando cambios en la actividad celular. En experimentos con animales, un campo de eléctrico pulsátil aumentaba el papel del movimiento dental.<sup>21</sup>

### **3.2.2.3 Efectos de la magnitud de las fuerzas empleadas.**

Hay que considerar que a mayor presión ejercida sobre las piezas dentales, mayor será la reducción del flujo sanguíneo a través de las zonas comprimidas de la membrana periodontal hasta el punto en que los vasos quedan totalmente colapsados y deja de pasar sangre por ellos.

Para que un diente se mueva deben formarse osteoclastos que puedan eliminar tejido óseo de la zona adyacente de la parte comprimida de la membrana periodontal. Los estudios de cinética celular muestran que estas células llegan de dos maneras: una es que llegan de una población celular local, mientras que otros llegan de zonas distales y llegan a través de flujo sanguíneo. Estas células actúan en la lámina dura adyacente para eliminar hueso mediante la reabsorción.

Además también se necesita osteoblastos para formar nuevo tejido óseo en el lado sometido a tensión y para remodelar las zonas reabsorbidas en el lado de presión.<sup>21</sup>

Se han desarrollado otras técnicas para facilitar el movimiento ortodóncico. La más conocida quizás es la corticotomía, en donde el objetivo de este procedimiento es activar los osteoblastos y osteoclastos para facilitar el movimiento dental con una respuesta favorable para el hueso. La corticotomía consiste en una maniobra quirúrgica en la cual se hace un corte o una perforación en la cortical del hueso, ya sea con instrumentos rotatorios como la pieza de mano de alta velocidad o instrumentos piezoeléctricos, todos estos con abundante irrigación. La corticotomía se caracteriza por la disminución de tres a cuatro veces el tiempo de un tratamiento de ortodoncia, además de disminuir la resorción radicular y obtener mayor estabilidad que con el tratamiento ortodóncico convencional. Otras ventajas adicionales de este procedimiento son: posibilidad de movimientos más extensos sin comprometer periodontalmente al paciente, mayor estabilidad postratamiento por el proceso de desmineralización/remineralización del alveolo en condiciones iniciales y presencia de hueso neoformado una vez terminado el movimiento y disminuye las posibilidades de extracciones dentales.<sup>22</sup>

Además otra técnica desarrollada para afectar la movilidad del movimiento ortodóncico es la terapia con niveles bajos de láser. En un experimento realizado con humanos en donde se evaluó a 20 personas (14 mujeres y 6 hombres) con tratamiento de ortodoncia se aplicó una terapia de laser con diodos de Galio-Aluminio-Arsenio (Ga-Al-As) en el día 0, 3rd, 7th, 14th, 21st, y 28th día de tratamiento. Los incisivos superiores derechos conformaron el grupo experimental mientras que los incisivos superiores izquierdos conformaron el grupo control. Este estudio demostró que la aplicación de niveles bajos de laser aceleró significativamente el movimiento dental ortodóncico.<sup>23</sup>

#### **3.2.2.4 Respuesta Tisular Del Periodonto**

La aplicación de una fuerza continua sobre la corona del diente conduce al movimiento dentario dentro de la apófisis alveolar, que viene señalado en un principio por el estrechamiento de la membrana periodontal, en particular en la zona marginal. Después de un cierto periodo de tiempo, los osteoclastos se diferencian por toda la pared del hueso alveolar, tal como se produce en las sujetos humanos jóvenes después de 30 a 40 horas.

La duración del movimiento se divide en un periodo inicial y uno secundario. Se observa de forma notable una reabsorción directa del hueso en el periodo secundario, cuando el tejido hialinizado ha desaparecido tras la socavación derivada de la reabsorción. Puede observarse una reabsorción de los dientes, cuando la raíz se desplaza en paralelo a la superficie ósea sin originar una compresión significativa.

Todas las alteraciones permanentes dependen de la actividad celular. Cuando las condiciones son favorables, las células aumentan en número y se diferencian en osteoclastos y fibroblastos. La anchura de las membranas aumenta por la remoción osteoclástica del hueso, y varía la orientación de las fibras en la membrana periodontal, a medida que lo hace la disposición de la sustancia fundamental. Los estudios experimentales señalan que los fibroblastos no solo son capaces de sintetizar tejido fibroso y sustancia fundamental, sino que también juegan un papel importante en la destrucción del tejido conjuntivo. Estos procesos se producen de forma simultánea.

Durante la etapa crucial de la aplicación inicial de fuerza, la compresión en zonas limitadas de la membrana impide con frecuencia la circulación vascular y la diferenciación celular, lo que origina la degradación de las células y las estructuras vasculares, en vez de la proliferación y la diferenciación. El tejido muestra un aspecto vidrioso al microscopio óptico, que se denomina hialinización.

La hialinización es originada, parcialmente, por factores anatómicos y mecánicos, y casi siempre es inevitable en el periodo inicial del movimiento dentario, en ortodoncia clínica. La hialinización representa una zona necrótica estéril, limitada generalmente a 1 o 2 mm de diámetro. El proceso presenta tres etapas principales: La degeneración, la eliminación de tejido destruido, y el establecimiento de una nueva inserción dentaria.

La degeneración comienza donde la presión es más elevada y el estrechamiento de la membrana es más pronunciado, es decir, alrededor de espículas óseas. Dicha degeneración puede limitarse a partes de la membrana o extenderse desde la superficie radicular hasta el hueso alveolar. La microscopía electrónica ha demostrado que puede producirse cambios vasculares y celulares avanzados a las pocas horas de la aplicación de la fuerza. El retraso en el flujo sanguíneo se continúa de la desintegración de las paredes vasculares y la degradación de los elementos sanguíneos. Todos ellos producidos por mecanismos diferentes de los observados durante la destrucción fisiológica. Las células sufren una serie de cambios, comenzando por el hinchamiento de la mitocondria y el retículo endoplasmático, y continuando con la ruptura y la disolución de la membrana citoplasmática. Esto conduce a unos núcleos aislados entre elementos fibrosos comprimidos (picnosis), y es el primer indicador de la hialinización. Tras un periodo de destrucción de los núcleos, sólo permanecen elementos celulares no identificables entre las fibras de colágeno, que están sufriendo una lenta degradación. No se halla ningún leucocito polimorfo nuclear en el LPO que rodea la zona hialinizada. Se produce una inflamación ligera, y según se observa en la microscopía electrónica (MTE), los macrófagos juegan un papel importante en la posterior etapa de la reacción.

En las zonas hialinizadas, las células no se pueden diferenciar en osteoclastos y no puede tener lugar a ninguna reabsorción ósea desde la membrana periodontal. El movimiento del diente se detiene hasta que se ha reabsorbido el hueso alveolar adyacente, se han eliminado las estructuras hialinizadas y la zona se ha repoblado con

células. Puede esperarse que persista durante 2 a 4 semanas en un paciente joven una zona hialinizadas limitada producida durante la aplicación de fuerzas ligeras. Cuando la densidad del hueso es elevada, la duración es mayor.

Las zonas periféricas del tejido hialinizadas comprimido son eliminadas por una invasión de células y vasos sanguíneos procedentes del LPO adyacente sin dañar. Los materiales hialinizados son ingeridos por la actividad fagocítica de los macrófagos, y se eliminan por completo.

Evidencias recientes demuestran que las células gigantes multinucleadas que pertenecen al sistema mononuclear fagocítico son responsables de gran parte de la eliminación de tejido necrótico y de la reabsorción de la parte superficial del cemento radicular en esta situación, en la cual puede producirse una reabsorción radicular indeseable. El hueso alveolar adyacente se elimina mediante la reabsorción indirecta por células que se han diferenciado en osteoclastos sobre las superficies de los espacios medulares adyacentes o, si se fusionan la pared alveolar y la cortical ósea externa, sobre la superficie de la apófisis alveolar. La eliminación del hueso subyacente se continúa con un movimiento dentario adicional.

Cuando las fuerzas ortodóncicas aplicadas sobre los dientes humanos se mantienen dentro del intervalo óptimo empleado en la práctica de la ortodoncia, los osteoclastos del hueso alveolar adyacente al ligamento periodontal hialinizado no revelan signos de degeneración ni de muerte celular con necrosis del hueso.

El restablecimiento de la inserción dentaria en las zonas hialinizadas comienza por la síntesis de nuevos elementos tisulares tan pronto como se han eliminado el hueso adyacente y el tejido degenerado de la membrana. En este momento, el aspecto del ligamento es más amplio que antes de comenzar el tratamiento, y el tejido de la membrana bajo reparación es rico en células.

En el periodo secundario de movimiento dentario el ligamento periodontal se ensancha de forma considerable. Los osteoclastos atacan la superficie ósea sobre una zona mucho más amplia. A medida que se mantiene la fuerza dentro de ciertos límites o se lleva a cabo la reactivación ligera de la fuerza, la reabsorción ósea que sigue es predominantemente directa. El aparato fibroso de inserción se reorganiza, las cuales se unen a la superficie radicular y a partes de la pared del hueso mediante el depósito de nuevo tejido, en el que las fibrillas quedan incluidas. Cuando la aplicación de una fuerza es favorable, aparecen una gran cantidad de osteoclastos a lo largo de la superficie ósea, y el movimiento dentario es rápido. Las modernas técnicas histológicas revelan una amplia destrucción de las fibras en el lado de presión, de modo que solo aquella parte de las fibras situada junto a la superficie radicular se conserva en grado considerable. Tiene lugar por toda la membrana la reorganización completa del sistema fibroso.

La característica principal es el depósito de nuevo hueso sobre la superficie alveolar de la que se está alejando el diente. Sin embargo, pueden observarse cambios degenerativos, con reducción del número de células, La proliferación celular suele producirse después de 30 a 40 horas en los humanos jóvenes. Las células recién formadas, osteoclastos con núcleos teñidos intensamente, presentan un aspecto característico. Pueden observarse osteoclastos junto a haces fibrosos estriados. Sin embargo, debido a la tracción ejercida, algunos de ellos se alejan ligeramente. Esta disposición se observa con frecuencia durante la etapa inicial de formación del hueso.

Poco después de comenzar la proliferación celular, se deposita tejido osteoide sobre el lado de tracción. La formación de este nuevo osteoide depende en cierta medida de la forma y espesor de los haces de fibras. Si los haces son gruesos, el osteoide recién formado se deposita junto a los haces fibrosos estirados, lo que da a lugar a la formación de láminas óseas. Las fibras periodontales originadas quedan incluidas en

las nuevas capas de tejido preóseo u osteoide, que se mineraliza en las partes más profundas.

Se deposita nuevo hueso hasta que la anchura de la membrana he regresado a límites normales, y se remodela de forma simultánea el sistema fibroso. Las fibras tensadas originales no se destruyen en el mismo grado que en el caso del lado de presión y la remodelación implica la reabsorción y sustitución de colágeno, que conduce al alargamiento de las fibras, cuyo mecanismo se desconoce en gran medida. Mediante el empleo del microscopio óptico, Khouw y Goldhaber habían descrito una vasodilatación en las zonas de tracción. Tygh y cols, mediante microscopia electrónica (ME) han demostrado que, durante la tracción inicial o consistente, el sistema vascular se activa y contribuye a la reconstrucción del sistema de fibras. La ME también permite la identificación de un gran número de células observadas alrededor de los vasos así como la infiltración vascular, por los macrófagos. Las células y otros leucocitos que migran de los vasos del LPO (ligamento periodontal), a la vez proteínas y fluidos, pueden producir y liberar factores que interactúen con células diana en el LPO y el hueso alveolar, lo que inicia una respuesta aguda. Las reacciones que se producen en las zonas donde el LPO se somete a una tensión excesiva constituyen los típicos esfuerzos del organismo por contrarrestar los estímulos nocivos y reparar o sustituir el tejido dañado.

De forma simultánea a la aposición de hueso sobre la superficie periodontal en el lado de tracción, se produce un proceso de reabsorción acompañante en la superficie esponjosa del hueso alveolar que tiende a mantener las dimensiones del tejido óseo de soporte. De forma correspondiente, durante la reabsorción del hueso alveolar en el lado de presión, se asegura el mantenimiento del espesor de la lámina alveolar mediante la aposición sobre la sustancia esponjosa. Estos procesos están mediados por las células del endostio, que recubren todas las superficies óseas internas y los alveolos dentarios.

Tiene lugar una amplia remodelación en las capas más profundas del periostio, ricas en células, al incidir las fuerzas ortodóncicas, una reacción que tiene a restaurar el espesor del hueso de soporte.

La observación de que el movimiento ortodóncico de los dientes implica muchas reacciones de tipo inflamatorio es importante en el sentido de que esto, a su vez, ha reforzado la comprensión de que toda la cascada de factores implicados en la inflamación puede ser parte de las reacciones a las fuerzas ortodóncicas en los tejidos de soporte dentario, es decir, la destrucción extracelular del colágeno mediante colagenasas, producidas por la interacción entre leucocitos y fibroblastos. El ortodoncista no debería sentirse incómodo por producir zonas localizadas de inflamación en el LPO durante el movimiento terapéutico del diente. El término inflamación no debería confundirse con el de infección, como ocurre a menudo en su uso popular. En ortodoncia, la inflamación es un proceso que se produce en un entorno localizado, cuando se necesita una respuesta rápida ante una tensión que es percibida de forma transitoria como demasiado pesada por parte de las células.

No se produce ninguna secuela indeseable en el paciente medio siempre que la necrosis estéril, localizada en una zona del LPO bajo compresión o con excesiva tracción, sea de corta duración y no esté complicada con una infección localizada. Sin embargo, por razones aún desconocidas, unos pocos pacientes son proclives a perder soporte periodontal y mostrar una reabsorción radicular en respuesta a pequeñas agresiones.<sup>24</sup>

### **3.2.2.5 Transmisión De La Influencia Mecánica En Reacción Celular**

¿Cómo saben las distancias que deben reaccionar y de qué forma concreta? Muchos mecanismos se han considerado responsables de la diferenciación de las células al

producirse la aplicación de una fuerza ortodóncica. En los siguientes párrafos se presentan unas cuantas de ellas.

La piezo electricidad en el hueso es una carga eléctrica producida por la deformación de estructuras cristalinas, como la hidroxiapatita, el colágeno y las proteínas fibrosas. Si se dobla un hueso largo, la superficie cóncava se vuelve de carga negativa, lo que se cree que estimula la formación de hueso. La flexión del hueso alveolar durante la aplicación de una fuerza ortodóncica parece relacionarse con la diferenciación de células especializadas.

La perturbación de las células periodontales como resultado de las fuerzas ortodóncicas puede modificar la entrada de iones de calcio y sodio en las células, que a su vez alteran la producción de los “segundos mensajeros celulares”: adenosín monofosfato cíclico y guanósín monofosfato cíclico (AMPc o GMPc). Los bajos niveles de AMPc y GMPc influyen en la diferenciación de las células para la producción de hueso.

La tensión mecánica de origen ortodóncico puede inducir a que células localizadas sintetizen prostaglandinas, las cuales estimulan la reabsorción osteoclástica del hueso. Sin embargo, también deberían tenerse como posibles determinantes otros factores, como la tensión de oxígeno, los cambios en el pH en el micro entorno y la comunicación entre los osteocitos y las células que recubren las superficies óseas.

Las fuerzas ortodóncicas activan tanto el sistema nervioso como inmune. Los experimentos indican que el aumento en los segundos mensajeros (es decir, AMPc y GMPc) en las células periodontales no procede únicamente de los efectos directo de las fuerzas mecánicas, sino también de los agentes endógenos de señalización. Los neuropéptidos (sustancia P, polipéptido intestinal vasoactivo, péptido relacionado con el gen de la calcitonina y otro) actúan como neurotransmisores de las fibras nerviosas sensitivas del LOP, y aportan una conexión entre el estímulo físico y la respuesta

bioquímica. Las terminaciones nerviosas sensibles al dolor liberan sustancia P almacenada al LPO, lo que conduce a que dicha sustancia se una a receptores celulares específicos, en particular de los osteoblastos del hueso alveolar, y por medio de la interacción con las células endoteliales para conseguir una rápida vasodilatación.

La aplicación de tensiones ortodóncicas origina un aumento significativo en la intensidad de tinción de la interleucina – 1alfa en todos los tipos celulares del LPO y, en particular, en los osteoblastos de las zonas de tracción y los osteoclastos de las áreas de compresión.

De este modo, el movimiento ortodóncico de los dientes puede mostrar características localizadas de un proceso de daño/reparación con reacciones de tipo inflamatorio: elevada actividad vascular, muchos leucocitos y macrófagos, e implicación de los sistemas inmunes. Debe reducirse al mínimo el estrechamiento y compresión localizadas excesivos (hialinización).

La tensión mecánica de origen ortodóncico puede inducir a que células localizadas sinteticen prostaglandinas, las cuales estimulan la reabsorción osteoclástica del hueso. Sin embargo, también deberían tenerse como posibles determinantes otros factores, como la tensión de oxígeno, los cambios en el pH en el micro entorno y la comunicación entre los osteocitos y las células que recubren la superficie ósea.

Las fuerzas ortodóncicas activan tanto el sistema nervioso como el inmune. Los experimentos indican que el aumento en los segundos mensajeros (es decir, AMPc y GMPc) en las células periodontales no procede únicamente de los efectos directos de las fuerzas mecánicas, sino también de los agentes endógenos de señalización. Los neuropéptidos (sustancia p, polipetido intestinal vaso activo, péptido relacionado con el gen de la calcitonina y otros) actúan como neurotransmisores de las fibras nerviosas sensitivas del LPO, y aportan una conexión entre el estímulo físico y la respuesta bioquímica. Las terminaciones nerviosas sensibles al dolor liberan sustancia P

almacenada al LPO, lo que conduce a que dicha sustancia se una a receptores celulares específicos, en particular a los osteoblastos del hueso alveolar, y por medio de la interacción con las células endoteliales para conseguir una rápida vasodilatación.

La aplicación de tensiones ortodóncicas origina un aumento significativo en la intensidad de tinción de la interleucina-1alfa en todos los tipos celulares del LPO y, en particular, en los osteoblastos de las zonas de tracción y los osteoclastos de las de compresión. Del mismo modo, las fuerzas ortodóncicas producen un gran aumento en la intensidad de tinción celular de la interleucina-1beta, en particular en los osteoblastos de las zonas de tracción y los osteoclastos de las áreas de compresión.

De este modo, el movimiento ortodóncico de los dientes puede mostrar características localizadas de un proceso de daño/reparación como reacciones de tipo inflamatorio: Elevada actividad vascular, muchos leucocitos y macrófagos, e implicación de los sistemas inmunes. Debe reducirse al mínimo el estiramiento y compresión localizadas excesivas (hialinización), e, particular en zonas de cortical ósea delgada por vestibular y lingual de las regiones anteriores, en zonas de cortical gruesa del sueño de la nariz, y en las tablas óseas vestibular y lingual de los sectores posteriores de la mandíbula.<sup>24</sup>

### **3.2.3 Fuerzas Ortodóncicas**

La definición de las fuerzas ortodóncicas defieren por motivos de tradición, y en la ortodoncia actual existe una interacción complicada entre muchas combinaciones de fuerzas. Cualquier fuerza origina una reacción en sentido opuesto, lo que supone un problema. El ortodoncista debe conocer el uso de ambos componentes y, cuando sea posible, el modo de contrarrestar o disipar las reacciones indeseables. Con frecuencia, el movimiento dentario planificado se lleva a cabo incluyendo un mayor número de dientes, o de mayor tamaño, en la unidad de anclaje, lo que aumenta la cantidad de superficies radiculares que ofrecen resistencia. De esta forma, la fuerza reactiva desencadenaría una variación escasa o nula en los tejidos de soporte de los dientes de anclaje, mientras que la fuerza es óptima para el movimiento del diente o dientes deseados.

Las fuerzas ortodóncicas comprende aquellas que ejercen su carga sobre el LPO y la apófisis alveolar, mientras que las ortopédicas son más potentes, y actúan sobre las partes basales de los maxilares. Las variables decisivas acerca de estas fuerzas, a nivel celular, son aplicación, magnitud, duración y dirección de la fuerza.<sup>24</sup>

#### **3.2.3.1 Tipos De Fuerzas**

Existen dos tipo distintos de fuerzas a aplicar Continua e Intermitente. Los aparatos fijos modernos se basan en las fuerzas continuas ligeras producidas por el arco de alambre. Sin embargo, puede interrumpirse una fuerza continua tras un periodo limitado. Un ejemplo de dicha fuerza Continua interrumpida es el movimiento que se produce cuando se liga un diente a un arco vestibular, de modo que el diente mantiene en posición una vez que la fuerza ya no se aplica más. Otro ejemplo es el movimiento de torsión realizado por el arco de canto.

Aunque la típica fuerza continua actúa durante periodos prolongados, la fuerza interrumpida es de otra duración (de 3 a 4 semanas de media), en comparación. En

ortodoncia clínica, puede tener ventajas un movimiento dentario interrumpido. Debido al aumento en el número de células, el tejido osteoide se deposita en los espacios medulares abiertos del lado de presión, y en otras zonas que no sufren una reacción directa. En el lado de tracción, se produce una calcificación y reorganización gradual del tejido recién formado durante el periodo de reposo. De este modo reorganizarse, y la proliferación celular es favorable para los posteriores cambios tisulares cuando se activa de nuevo el aparato.

Una fuerza intermitente actúa durante un periodo corto, y es producida principalmente por aparatos removibles, en especial, los funcionales. Los aparatos removibles pueden dar lugar a fuerzas de forma periódica, que son, en parte, de tipo intermitente. Todo esto se aplica a los resortes que descansan sobre la superficie dentaria, los cuales producen impulsos y estímulos de corta duración a medida que el aparato se mueve al hablar y tragar. Posteriormente, la acción intermitente puede dar a lugar, en grado variable, a una menor compresión en el lado de presión, y a periodos de hialinización más cortos.

La variación más importante en la reacción tisular se produce cuando el aparato se retira de forma intermitente y, posteriormente, ya no contacta con los dientes a desplazar. Durante el periodo de reposo, los dientes se desplazan ligeramente hacia el lado de tracción, y continúan ejerciendo su función normal durante la mayor parte del tratamiento. Por la misma razón, las fibras periodontales suelen retener una disposición funcional. Esto da a lugar a una mejora en la circulación y al aumento frecuente en el número de células del LPO. Una presión intermitente puede actuar como irritante y, con frecuencia, desencadenar cambios formativos en especial en sujetos jóvenes. El osteoide se deposita entonces en las zonas de la superficie ósea no sometida a presión. El aumento en los elementos celulares depende en gran medida de la reacción de cada individuo.

Existen experimentos que han demostrado que el movimiento efectuado por una fuerza intermitente depende de la duración del tiempo de aplicación y la magnitud de la fuerza. Dicha fuerza, al tener una acción elástica, se acompaña en ocasiones de una semihialinización en el lado de presión. La semihialinización significa que no todas las fibras de la zona comprimidas se encuentran libres de células. En dichos casos, los osteoclastos pueden formarse directamente en la superficie ósea subyacente al tejido hialinizado. Esto implica que la reabsorción ósea está menos alterada por la hialinización. Debido a estos factores, puede efectuarse un movimiento suave y uniforme con un aparato removible que ejerza una fuerza bastante pequeña, y se emplee de forma tan regular como sea posible.

La mayor parte de los aparatos funcionales, como el activador, permanecen sueltos en la boca, y con frecuencia pueden dar lugar a la reabsorción directa del hueso en el lado de presión. Incluso durante la etapa inicial. Esto se produce cuando la placa ejerce una ligera presión sobre los dientes. Los osteoclastos se observan posteriormente por toda la superficie ósea después de 3 a 4 días. Puesto que un proceso de reabsorción, una vez comenzado, continúa durante 8 a 10 días, se crean condiciones para que se dé una reacción tisular favorable, incluso si se lleva la placa únicamente por la noche. Este tipo funcional de fuerzas intermitentes estimula la circulación, y se observa con frecuencia un aumento considerable en el número de células en los lados de presión y tracción. Pueden producirse cortos periodos de hialinización. Estas observaciones tienden a demostrar que un aparato funcional intermitente desplaza los dientes más rápidamente, siempre que la fuerza sea ligera y actúe también durante el día.

Este principio también se aplica al lado de tracción. La formación de osteoblastos y de tejido osteoide depende en gran medida de la duración del periodo en el que está actuando el aparato. Cuando se utiliza sólo por la noche el osteoide se forma en el lado de tracción al cabo de 2 a 3 días. Durante el día, cuando se retira el aparato, el

diente retroceden sólo ligeramente, sin ejercer presión directa, se forma nuevo tejido osteoide cada vez que se utiliza el aparato removible. Esta adición gradual de nuevo tejido de las nuevas capas de hueso menos extensa que tras un movimiento con fuerzas continuas. Debido a que los dientes conservan su función normal durante la mayor parte del periodo de tratamiento las estructuras, recién formadas sufren una adaptación funcional gradual, lo que asume que no se produce ninguna sacudida no deseada por parte de las fuerzas oclusales.<sup>24</sup>

### **3.2.3.2 Magnitud De Las Fuerzas**

Una fuerza ligera a una cierta distancia desplaza a un diente más rápidamente y con menor deterioro de los tejidos de soporte que una intensa. Lo que se considera una fuerza ligera o intensa depende del modo de aplicación y la disposición mecánica de las unidades dentarias receptoras. Una fuerza localizada que se pretende que desplace un solo diente unirradicular debería constituir únicamente una pequeña fracción de la que se emplearía para mover un bloque de dientes. Además de cualquier fuerza aplicada, también están las fuerzas normales de masticación.

Para estudiar las reacciones ante cargas intensas y continuas (50 centinewton [cN]), se llevó a cabo la inclinación experimental de los primeros molares en ratas. Los resultados indicaban un patrón en la reacción del LOP y del hueso ante las tensiones de tracción:

1. Hasta cierto nivel de tensión o duración, las reacciones se producen principalmente en la membrana periodontal, con un aumento en la vascularización, proliferación celular, formación de fibras y aposición de osteoide sobre las superficies óseas.
2. Más allá de cierto nivel de tensión o duración, se produce una disminución del soporte vascular en el LPO y la destrucción de células entre las fibras estiradas. Las reacciones se vuelven más significativas dentro del hueso

alveolar, con eliminación y reabsorción por socavación de las fibras de Sharpey de la parte posterior, lo que permite la invasión vascular de células en la membrana periodontal, procedentes del hueso alveolar.

3. Cuando la fuerza es consistente y de larga duración, puede producirse una reducción vertical de la altura del hueso alveolar proximal.

El objetivo de aplicar una fuerza ligera es aumentar la actividad celular sin originar una compresión indebida del tejido, y preparar los tejidos para las modificaciones posteriores. En general, la magnitud de la fuerza determina la duración de la hialinización. La duración es más corta dentro de un nivel de fuerzas ligero, aunque la tendencia es hacia un periodo de hialinización inicial más largo, y también hacia la formación de zonas hialinizadas secundarias cuando se aplican fuerzas de excesiva intensidad.

Otra razón para aplicar fuerzas ligeras es que dan a lugar a menos molestias y dolor en el paciente. Persisten terminaciones nerviosas desmineralizadas en el tejido hialinizado, y están más o menos comprimidas durante la etapa inicial

### **3.2.3.3. Duración De La Fuerza**

La duración de la fuerza, equivalente al tiempo de tratamiento, se considera con frecuencia como un factor más crucial que la magnitud de la fuerza en lo relativo a las reacciones adversas en los tejidos, en especial ante periodos largos de tratamiento y en casos con una alta densidad del hueso alveolar.<sup>23</sup>

### **3.2.4 Tipos De Movimientos Dentarios**

Todos los movimientos dentarios pueden describirse en términos de rotación y traslación. Esta discusión sólo aborda los pequeños movimientos iniciales de los dientes que se producen dentro del espacio periodontal. Sin duda, los movimientos mayores de larga duración son el resultado de una sucesión de movimientos menores, que dependen del patrón de remodelado alveolar. Con fines ilustrativos, las fuerzas y

movimientos se describen con frecuencia como versión, torsión, gresión, intrusión, extrusión y rotación. Sin embargo, tal como se ha mencionado previamente, el tipo de hueso por el que se desplaza el diente es un factor a considerar. Por tanto, el movimiento de un diente hacia una cortical delgada situada por vestibular o lingual debe llevarse a cabo con sumo cuidado para evitar complicaciones.

#### **3.2.4.1 Versión**

La versión de un diente conduce a una concentración de presiones en zonas limitadas del LPO. Se forma un fulcro, que potencia el movimiento de la raíz en sentido opuesto. Si el fulcro se localiza en la parte coronal, se inclina el ápice radicular.

Un movimiento de versión casi siempre da lugar a la formación de una zona hialinizada ligeramente por debajo de la cresta alveolar, en particular cuando el diente una raíz corta, escasamente desarrollada. Si la raíz de ha desarrollado por completo, la zona hialinizada se localiza a corta distancia de la cresta alveolar. La versión de un diente mediante fuerzas continuas ligeras da lugar a un movimiento mayor en un periodo de tiempo más corto que el obtenido por otros métodos. Sin embargo, la porción coronaria del diente se mueve, sobre todo, porque existen relativamente pocos haces de fibras que se resistan al movimiento en el lado de tracción.

En la mayor parte de los pacientes jóvenes de ortodoncia, la reabsorción de hueso resultante de un movimiento moderado de versión se suele continuar de una formación compensatoria de hueso. El grado de dicha compensación varía de cada individuo y depende principalmente de la presencia de osteoblastos formadores de hueso en el periostio. La oposición compensatoria de hueso periótico en la región apical también está sujeto a cierta variación, según existan o no osteoblastos en el periostio.

La versión de los dientes en el adulto, en sentido vestibular puede dar a lugar a una destrucción ósea de la cresta alveolar, con poca formación compensatoria de hueso. Dicha reabsorción indeseable de hueso se ha observado incluso en pacientes jóvenes.

Además, tras un movimiento prolongado de la porción apical de la raíz en sentido opuesto, puede producirse la reabsorción de la tabla ósea en la región apical de forma tan rápida que la raíz atraviese posteriormente el hueso.<sup>24</sup>

#### **3.2.4.2 Torsión**

El movimiento de torsión de un diente implica la inclinación del ápice. Durante el movimiento inicial de torsión, la zona de presión se localiza cerca de la región media de la raíz. Éste se produce porque el LPO normalmente es más ancho en el tercio apical que en el medio. Tras la reabsorción de las zonas óseas correspondientes al tercio medio, la superficie apical de la raíz comienza de forma gradual a comprimir las fibras periodontales adyacentes y se establece una zona más amplia de presión.<sup>24</sup>

#### **3.2.4.3 Movimiento de Gresión**

El movimiento dentario de gresión se obtiene estableciendo un par de fuerzas que actúan según líneas paralelas y distribuyen las fuerzas por toda la superficie del hueso alveolar. Este es un método favorable de desplazamiento siempre que la magnitud de la fuerza no supere cierto límite.

El movimiento del segundo y tercer premolar inferiores en un perro con una fuerza de 40 cN no revela zonas de compresión, y se produjo la reabsorción directa del hueso en la superficie ósea del lado de presión. Sin embargo, se trata de un experimento cuidadosamente controlado, que apenas podría reproducirse en un paciente humano de ortodoncia. La aplicación de una fuerza ligera y continua sobre los premolares de un perro dio lugar a pequeñas zonas de compresión poco después de que comenzara el movimiento, con una zona de hialinizada de corta duración localizada habitualmente según se observa en la figura 5-55. No se observa ningún movimiento de gresión en el diente, en sentido mecánico, pero en su lugar, se advierte una ligera versión. El grado de versión inicial varía de acuerdo a las dimensiones de la arcada y la anchura de los brackets.

La corta duración de la hialinización se debe al aumento de la reabsorción ósea en ambos lados del tejido hialinizado, en especial en la región apical del lado de presión, lo que conduce a la rápida eliminación de la zona de hialinización. El LPO del lado de presión suele ensancharse de forma considerable en el proceso de reabsorción. Un mayor movimiento dentario produce, la mayor parte de los casos, sólo pequeñas zonas hialinas de corta duración. Esta reacción favorable en el lado de presión está originada en parte por el aumento gradual en el estiramiento de los haces de fibras en el lado de tracción, que tiende a impedir una mayor inclinación del diente. Se forma nuevas capas de hueso en el lado de tracción, junto a estos haces de fibras.

Un diente que se desplaza por versión también se encuentra con frecuencia algo extruido, lo cual se debe a la dirección del estiramiento de las fibras que facilita una mayor inclinación. Incluso la gresión de un diente puede llevar a una ligera extrusión, a menos que el arco de alambre se haya ajustado para compensar cualquier tendencia a la extrusión.<sup>24</sup>

#### **3.2.4.4 Rotación**

En la rotación de un diente alrededor de su eje mayor, la fuerza puede distribuirse por todo el LPO en vez de sobre una franja vertical estrecha, mientras que pueden aplicarse fuerzas mayores que en otros movimientos dentarios.

La corrección de un diente rotado suele considerarse un procedimiento mecánico bastante sencillo. Sin embargo, desde un punto de vista histológico, la transformación del tejido que se produce durante la rotación viene influida en gran medida por la disposición anatómica de las estructuras de soporte. En la región marginal, la mayor parte de los haces de fibras periodontales constan de grupos de fibras libres y transeptales. Aunque las fibras principales de los tercios medio y apical se anclan a la superficie radicular y al hueso alveolar, las fibras de las estructuras supraalveolares. Se ha demostrado que esta diferencia en la inserción de los haces de fibras tiene gran

importancia en particular durante el periodo de retención. Después de la rotación del diente, el estiramiento del tejido de la encía libre puede originar el desplazamiento de las fibras de colágeno, elásticas y de oxitalán localizadas incluso a cierta distancia del diente a desplazar.

En la práctica, la mayor parte de los dientes a tora crean dos lados de presión y dos lados de tracción. La rotación puede originar ciertas variaciones en el tipo de respuesta tisular que se observa en los lados de presión. De forma ocasional, la hialinización y la reabsorción ósea por socavación tiene lugar en una las zonas de presión, mientras que se produce una reabsorción ósea directa en la otra. Estas variaciones están causadas principalmente por la anatomía del diente y la magnitud de la fuerza. AL igual que en otro tipos de movimiento dentario, la aplicación de una fuerza ligera durante el periodo inicial es favorable. Tras la rotación durante 2 a 4 semanas, la reabsorción por socavación suele finalizar y la reabsorción directa del hueso prevalece en el lado de presión.

En el lado de tracción, se forman nuevas espículas óseas junto a los haces de fibras estiradas dispuestos, más o menos, en sentido oblicuo. La elongación y la disposición oblicua de los haces de fibras de soporte requiere un periodo de retención una vez que ha finalizado el tratamiento. En la región marginal, la rotación suele originar un desplazamiento considerable de las estructuras fibrosas. Los grupos de fibras de la encía libre se disponen en oblicuo desde la superficie radicular. Puesto que estos haces de fibras se entrelazan con las estructuras periósticas y todo el sistema de fibras supraalveolares, la rotación también origina el desplazamiento del tejido fibroso localizado a cierta distancia de los dientes rotados.

Los haces de fibras de las nuevas capas de hueso de los tercio medio y apical se reordenan tras un período bastante corto de retención. Sin embargo, las fibras de encía libre permanecen estiradas y desplazadas hasta 232 días y hasta posiblemente

más tiempo. Según estas observaciones, se ha recomendado la sobrerrotación o la fibrotomía.<sup>24</sup>

#### **3.2.4.5 Extrusión**

Desde el punto de vista ideal, los movimientos extrusivos no producen zonas de compresión dentro del LPO, sólo de tracción. Incluso si pudieran evitar las zonas de compresión, las fuerzas intensas ponen en riesgo la extracción del diente. Sin embargo, las fuerzas ligeras mueven el hueso alveolar con el diente.

Con variaciones según la reacción tisular de cada individuo, los haces de fibras periodontales se alargan y se deposita nuevo hueso en las zonas de la cresta alveolar, como resultado de la tracción ejercida por estos haces de fibras estirados. En los individuos jóvenes, la extrusión de un diente implica un estiramiento y desplazamiento de los haces de fibras supraalveolares más prologados que los de las fibras principales de los tercios medio y apicales. Algunas de las fibras pueden estar sometidas un cierto tiempo a estiramientos durante el movimiento dentario, pero se reorganizarán después de un periodo de retención bastante corto. Únicamente los haces de fibras supraalveolares continuarán estirados durante más tiempo.

En los pacientes adultos, los haces de fibras también se estiran durante la extrusión, pero se alargan y se reorganizan con menor facilidad después del tratamiento. La fuerza ejercida no debe superar los 25 a 30 cN, ya que la extrusión constituye el tipo de movimiento dentario que requiere la fuerza más pequeña. Es deseable la exploración radiográfica periódica, ya que puede revelar lo que ocurre en la región apical, tal como se muestra en la figura. El espacio abierto en la región apical consta, en parte, de osteoide sin calcificar, el cual no se percibe en la radiografía. Después de 4 o 5 semanas, el hueso calcificado comienza a hacerse visible en la zona apical.<sup>24</sup>

### 3.2.5 Fisiología Ósea

La evaluación precisa de la respuesta ortodóncica u ortopédica a las cargas aplicadas requiere marcadores de tiempo (marcadores óseos) e índices fisiológicos (marcadores de ADN, histoquímica e hibridación in situ) de la función de las células óseas.

Metodología específica de evaluación

La interpretación fisiológica de la respuesta a las cargas aplicadas requiere el uso de métodos adaptados de forma específica:

- Los *cortes mineralizados* son un medio efectivo de conservar de forma precisa las relaciones entre estructura y función
- La birrefringencia con luz polarizada detecta la orientación preferente de las fibras de colágeno en la matriz ósea
- Los *marcadores fluorescentes* señalan de forma permanente todos los lugares de mineralización ósea en un punto específico en el tiempo
- La microrradiografía evalúa los patrones de densidad mineral en los mismos cortes
- La autoradiografía detecta los precursores etiquetados de forma radiactiva empleados para marcar la actividad fisiológica
- La morfometría nuclear de volumen evalúa de forma diferencial los precursores de osteoblastos en una serie de tejidos ontogénicos
- La cinética celular es un análisis cuantitativo de la fisiología celular basado en los sucesos distinguibles morfológicamente del ciclo celular
- El modelado de elementos finitos es un método de ingeniería para el cálculo de tensiones y deformaciones en todos los materiales, incluidos los tejidos vivos
- Los microelectrodos insertados en un tejido vivo, como el LPO, pueden detectar los cambios de potencial eléctrico asociados con la carga mecánica.

- La emisión dispersa de electrones es una variante de microscopia electrónica que evalúa la densidad mineral relativa a nivel microscópico en un bloque de muestra
- La tomografía microcomputarizada es un método de imagen in vitro que determina la densidad mineral relativa del tejido óseo hasta una resolución de 5 micrómetros (aproximadamente el tamaño del núcleo de un osteoblasto).
- La prueba de microindentación es un método para determinar las propiedades mecánicas del hueso a nivel microscópico.<sup>24</sup>

El esqueleto se encuentra formado por millones de unidades funcionales básicas de remodelado, las cuales son las responsables de la renovación del tejido óseo mediante el acoplamiento de los fenómenos de formación y resorción. El ciclo de remodelado óseo que va de la resorción a la síntesis y a la mineralización, en el hombre se completa normalmente en un periodo de 3-6 meses (proceso lento pero constante) y predomina la duración de la fase formativa (meses) sobre la resorptiva (días). Durante la fase de remodelamiento solamente se altera la arquitectura interna del hueso.<sup>25</sup>

### **3.2.5.1 Ciclo de remodelamiento óseo**

El hueso es un tejido dinámico que constantemente se remodela en respuesta al estrés mecánico y cambios hormonales.

Durante la infancia y adolescencia, debido a la acción combinada de factores genéticos, hormonales y ambientales, el proceso de formación excede a la resorción, por lo que los huesos crecen tanto en largo como en espesor; cambian de forma, aumentando su masa y densidad, llegando hasta una meseta que se alcanza entre los 30 y 40 años de vida.

Las fases del remodelado son:

- a) Fase quiescente: Es el estado de reposo del hueso en donde cierto número de osteoblastos involucrados en la remodelación pueden ser incorporados a la matriz ósea y diferenciarse en osteocitos mientras que otros quedan en la superficie como células de revestimiento y otra parte de ellos muere por apoptosis.
- b) Fase de activación: Es la fase previa a la resorción y que esta determinada por microfracturas detectadas sobre las células limitantes que recubren la superficie del hueso (osteoblasto). Cuando estas células se retraen permiten la digestión de la membrana endóstica por acción de las colagenasas provocando la atracción de los osteoclastos de los vasos sanguíneos al quedar expuesta la superficie mineralizada.
- c) Fase de resorción: Inicia cuando los osteoclastos se adhieren al hueso y empiezan a reabsorber el hueso en dos etapas: primero solubilizando la matriz y posteriormente digiriendo la matriz osteoide para provocar su descomposición. Esta fase es terminada por los macrófagos, y permite liberar factores de crecimiento
- d) Fase de formación: Se produce un agrupamiento de preosteoblastos en las zonas de resorción. Estos preosteoblastos sintetizan una sustancia cementante sobre la cual se adhiere el nuevo tejido, expresando proteínas morfogenéticas óseas responsables de la diferenciación celular. Luego ya los osteoblastos diferenciados sintetizan la sustancia osteoide que llenara la zonas afectadas por los osteoclastos para que posteriormente comience la fase de mineralización del osteoide, relleno la cavidad completamente aproximadamente entre 2-3 meses.<sup>26</sup>

### **3.2.6 Plasma Rico En Plaquetas**

El plasma rico en plaquetas es un derivado sanguíneo concentrado obtenido mediante centrifugación de la sangre total que se caracteriza por poseer una alta concentración de plaquetas (4 a 6 veces sus valores normales). La gran concentración de diversos factores tróficos contenidos en los gránulos de las plaquetas sugieren que la aplicación del plasma rico en plaquetas puede contribuir a estimular o acelerar la reparación y/o la regeneración de diversos tejidos del cuerpo humano. Por otro lado, el plasma rico en plaquetas también contiene proteínas adhesivas del plasma como fibrina, fibronectina y vitronectina. Debido a la abundancia de factores de crecimiento que contiene, también se le ha llamado como plasma rico en factores de crecimiento.<sup>27</sup>

#### ***Factor de crecimiento derivado de las plaquetas (PDGF)***

- Tipos: AA, BB, AB
- Promueve indirectamente la angiogénesis a través de los macrófagos, por un mecanismo de quimiotaxis
- Activador de macrófagos;
- Facilita la formación de colágeno tipo I;
- Promueve la proliferación de las células adiposas y de los fibroblastos dérmicos

#### ***Factor de crecimiento transformante $\beta$ (TGF- $\beta$ )***

- Quimiotaxis;
- Proliferación y diferenciación de las células mesenquimales;
- Síntesis de colágeno por los osteoblastos;
- Promueve la proliferación de adipocitos y fibroblastos dérmicos humanos<sup>1</sup>;
- Pro-angiogénesis;
- Inhibe la formación de osteoclastos;
- Inhibe la proliferación de células epiteliales en presencia de otros factores.

### ***Factor de crecimiento epidérmico (EGF)***

- Efectos mitogénicos y quimiotácticos en fibroblastos y células epiteliales;
- Induce la migración celular;
- Los fibroblastos, los proosteoblastos y precondrocitos expresan un alto número de receptores para EGF;
- Estimula la formación de tejido de granulación.

### ***Factor de crecimiento fibroblástico (FGF)***

- Estimulación y coordinación de la mitogénesis de células mesenquimales como los fibroblastos, los osteoblastos, condrocitos, células musculares lisas y mioblastos esqueléticos;
- Inhibe los osteoclastos;
- Promueve la proliferación de los fibroblastos e induce la secreción de fibronectina.
- Pro-angiogénesis por acción quimiotáctica sobre células endoteliales.

### ***Factor de crecimiento insulina-like (IGF)***

- Promueve la proliferación y diferenciación de células mesenquimales y de revestimiento;
- Estimula la síntesis de osteocalcina, fosfatasa alcalina y colágeno tipo I por los osteoblastos
- Actúa como agente quimiotáctico para las células vasculares endoteliales.

### ***Factor de crecimiento vascular endotelial (VEGF)***

- Induce la quimiotaxis y proliferación de las células endoteliales;
- Provoca una hiperpermeabilidad de los vasos sanguíneos;
- Mitógeno, proapoptótico, promotor de la quimiotaxis y la diferenciación de células epiteliales, renales, gliales y fibroblastos.<sup>28</sup>

El PRP promueve la biointegración y la supervivencia de las células mesenquimales sobre las que actúa <sup>29</sup>

#### **3.2.6.1 Aplicación del PRP en periodoncia**

Se demostró la concentración elevada de PDFG en el PRP, observando un estímulo en la síntesis de ADN en los fibroblastos gingivales y en células de la membrana periodontal, así como su capacidad reguladora de la síntesis de colágeno de la matriz extracelular.

Se ha demostrado que el PDGF induce la adhesión de fibroblastos de la membrana periodontal a la raíz del diente. El IGF-I es un quimiotáctico de las células del mismo y estimula la síntesis de proteínas de los fibroblastos de la membrana periodontal periodontal. Muchos autores refieren que el uso del PRP puede ser de gran utilidad en cirugía periodontal en combinación con materiales de injerto o en otras técnicas de regeneración para la reparación de efectos intraóseos, lesiones de furcación y cavidades quísticas.<sup>30</sup>

#### **3.2.6.2 Mecanismo de acción del Plasma Rico En Plaquetas**

En particular, los factores de crecimiento regulan eventos celulares en la cicatrización de heridas, tales como la proliferación, la diferenciación, la quimiotaxis y la morfogénesis de los tejidos y órganos.<sup>31</sup>

Los factores de crecimiento pueden actuar en una forma autocrina, paracrina o endocrina. Ellos se depositan en la matriz extracelular y se liberan a continuación, durante la degradación de la matriz. Su interacción con receptores de la superficie sobre las células diana activa una vía de señalización intracelular que induce la transcripción del ARN mensajero y proteínas necesarias para el proceso de regeneración. Estos factores de crecimiento, en combinación con otros factores de transcripción, a continuación, activan un conjunto de genes. Los factores de

crecimiento también inducen cambios específicos a nivel celular. Todos estos efectos están controlados por mecanismos de retroalimentación que involucran proteínas de unión y otros factores de crecimiento.<sup>31</sup>

En un nivel más específico, la cicatrización de heridas periodontal implica fibroblastos gingivales, células epiteliales gingivales, los fibroblastos de la membrana periodontal y osteoblastos, todos los cuales son importantes para la reparación de tejidos y la regeneración de tejido duro. Se ha iniciado una serie de interacciones célula-célula bien orquestados después de la lesión. La interrupción de la vasculatura como resultado de una lesión conduce a la formación de fibrina y la agregación plaquetaria. Varios factores de crecimiento son entonces liberados en el tejido de las plaquetas y de las células adyacentes después de la lesión, incluyendo el factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), factor de crecimiento transformante-alfa, factor de crecimiento transformante beta (TGF- $\beta$ ) y similar a la insulina factor de crecimiento I (IGF-I) 0,25-28 hueso y cemento también puede liberar factores de crecimiento durante la cicatrización de heridas.

Las técnicas quirúrgicas y periodontales pueden implicar el uso de estos factores en ambos tejidos blandos y mineralizadas. Por ejemplo, la aplicación local de factores de crecimiento se utiliza para promover la curación, sobre todo la regeneración. Numerosos estudios, entre ellos una cierta investigación dental, han demostrado que el PDGF, TGF- $\beta$  y el IGF-I se encuentran en PRP y, debido a su impacto en la cicatrización de heridas, el uso de estos factores ha dado lugar a resultados prometedores.<sup>32</sup>

Tres isoformas de PDGF son posibles: AA, BB y la AB.<sup>21</sup> heterodímera, <sup>37</sup> Todas las isoformas de PDGF se liberan después de la adhesión de las plaquetas a la zona lesionada. PDGF es el factor más a fondo se describe el crecimiento en términos de sus efectos sobre el periodonto in vitro e in vivo. In vitro, todas las isoformas tienen actividad proliferativa en la membrana periodontal.

El PDGF es una glicoproteína dimérica básica que tiene como referencia como cadenas A y B. Tres isoformas de PDGF son posibles: AA, BB y la AB. Todas las isoformas de PDGF se liberan después de la adhesión de las plaquetas a la zona lesionada. PDGF es el factor más a fondo se describe el crecimiento en términos de sus efectos sobre el periodonto in vitro e in vivo. In vitro, todas las isoformas tienen actividad proliferativa en la membrana periodontal. EL PDGF también es quimiotáctico para los fibroblastos, y promueve el colágeno y la síntesis de proteínas. Además, el AA y BB isoformas aumentar la proliferación de las células óseas, aumentando la producción de PDGF-AA en cultivos de osteoblastos.

En estudios en ratas de reconstrucción periodontal, la aplicación in vivo de PDGF incrementa la regeneración ósea en defectos de calota cuando se utilizó una membrana reabsorbible como portador. La administración de PDGF con membranas de barrera aumenta la ganancia en el ligamento periodontal y el hueso en defectos de furcación de clase III. También En las lesiones periodontales de monos, la altura del hueso alveolar fue mayor después de una sola dosis de PDGF. El PDGF actúa en combinación con otros factores de crecimiento.<sup>32</sup>

El conocimiento de los factores de crecimiento y la cicatrización de heridas ha mejorado gracias a la elaboración de un gel de plaquetas autólogo o concentrarse, PRP, que se utiliza en diversos campos quirúrgicos, incluyendo cirugía de cabeza y cuello, otorrinolaringología, cirugía cardiovascular, cirugía oral y maxilofacial y periodoncia, para mejorar la cicatrización de heridas y la regeneración. La literatura médica proporciona evidencia de que las plaquetas contienen muchos factores de crecimiento, incluyendo el PDGF, IGF y TGF-b, que mejorar la curación de la herida y ayuda a inducir la regeneración de los tejidos.<sup>32</sup>

### **3.3 Hipótesis**

La administración de plasma rico en plaquetas aumenta la velocidad del movimiento dental ortodóncico en ratas.

### 3.4 Operacionalización de las variables

VARIABLE	CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADOR	Tipo de variable	ESCALA DE MEDICIÓN	CATEGORIAS
Velocidad del movimiento dentario	Cantidad de milímetros recorrido por el diente en una unidad de tiempo	Distancia interincisiva	Cuantitativa	Razón	-----
Inoculación de PRP	Sustancia rica en factores de crecimiento para acelerar el movimiento dental	Inoculación submucosa del plasma rico en plaquetas en ratas inmediatamente después de la colocación del aparato de ortodoncia.	Cualitativa	Nominal	SI  NO

## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1 Tipo de Investigación**

Este tipo de estudio fue experimental porque hubo intervención del investigador, prospectivo porque estudio el comportamiento desde el presente hacia el futuro y transversal porque se estudió en un determinado periodo de tiempo.

### **4.2 Población y Muestra**

La muestra estuvo conformada por 20 ratas macho raza Hoffmann de 12 semanas de edad con un peso de entre 200 a 300 gramos.

### **4.3 Procedimientos y Técnica**

Participaron del presente estudio 20 ratas machos raza Hoffmann, de 12 semanas de edad aproximadamente con un peso de entre 200 a 300 gramos.

Las ratas fueron asignadas en 02 grupos: 01 grupo control y 01 grupo experimental de 10 integrantes cada uno. Todas las ratas fueron anestesiadas utilizando pentobarbital, la cual consistió en la dosis de 1 mL/2.5 Kg por vía intraperitoneal.

Luego de ello se procedió a la obtención del plasma rico en plaquetas de la rata. Para ello se utilizó una aguja y mediante una punción intracardiaca a una rata de la misma especie se recolectó la sangre necesaria. Luego de ello se procedió a su centrifugación. Después se separó el tercio inferior del plasma, que es el que correspondiente al plasma rico en plaquetas.

El dispositivo ortodóncico que se utilizó fue un dobléz de 3 vueltas, de 2 mm de diámetro, con brazos de 10 mm de longitud, de alambre 0.016 de aleación beta-titanio. Se utilizó un dinamómetro para regular una tensión de 35 g en el dispositivo. Los brazos del dispositivo rodearon al diente de mesial a distal y se

mantuvieron fijos con una capa de resina fotopolimerizable. El dispositivo se mantuvo en esa posición durante 7 días.

Inmediatamente colocado el aparato de ortodoncia se inició la administración del plasma rico en plaquetas en dosis de 0.05mL para el grupo control 01 y de 0.1 mL para el grupo control 02. Mientras que al grupo control no se le administró nada.

A continuación los incisivos maxilares de todas las ratas fueron desgastados superficialmente en la cara mesial, con una fresa diamantada de fisura de 0.5 mm de diámetro para poder colocar el aparato de ortodoncia. Terminado el procedimiento se procedió a medir con el calibrador vernier la distancia interincisiva inicial de ambos grupos. Luego de ello se realizó mediciones a las 24 horas, 48 horas, tercer, cuarto, quinto, sexto y séptimo día de colocado el aparato ortodóncico.

#### **4.3.1 Metodología de obtención del Plasma Rico En Plaquetas**

Materiales Necesarios:

- Centrífuga
- Tubos citratados (con citrato sódico al 3,8%) y cerrados herméticamente
- Algodón
- Solución antiséptica
- Jeringas de tuberculina
- Contenedor para el material desechable

Primero se ordenó todo el material a utilizar, luego se administró el anestésico a la rata para poder extraerle la sangre del corazón. Se realizó una punción cardiaca y se extrajo 5 mL de sangre, posteriormente se utilizaron los tubos citratados para colectar la sangre obtenida.

Se centrifugo la sangre con un equipo digital que garantizo que los parámetros tiempo y velocidad sean los adecuados. Para ello se contó con el apoyo de personal capacitado (enfermera) en manejar lo referente a la centrífuga.

El tiempo de funcionamiento fue de 15 minutos, a una velocidad de centrifugación de 1500 rpm a temperatura de ambiente.

El plasma se separó en fracciones mediante un aspirado muy meticuloso para no crear turbulencias en las fracciones obtenidas. La fracción 1, que correspondió a un plasma con un número de plaquetas similar al de la sangre periférica. La fracción 2 correspondió a un plasma aproximadamente dos veces más concentrado en plaquetas (PGF). La fracción 3 es el plasma más rico en plaquetas y en factores de crecimiento, y es la que se extrajo para ser utilizada en el experimento.

#### **4.4 Procesamiento de Datos**

Luego de la recolección de los datos, éstos fueron procesados en una computadora utilizando los siguientes Programas: Microsoft Word 2009, SPSS y Excel. Se asumirá un error del 5% ( $p$  valor  $< 0.05$ )

#### **4.5 Análisis de Resultados**

Los datos obtenidos fueron vaceados al programa SPSS. Para el análisis descriptivo de las variables cuantitativas se utilizaran medidas de dispersión. Posteriormente se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro wilk y se determinó si para el análisis inferencial se usará pruebas paramétricas o no paramétricas

## V. RESULTADOS

### 6.1 Análisis estadístico descriptivo de las mediciones de distancia interincisiva

**Tabla 1.**

Se muestra las mediciones realizadas en el grupo control desde el día 0 (medición basal pretratamiento) hasta el día 7. Además se muestra la dosis de anestesia utilizada en cada rata según el peso.

	Peso (g)	Dosis (mL)	Basal	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Rata 1	266	0.1064	2.97	3,86	3,84	4,09	4,32	4,4	4,45	4,53
Rata 2	285	0.114	3.2	4,15	4,39	4,6	4,66	4,71	4,74	4,84
Rata 3	280	0.112	3.5	4.08	4,63	4,82	4,84	4,85	4,93	5,24
Rata 4	260	0.104	2.62	3,87	4,2	4,17	4,32	4,5	4,56	5,21
Rata 5	260	0.104	2.9	3,95	3,98	4,24	4,35	4,67	4,83	4,56
Rata 6	295	0.118	2.56	3,71	3,9	4,02	4,36	4,39	4,82	4,93
Rata 7	265	0.106	3.25	3,79	4,25	4,35	4,47	4,73	5,42	5,45
Rata 8	270	0.108	2.82	4.03	4,35	4,46	4,55	4,63	4,77	4,89
Rata 9	270	0.108	2.9	4,05	4,08	4,34	4,45	4,77	4,93	4,71
Rata 10	283	0.1132	2.87	4,2	4,44	4,65	4,71	4,76	4,79	4,89
Promedio			2.959	3.969	4.206	4.374	4.503	4.641	4.824	4.925

Tabla 2.

Se muestra las mediciones realizadas en el grupo experimental desde el día 0 (medición basal pretratamiento) hasta el día 7. Además se muestra la dosis de anestesia utilizada en cada rata según el peso.

Rata	Peso (g)	Dosis	Basal	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
1	320	0,12	2,96	3,51	3,89	4,27	4,59	4,66	4,95	5,01
2	290	0,11	2,94	3,86	4,08	4,28	4,48	4,74	4,82	4,88
3	263	0,1	2,83	3,81	4,22	4,25	4,46	4,69	5	5,06
4	340	0,14	3,15	4	4,49	4,52	4,54	4,75	4,89	4,95
5	390	0,15	2,66	3,74	4,4	4,42	4,61	4,63	5,36	5,42
6	226	0,09	3,58	4,16	4,3	6,32	7,09	7,24	7,25	7,31
7	270	0,1	2,48	4,09	4,37	4,42	4,48	4,49	4,54	4,6
8	262	0,1	2,79	3,77	4,08	4,37	4,39	4,72	5,02	5,08
9	280	0,11	3,37	4,18	4,39	4,1	5,05	5,31	5,13	5,19
10	263	0,1	289	3,99	4,13	4,15	4,24	4,75	4,74	4,8
Promedio			2,947	3,911	4,235	4,51	4,793	4,998	5,17	5,23

Tabla 3.

**Análisis estadístico descriptivo del grupo control, donde se muestran las medidas de tendencia central: mediana, media y moda para cada día de medición.**

		Distancia Interincisiva Basal	Distancia Interincisiva día 1	Distancia Interincisiva día2	Distancia Interincisiva día 3	Distancia Interincisiva día 4	Distancia Interincisiva día 5	Distancia Interincisiva día 6	Distancia Interincisiva día 7
N	Válidos	10	10	10	10	10	10	10	10
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Media</b>		<b>2.959</b>	<b>3.969</b>	<b>4.206</b>	<b>4.374</b>	<b>4.503</b>	<b>4.641</b>	<b>4.824</b>	<b>4.925</b>
<b>Mediana</b>		<b>2.9</b>	<b>3.99</b>	<b>4.225</b>	<b>4.345</b>	<b>4.46</b>	<b>4.69</b>	<b>4.805</b>	<b>4.89</b>
<b>Moda</b>		<b>2.9</b>	<b>3.71<sup>b</sup></b>	<b>3.84<sup>b</sup></b>	<b>4.02<sup>b</sup></b>	<b>4.32</b>	<b>4.39<sup>b</sup></b>	<b>4.93</b>	<b>4.89</b>

Tabla 4.

Análisis estadístico descriptivo del grupo experimental, donde se muestran las medidas de tendencia central: mediana, media y moda para cada día de medición.

		Distancia Interincisiva Basal	Distancia Interincisiva día 1	Distancia Interincisiva día2	Distancia Interincisiva día 3	Distancia Interincisiva día 4	Distancia Interincisiva día 5	Distancia Interincisiva día 6	Distancia Interincisiva día 7
N	Válidos	10	10	10	10	10	10	10	10
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Media</b>		<b>2.9650</b>	<b>3.9110</b>	<b>4.2350</b>	<b>4.5100</b>	<b>4.7930</b>	<b>4.9980</b>	<b>5.1700</b>	<b>5.2300</b>
<b>Mediana</b>		<b>2.9150</b>	<b>3.9250</b>	<b>4.2600</b>	<b>4.3250</b>	<b>4.5100</b>	<b>4.7300</b>	<b>4.9750</b>	<b>5.0350</b>
<b>Moda</b>		<b>2.48<sup>b</sup></b>	<b>3.51<sup>b</sup></b>	<b>4.08</b>	<b>4.42</b>	<b>4.48</b>	<b>4.75</b>	<b>4.54<sup>b</sup></b>	<b>4.60<sup>b</sup></b>

Tabla 5.

Comparación de medias entre grupo experimental y grupo control.

Medias		
	Control	Experimental
Basal	2.959	2.965
Día 1	3.969	3.911
Día 2	4.206	4.235
Día 3	4.374	4.51
Día 4	4.503	4.793
Día 5	4.641	4.998
Día 6	4.824	5.17
Día 7	4.925	5.23

## 6.2 Análisis estadístico inferencial de mediciones de distancia interincisiva

### 6.2.1 Prueba de normalidad

Tabla 6.

Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para grupos menores de 50 participantes para las mediciones basales (pretratamiento)

**Ho:** Las mediciones siguen una distribución normal

**Hi:** Las mediciones siguen una distribución anormal

Nivel de significancia= 5%= 0,05

Inoculación de PRP		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig. (p valor)
Distancia Interincisiva Basal	Control	.949	10	<b>0.658</b>
	Experimental	.960	10	<b>0.783</b>

Valor de la significancia: Grupo control= 0.658 ( $p > 0.05$ ); Grupo Exp.=0.783 ( $p > 0.05$ )

Debido al p valor, en ambos casos aceptamos la hipótesis alterna y decimos que las muestras siguen una distribución normal.

## Prueba de normalidad de todas las mediciones

**Tabla 7.**

Vemos que las primeras tres medidas siguen una distribución normal ( $p$  valor  $>0.05$ ) por lo que la prueba estadística inferencial que será aplicada será la  $t$  de student para muestras independientes; mientras que el resto de mediciones se utilizara la prueba U de Man Withney, ya que su distribución no es normal ( $p$  valor  $< 0.05$ )

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Distancia Interincisiva Basal	,952	20	<b>,401</b>
Distancia Interincisiva día 1	,957	20	<b>,477</b>
Distancia Interincisiva día2	,966	20	<b>,670</b>
Distancia Interincisiva día 3	,629	20	<b>,000</b>
Distancia Interincisiva día 4	,515	20	<b>,000</b>
Distancia Interincisiva día 5	,496	20	<b>,000</b>
Distancia Interincisiva día 6	,622	20	<b>,000</b>
Distancia Interincisiva día 7	,662	20	<b>,000</b>

### 6.2.2 Prueba de $t$ de student para muestras independientes

**Tabla 8**

**Ho:** No existe diferencia significativa entre las mediciones del grupo control con el grupo experimental

**Hi:** Existe diferencia significativa entre las mediciones del grupo control con el grupo experimental

Nivel de significancia = 5%

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Distancia Interincisiva <b>Basal</b>	Se han asumido varianzas iguales	.081	.780	-.044	18	<b>0.966</b>	-.00600	.13759	-.29506	.28306
	No se han asumido varianzas iguales			-.044	17.715	<b>0.966</b>	-.00600	.13759	-.29539	.28339
Distancia Interincisiva <b>día 1</b>	Se han asumido varianzas iguales	.917	.351	.691	18	<b>0.498</b>	.05800	.08388	-.11822	.23422
	No se han asumido varianzas iguales			.691	16.744	<b>0.499</b>	.05800	.08388	-.11917	.23517
Distancia Interincisiva <b>día 2</b>	Se han asumido varianzas iguales	.983	.335	-.290	18	<b>0.775</b>	-.02900	.10015	-.23941	.18141
	No se han asumido varianzas iguales			-.290	16.536	<b>0.776</b>	-.02900	.10015	-.24075	.18275

Con una probabilidad de error de 5%, el p valor (sig. Bilateral) es mayor a 0.05 en todos los casos, por lo que aceptamos la hipótesis nula y concluimos que no existen diferencias significativas entre el grupo control y grupo experimental sobre las mediciones correspondientes a las mediciones de pretratamiento, del día 1 y del día 2.

### 6.2.3 Prueba de U Man Withney

**Tabla 9.**

Debido a que a partir del día 3 la distribución de las mediciones no es normal aplicaremos la prueba de U Man Whitney.

**Ho:** No existe diferencia significativa entre las mediciones del grupo control con el grupo experimental

**Hi:** Existe diferencia significativa entre las mediciones del grupo control con el grupo experimental

Nivel de significancia = 5%

	Distancia Interincisiva día 3	Distancia Interincisiva día 4	Distancia Interincisiva día 5	Distancia Interincisiva día 6	Distancia Interincisiva día 7
U de Mann-Whitney	49.000	39.000	38.500	29.000	37.000
W de Wilcoxon	104.000	94.000	93.500	84.000	92.000
Z	-.076	-.832	-.870	-1.589	-.983
Sig. asintót. (bilateral)	<b>0.940</b>	<b>0.405</b>	<b>0.384</b>	<b>0.112</b>	<b>0.326</b>

Con una probabilidad de error de 5%, el p valor (sig. Bilateral) es mayor a 0.05 en todos los casos, por lo que aceptamos la hipótesis nula y concluimos que no existen diferencias significativas entre el grupo control y grupo experimental sobre las mediciones correspondientes a las mediciones desde el día 3 hasta el día 7.

## VI. DISCUSIÓN

Los resultados han demostrado que no existen diferencias significativas en el movimiento dental entre el grupo experimental y el grupo control, inclusive en las primeras mediciones vemos que el promedio de la distancia Interincisiva del grupo control fue mayor que el experimental, esto posiblemente porque tenga efectos positivos sobre la membrana periodontal, tal como lo menciona Anitua E., Troya M., y Orive G. (2013)<sup>2</sup> en su estudio que evaluaron los efectos biológicos del plasma rico en plaquetas y obtuvieron como resultado que el plasma rico en plaquetas estimuló significativamente la proliferación celular, migración, adhesión y la síntesis de muchos factores de crecimiento de células, incluyendo el factor de crecimiento endotelial vascular, trombospondina I, factor de crecimiento de tejido conjuntivo, factor de crecimiento de hepatocitos y procógeno tipo I.

A su vez, en el campo de la implantología existen los estudios de Bae J., Kim Y. y Myung S. (2011) quienes investigan los efectos de plasma rico en plaquetas (PRP) en el injerto óseo sinusal, donde concluyen que no hay pruebas suficientes para apoyar el uso de PRP para la formación de hueso en el injerto óseo sinusal, mientras que no se observó ningún efecto significativo sobre la supervivencia de los implantes y el contacto hueso-implante. Pero por otra parte, Carlson N. y Roach R. (2002) realizaron estudios para determinar las aplicaciones de PRP en el campo de la odontología y demostraron que PRP es eficaz para mejorar los resultados quirúrgicos en una variedad de procedimientos en el campo de la cirugía oral y maxilofacial. PRP también se muestra prometedor en la terapia regenerativa periodontal y debe seguir siendo estudiado por los científicos y médicos por igual.

Nuestros resultados han demostrado, que debido a que no se presentan diferencias significativas entre las distancias interincisivas de ambos grupos podría haber una influencia del PRP en la membrana periodontal, tal como el estudio de Han y cols<sup>6</sup> donde encuentran que el plasma rico en plaquetas puede mejorar la adhesión de las células de ligamento

periodontal humano (hPDLC), mejorar su proliferación e inducir su diferenciación en la formación de tejido mineralizado, contribuyendo así a la regeneración de tejidos periodontales; también como lo demostró Pantou y cols (2012)<sup>8</sup> donde aislaron células de membrana periodontal y los sometieron a tratamiento de plasma rico en plaquetas, concluyendo que tiene un efecto significativamente positivo sobre la proliferación celular del ligamento periodontal

También nuestros resultados nos han revelado que debido a la similitud entre las distancias interincisivas de ambos grupos, podría el PRP haber estimulado ciertas células óseas como los osteocitos, responsables de formar la matriz ósea. lo que nos lleva a inferir que podría tener un efecto positivo en la regeneración ósea como lo demostró Inchigolo y cols (2012)<sup>9</sup> donde usaron PRP como material de injerto y obtuvieron un resultado positivo en la regeneración ósea antes de la rehabilitación con implantes dentales, al igual que Landaverde y cols (2007)<sup>10</sup> donde evaluaron el plasma rico en factores de crecimiento en la regeneración de tejido óseo en alveolos posexodoncia y concluyeron que el plasma rico en factores de crecimiento es una alternativa viable en la regeneración de tejido óseo e incluso el plasma rico en plaquetas del cordón umbilical puede ser usado para promover la proliferación celular y la diferenciación osteogénica de células madres de dientes deciduos, permanentes y del ligamento periodontal como lo demostró LEE y cols (2010)<sup>11</sup>. Y podemos ver otros estudios similares como por ejemplo de Oryan y cols (2012)<sup>12</sup>, Oyama y cols (2004)<sup>13</sup>, Plachokova y cols (2008)<sup>14</sup> donde evalúan el efecto osteogénico del plasma rico en plaquetas, donde obtienen resultados significativamente positivos que apoyan nuestro estudio

## VII. CONCLUSIONES

- ✓ No existe diferencia significativa en la distancia Interincisiva ocasionada por el movimiento dental en el grupo control y el grupo experimental de plasma rico en plaquetas
- ✓ Podría existir una diferencia significativa en la cantidad de osteocitos y/o osteoclastos entre el grupo control y el grupo experimental luego del movimiento dental ortodóncico provocado, en donde se evidencia mayor cantidad de osteocitos en el grupo experimental
- ✓ El PRP podría tener significativamente un resultado positivo sobre la proliferación celular de la membrana periodontal
- ✓ El PRP en ortodoncia podría ser utilizado como contención para la mantención del tratamiento ortodóncico, mas no para acelerar el movimiento; en caso que quiera acelerarse se deberían evaluar otras opciones (como la corticotomía por ejemplo)
- ✓ Son necesarios futuros estudios para poder aclarar el papel del plasma rico en plaquetas en el movimiento dentario, ya que debido a los resultados podríamos inferir que ayuda a la contención, mas no para aumentar la rapidez del movimiento dental.

## VIII. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar mayores pruebas sobre el uso del plasma rico en plaquetas en ortodoncia, puesto que aún no han sido investigados a profundidad en este campo de la odontología.
- ✓ Según los resultados, se podría sugerir el uso del plasma rico en plaquetas para la contención del tratamiento posortodónico, ya que vemos que histológicamente hay un mejor remodelado óseo y mayor cantidad de osteocitos en el grupo experimental
- ✓ Realizar mayores estudios para estandarizar la dosis y el momento en el que se debe administrar el plasma rico en plaquetas en el tratamiento ortodónico.
- ✓ Difundir el estudio del uso del plasma rico en plaquetas en el campo de la ortodoncia, ya que casi la totalidad de los estudios realizados sobre PRP en odontología se enfocan en el campo de la periodoncia y cirugía.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Robles M., Guerrero C., Hernandez C. Ortodoncia acelerada periodontalmente: Fundamentos biológicos y técnicas quirúrgicas. 2011; 2(1): 12-16.
2. Anitua E, Troya M, Orive G. An autologous platelet-rich plasma stimulates periodontal ligament regeneration. J Periodontol. 2013 Nov; 84(11):1556-66.
3. Guajardo G., Okamoto Y., Gogen H., Shanfeld J., Dobeck, Herring A., Davidovitch Z. Immunohistochemical localization of epidermal growth factor in cat paradental tissues during tooth movement. American Journal of Orthodontics and Dent facial Orthopedics. 2000 august; 118 (2): 210-219.
4. Bae JH, Kim YK, Myung SK. Effects of platelet-rich plasma on sinus bone graft: meta-analysis. J Periodontol. 2011 May;82(5):660-7
5. Carlson N., Roach R., Platelet-rich plasma Clinical applications in dentistry. The Journal of the American Dental Association. 2002 October; 133(10):1383-6.
6. Han J, Meng HX, Tang JM, Li SL, Tang Y, Chen ZB., The effect of different platelet-rich plasma concentrations on proliferation and differentiation of human periodontal ligament cells in vitro. Cell Proliferation. 2007 April; 40(2):241-52.
7. Hernández Garza A, Del Ángel F, Salazar Lozano S, Téllez Jiménez H, Benítez J. Uso del plasma rico en factores de crecimiento (PRFC) en la regeneración ósea de pacientes sistémicamente comprometidos. (Spanish). Revista Oral [serial on the Internet]. (2012, June), [cited April 14, 2015]; 13(41): 849-852. Available from: MedicLatina.

8. Pantou A, Markopoulou C, Dereka X, Vavouraki H, Mamalis A, Vrotsos I. The effect of platelet-rich plasma (PRP) combined with a bone allograft on human periodontal ligament (PDL) cells. *Cell And Tissue Banking*. 2012, [cited April 14, 2015]; 13(1): 81-88. Available from: MEDLINE Complete
9. Inchingolo F, Tatullo M, Marrelli M, Inchingolo A, Inchingolo A, Cagianò R, et al. Regenerative surgery performed with platelet-rich plasma used in sinus lift elevation before dental implant surgery: an useful aid in healing and regeneration of bone tissue. *European Review For Medical And Pharmacological Sciences* [serial on the Internet]. (2012, Sep), [cited April 14, 2015]; 16(9): 1222-1226. Available from: MEDLINE with Full Text
10. Landaverde L, Del Ángel F, Benítez J, Lozano S, Orta A, Arellano S. Uso del plasma rico en factores de crecimiento en la regeneración ósea. (Spanish). *Revista Oral* [serial on the Internet]. (2007, May), [cited April 14, 2015]; 8(25): 396-398. Available from: MedicLatina.
11. Lee J, Nam H, Park Y, Lee S, Chung C, Lee G, et al. The effects of platelet-rich plasma derived from human umbilical cord blood on the osteogenic differentiation of human dental stem cells. *In Vitro Cellular & Developmental Biology. Animal* [serial on the Internet]. (2011, Feb), [cited April 14, 2015]; 47(2): 157-164. Available from: MEDLINE Complete.
12. Oryan A, Meimandi Parizi A, Shafiei-Sarvestani Z, Bigham A. Effects of combined hydroxyapatite and human platelet rich plasma on bone healing in rabbit model: radiological, macroscopical, histopathological and biomechanical evaluation. *Cell And Tissue Banking* [serial on the Internet]. (2012, Dec), [cited April 15, 2015]; 13(4): 639-651. Available from: MEDLINE Complete.

13. Oyama T., Nishimoto S., Tsugawa T., Shimizu F. Efficacy of platelet-rich plasma in alveolar bone grafting', *Journal Of Oral And Maxillofacial Surgery: Official Journal Of The American Association Of Oral And Maxillofacial Surgeons*. 2004; 62 (5): 555-558.
14. Plachokova A, Nikolidakis D, Mulder J, Jansen J, Creugers N. Effect of platelet-rich plasma on bone regeneration in dentistry: a systematic review. *Clinical Oral Implants Research* [serial on the Internet]. (2008, June), [cited April 15, 2015]; 19(6): 539-545. Available from: MEDLINE with Full Text.
15. Ruiz E. Efecto del Ibuprofeno en la magnitud del movimiento dentario ortodóncico en ratas. [Tesis de bachiller]. [Lima]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2013. 66p
16. Von Böhl, M., et al. "Movimiento dental. Efectos de la fuerza y reacción periodontal." *Rev Esp Ortod* 34 (2004): 249-54.
17. Ruiz E; Arroyo J., Condorhuaman M. Efecto de la prednisona y su relación con la longitud del movimiento dental en rata *Ciencia e Investigación*, [S.l.], v. 17, n. 1, p. 33-36, mar. 2015. ISSN 1609-9044. Disponible en:
18. <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/farma/article/view/11115>>. Fecha de acceso: 10 may. 2015
19. Tortolini P, Fernández Bodereau E. Ortodoncia y periodoncia. *Avances en Odontoestomatología*. 2011; 27 (4): 197-206.
20. Russel D., Lara P., Orthodontic treatment in an adult patient with inactive periodontal disease. *Revista Mexicana de ortodoncia*. 2016; 4(1): 48-54.
21. Ledergerber R., Problemas periodontales más frecuentes relacionados al tratamiento ortodóncico en pacientes de la clínica de posgrado de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. *Oral. Oral*. 2011; 1 (1): 69-73.

22. Gallegos E., Movimiento dental por aparatos ortodonticos. [Tesis de bachiller]. [Guayaquil]: Universidad de Guayaquil; 2014. 66p
23. Olguin P., Yañez B. Corticotomía: perspectiva histórica. Revista odontológica mexicana. 2016; 20(2):82-92.
24. Ilken G., Kamer F., Bahram S. Effect of low-laser therapy (LLLTT) on orthodontic tooth movement. Lasers in Medical Science. 2013; 28(1):41-47
25. Graber, "Ortodoncia: principios y técnicas actuales", Editorial: Elsevier, 2012.
26. Indumati V, Patil V. Biochemical markers of bone remodeling in osteoporosis current concepts. Journal of Clinical and Diagnostic. 2011; 4: 2089-2097
27. Barba J. Marcadores de remodelado óseo y osteoporosis. Rev Mex Patol Clin. 2011; 58(3):113-137
28. Carrillo P., Gonzales A., Macias S., Pineda C. Plasma rico en plaquetas, herramienta versátil de la medicina regenerativa. Cirugía y cirujanos. 2013;81:74-82.
29. Rodríguez J., Palomar M., García J. Plasma rico en plaquetas: fundamentos biológicos y aplicaciones en cirugía maxilofacial y estética facial. Revista Española de cirugía oral y maxilofacial. 2012;34(1):8-17
30. Rodríguez .J, Palomar M., Enguita AB, Rodríguez J, Torres J. Influence of Platelet-Rich plasma on the histologic Characteristics of the Autologous Fat Graft to the Upper Lip of Rabbits. Aesth Plast Surg. 2011;35: 480–486
31. Benito M., Benito M., Piletti G., Gonzalez M., Plasma rico en plaquetas y su aplicabilidad en periodoncia, una revisión. 2011; 8(1):45-47.
32. Schliephake H. Bone growth factors in maxillofacial skeletal reconstruction. Int J Oral Maxillofac Surg 2002; 31(5):469–84.)

33. Tolga F, Burak D, Platelet-Rich Plasma: A Promising Innovation in Dentistry, Journal of the Canadian Dental Associatio, 2003; 69(10):664

X. ANEXOS

Materiales utilizados





## **PROCEDIMIENTO**

Procedimientos previos a la ejecución del experimento (rotulación de cada rata, pesado, etc.)



Anestesiado de la rata



Tallado de los dientes



Acondicionado de los dientes.



Fotocurado de la resina



Aparatologia colocada



Extraccion de sangre



Medicion de distancia interincisiva

