



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

ESTUDIO IN VITRO SOBRE LA
DEGRADACIÓN DE FUERZAS Y
RUPTURA DE LAS CADENAS
ELASTOMÉRICAS EXPUESTAS A
BEBIDAS ENERGÉTICAS

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA
OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN
ESTOMATOLOGÍA

MARISSELLA GUTIERREZ MENDOZA

LIMA-PERÚ
2023

ASESOR

Mg. Esp. Pablo Chávez Alayo

Departamento Académico de Clínica Estomatológica

ORCID: 0009-0003-2158-1684

JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Mg. Leyla Delgado Cotrina

Presidente

Mg. Carlos Vladimir Espinoza Montes

Vocal

Mg. Carlos Yuri Liñan Duran

Secretario

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por guiar mis pasos, también a mis padres e hija que son los principales motivadores para estos logros.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los docentes y asesor que me guiaron en este proceso de elaboración de portafolio.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

El presente trabajo es autofinanciado.

ESTUDIO IN VITRO SOBRE LA DEGRADACIÓN DE FUERZAS Y RUPTURA DE LAS CADENAS ELASTOMÉRICAS EXPUESTAS A BEBIDAS ENERGÉTICAS

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|--|----|
| 1 | pubmed.ncbi.nlm.nih.gov Fuente de Internet | 1% |
| 2 | Navkiran Randhawa, Misha Shah, Tilemahos Spyrtatos. "The Pain of Staying Alert: A Case Report and Literature Review on Energy Drink-Induced Acute Pancreatitis", Journal of Investigative Medicine High Impact Case Reports, 2022 Publicación | 1% |
| 3 | referencecitationanalysis.com Fuente de Internet | 1% |
| 4 | repositorio.upch.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 5 | pjmhsonline.com Fuente de Internet | 1% |
| 6 | www.comedjournal.com Fuente de Internet | 1% |

TABLA DE CONTENIDOS

| | Pág. |
|---|------|
| Resumen | |
| Abstract | |
| I. Introducción | 1 |
| II. Desarrollo temático | 2 |
| II.1. Docencia universitaria estomatológica | 2 |
| II.2. Análisis crítico de literatura estomatológica | 8 |
| II.3. Proyecto de investigación en estomatología | 17 |
| III. Conclusiones | 41 |
| IV. Referencias bibliográficas | 42 |
| V. Anexos | |

RESUMEN

Introducción: Los elastómeros en ortodoncia son materiales que con frecuencia son usados en los tratamientos ortodónticos, tienen distintas aplicaciones clínicas por lo que es indispensable conocerlos, dada las circunstancias este portafolio abarca temas como conceptos generales, usos, implicancias clínicas y revisión de artículos que nos garanticen un aprendizaje educativo y de esta manera aportar con la comunidad científica. **Desarrollo temático:** Este desarrollo temático consta de 3 trabajos: Un Silabo, Revisión de Literatura estomatológica y Proyecto de Investigación. **Conclusiones:** El silabo permite organizar y sistematizar temas de enseñanza, donde los temas a tratar son especificados garantizando la información y la forma de evaluación a los participantes. En cuanto al análisis crítico de literatura permite observar, comparar, averiguar y distinguir los distintos manejos sobre el uso de las cadenas elastoméricas en ortodoncia. Con el proyecto de investigación se estudia la degradación de fuerza y ruptura de las cadenas elastoméricas expuestas a bebidas energéticas.

Palabras clave: Elastómeros, Ortodoncia, degradación de fuerzas, Cadenas elastoméricas.

ABSTRACT

Introduction: Elastomers in orthodontics are materials that are frequently used in orthodontic treatments, they have different clinical applications, so it is essential to know them, given the circumstances, this portfolio will cover topics such as general concepts, uses, clinical implications, and review of articles that inform us. guarantee educational learning and thus contribute to the scientific community. **Thematic development:** This thematic development consists of 3 works: A Syllabus, Review of Stomatological Literature and Research Project. **Conclusions:** The syllable allows organizing and systematizing teaching topics, where the topics to be discussed are specified, guaranteeing the information and the form of evaluation to the participants. Regarding the critical analysis of literature, it allows us to observe, compare, find out and distinguish the different managements on the use of elastomeric chains in orthodontics. The research project studies the strength degradation of elastomeric chains exposed to energy drinks.

Keywords: Elastomers, Orthodontics, degradation of forces, Elastomeric chains.

I. INTRODUCCIÓN

Este portafolio está estructurado en 3 partes, teniendo como inicio un silabo de docencia estomatológica universitaria, este silabo posee como tema: Elastómeros en ortodoncia, donde se abarcó la parte teórica, práctica y casos clínicos referente a los usos de estos elastómeros en los tratamientos ortodónticos. En cuanto al segundo contenido del portafolio se realizó un análisis crítico de literatura estomatológica, el cual fue un estudio transversal donde se analizó por dieciséis semanas cadenas elastoméricas inalteradas que relacionan la degradación de la fuerza in vitro con el movimiento del diente en el espacio de extracción in vivo, por lo que se usó el Strobe para estudios Transversales. Para finalizar con este portafolio se elaboró un proyecto de investigación titulado: Estudio IN VITRO sobre la degradación de fuerzas y ruptura de las cadenas elastoméricas expuestas a bebidas energéticas.

II. DESARROLLO TEMÁTICO

II.1. Docencia universitaria estomatológica

| |
|---|
| FACULTADES DE MEDICINA, DE ESTOMATOLOGIA Y DE ENFERMERIA |
| FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA |
| UNIDAD DE POSGRADO Y ESPECIALIZACIÓN |
| EDUCACIÓN CONTINUA |

| I. DATOS GENERALES | | |
|---------------------------|--------------------|--|
| 1.1. | Nombre del curso | : Elastómeros en ortodoncia |
| 1.2. | Código | : NR |
| 1.3. | Dirigido a | : Cirujanos dentistas y especialistas |
| 1.4. | Organizado por | : Unidad de posgrado y especialización |
| 1.5. | Semestre académico | : 2023-II |
| 1.6. | Tipo de asignatura | : Educación continua |
| 1.7. | Prerrequisito | : Ninguno |
| 1.8. | Modalidad | : Presencial |
| 1.9. | Créditos | : 1 crédito Horas teóricas: 16 horas Horas prácticas: 4 horas |
| 1.10. | Duración | : Del 20 de agosto al 22 de octubre de 2023 |
| 1.11. | Coordinador | : C.D. Marissella Gutierrez Mendoza Marissella.gutierrez @upch.pe |

| II. RESULTADO DE APRENDIZAJE |
|--|
| El estudiante finalizando la asignatura puede: |
| <ol style="list-style-type: none">1. Comprender los conceptos básicos de los elastómeros en ortodoncia.2. Reconocer las características de los elastómeros en un ambiente de laboratorio.3. Capacidad de análisis de casos clínicos en ortodoncia. |

| III. CONTENIDOS |
|---|
| Unidad I: Conceptos básicos de los elastómeros |
| <ol style="list-style-type: none">1. Definición de elastómeros2. Propiedades y características de los elastómeros3. Aplicaciones ortodónticas de los elastómeros4. Aplicaciones de fuerza de los elastómeros en ortodoncia |
| Unidad II: Prácticas de medición de fuerzas de los elastómeros |
| <ol style="list-style-type: none">1. Reconocimiento de los tipos de elastómeros (cadenas elastoméricas, ligas y elásticos separadores)2. Reconocimiento de los tramos elastoméricos de las cadenas (tramo cerrado, corto y largo). |

3. Uso de la máquina de ensayo universal
4. Evaluación de la resistencia en elastómeros (degradación de fuerzas y ruptura)

Unidad III: Análisis de casos clínicos en ortodoncia

1. Casos clínico de cierre de diastemas
2. Casos clínicos de retracción de caninos
3. Casos clínicos de giroversión dental
4. Casos clínicos alineación y nivelación

IV. ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

El curso al desarrollarse presencialmente considera las siguientes estrategias didácticas:
Sesiones teóricas: El docente podrá explicar el marco teórico e interactuar con los participantes para la resolución de las preguntas e inquietudes que puedan presentar durante la parte teórica.

Sesiones prácticas: Estrategia práctica que se basa en la identificación de la máquina de ensayo universal y la manipulación de los elastómeros en ella, en estas sesiones los alumnos aprenderán el uso adecuado de las fuerzas aplicadas en estos elastómeros.

Análisis de casos clínicos: Se realizará con el objetivo de que los participantes tengan la capacidad de analizar los distintos casos ortodóncicos, donde se haga uso de los elastómeros y otros materiales con el mismo fin, observando resultados en los tratamientos.

Revisión de artículos: Discusión de artículos científicos con el objetivo de que los participantes obtengan un mayor conocimiento y enfoque en cuanto al uso de elastómeros.

V. EVALUACIÓN

| Aspectos a evaluar | Ponderación |
|---------------------------------------|--------------------|
| Primer examen teórico (U1) | 30% |
| Presentación de trabajo práctico (U2) | 40% |
| Segundo examen teórico (U3) | 30% |
| Total | 100% |

VI. CERTIFICACIÓN

Certificado:

Se otorgará el certificado cuando el participante apruebe con éxito el curso con una nota mayor o igual a 11.00.

Además, el participante debió haber aprobado la presentación del trabajo práctico y asistido como mínimo 18 horas académicas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Nora Buchmann, Christiane Senn, Judith Bally Lorenz Brauchli. Influencia de la tensión inicial en la decadencia de la fuerza de las cadenas elásticas disponibles en el tiempo. *The Angle Orthodontist*: mayo de 2012, vol. 82, núm. 3, págs. 529-535.
2. Chang JH, Hwang CJ, Kim KH, Cha JY, Kim KM, Yu HS. Effects of prestretch on stress relaxation and permanent deformation of orthodontic synthetic elastomeric chains. *Korean J Orthod*. 2018;48(6):384–394.
3. Martins AS, Junior JBP, de Araújo Gomes A, Carvalho FIM, Filho HAD, das Graças Fernandes Dantas K. Mineral Composition Evaluation in Energy Drinks Using ICP OES and Chemometric Tools. *Biol Trace Elem Res*. 2019 Jun 28.
4. Haroun H, Mohamed E, El Shahat AER, Labib H, Atef M. Adverse effects of energy drink on rat pancreas and the therapeutic role of each of bone marrow mesenchymal stem cells and nigella sativa oil. *Folia Morphol (Warsz)*. 2019 Jul 1.
5. Ehlers A, Marakis G, Lampen A, Hirsch-Ernst KI. Evaluación de riesgos de la energía. bebidas con enfoque en parámetros cardiovasculares y consumo de bebidas energéticas en Europa. *Food Chem Toxicol*. Agosto de 2019; 130: 109-121.
6. Doggett A, Qian W, Cole AG, Leatherdale ST. Consumo juvenil de alcohol mixto con bebidas energéticas en Canadá: evaluación del papel de las bebidas energéticas. *Prev Med Rep* 5 de abril de 2019; 14: 100865.
7. Markon AO, Jones OE, Punzalan CM, Lurie P, Wolpert B. Energía cafeinada bebidas: informes de eventos adversos a la Administración de Drogas y Alimentos de EE. UU. y al Sistema Nacional de Datos sobre Venenos, 2008 a 2015. *Nutrición de Salud Pública*. 2019 18 de julio: 1-12.
8. Chang HF. Effects of instantaneous pre stretching on force degradation characteristics of orthodontic plastic modules. *Proc Natl Sci Counc Repub China B* 1987; 11:45-53.

VIII. PROFESORES DEL CURSO E INVITADOS

| Grado o Título | Nombres | Apellidos | Departamento Académico | Condición Docente/Invitado | Correo electrónico |
|----------------|------------|-------------------|------------------------|----------------------------|------------------------------|
| C.D. | Marissella | Gutierrez Mendoza | Ninguno | Invitado | Marissella.gutierrez@upch.pe |

IX. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

| N° de Sesión | Fecha | Horario | Contenido | Estrategias didácticas | Docente |
|--------------|-----------------|------------------|--|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 20 de agosto | 08:00 – 10:00 am | Tema: Conceptos básicos de los elastómeros: Definición y características de los elastómeros | Sesiones teóricas | CD. Marissella Gutierrez Mendoza |
| 2 | 27 de agosto | 08:00 – 10:00 am | Tema: Conceptos sobre las aplicaciones ortodónticas de los elastómeros. | Sesiones teóricas | CD. Marissella Gutierrez Mendoza |
| 3 | 03 de setiembre | 08:00 – 10:00 am | Tema: Conceptos sobre las aplicaciones de fuerza de los elastómeros en ortodoncia. | Sesiones teóricas | CD. Marissella Gutierrez Mendoza |
| 4 | 10 de setiembre | 08:00 – 10:00 am | Tema: Reconocimiento de elastómeros: -Diferenciación de cadenas elastoméricas, ligas y elásticos separadores. -Reconocimientos de tramos elastoméricos de las cadenas (cerrado, corto y largo). | Primera práctica laboratorial | CD. Marissella Gutierrez Mendoza |
| 5 | 17 de setiembre | 08:00 – 10:00 am | Examen teórico | Primera evaluación | CD. Marissella Gutierrez Mendoza |
| 6 | 24 de setiembre | 08:00 – 10:00 am | Tema: Resistencia de los elastómeros -Uso de la máquina de ensayo | Primera práctica laboratorial | CD. Marissella Gutierrez Mendoza |

| | | | | | |
|----|---------------|------------------|---|----------------------------|-------------------------------------|
| | | | universal, tensión traccional de los elastómeros (degradación de fuerzas). | | |
| 7 | 1 de octubre | 08:00 – 10:00 am | Tema: Análisis de casos clínicos en ortodoncia: -Casos clínicos de cierre de diastemas -Casos clínicos de retracción de caninos | Análisis de casos clínicos | CD. Marissella Gutierrez Mendoza |
| 8 | 8 de octubre | 08:00 – 10:00 am | Tema: Análisis de casos clínicos en ortodoncia -Casos clínicos de giroversión dental -Casos clínicos alineación y nivelación | Análisis de casos clínicos | CD. Marissella Gutierrez Mendoza |
| 9 | 15 de octubre | 08:00 – 10:00 am | Presentación de trabajo práctico | Revisión de artículos | CD. Marissella Gutierrez Mendoza |
| 10 | 22 de octubre | 08:00 – 10:00 am | Examen teórico | Segunda evaluación | CD. Marissella Gutierrez Mendoza |

IX. ANEXOS

RÚBRICA DE EVALUACIÓN DE REVISTA DE REVISTAS

Alumno: Fecha:

.....
Título de la

Revista:.....

Autor

..... Revista:.....

.....

| ITEM A EVALUAR | PUNTAJE IDEAL | PUNTAJE OBTENIDO | FIRMA DE DOCENTE |
|---|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Presentación personal | 02 | | |
| Envía la traducción al docente y sus compañeros hasta el sábado anterior a la fecha de presentación | 03 | | |
| Presenta hoja de resumen del artículo el día de la exposición | 02 | | |
| Rev. Del esquema teórico de la revista de revistas | 03 | | |
| Oratoria y exposición (20 minutos) | 03 | | |
| Comprensión de la revista | 03 | | |
| Material audiovisual y didáctico, presentación del PPT | 02 | | |
| Calidad de las respuestas (10 minutos) | 02 | | |
| Nota Final | | | |

II.2. Análisis crítico de literatura estomatológica

II.2.1. Información general

| Información | Descripción |
|--------------------|---|
| Título | Sixteen-week analysis of unaltered elastomeric chain relating in-vitro force degradation with in-vivo extraction space tooth movement |
| Autores | Evans K, Wood C, Moffitt A, Colgan J, Holman J, Marshall S, Pope D, Sample L, Sherman S, Sinclair P, Trulove T. |
| Revista | American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics |
| Año de publicación | 2018 |
| País | Estados Unidos |
| Tipo de estudio | Transversal |
| Objetivo | <p>El estudio tuvo 2 objetivos:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Evaluar si una cadena elastomérica sin alteración puede continuar moviendo los dientes durante 16 semanas y reportar la cantidad de fuerza restante para el mismo lote de cadenas elastoméricas (In vivo)2. Evaluar la cantidad de fuerzas restantes de las cadenas elastoméricas en las plantillas confeccionadas (In vitro) |
| Metodología | <p>La parte in vivo del estudio tuvo como muestra a 22 individuos que presentaron 30 sitios de espacios de extracción emparejados a quienes se midió el cierre del espacio cada 28 días. La cadena elastomérica del lado alterado sirvió como control y fue reemplazada a intervalos de 28 días, mientras que el lado experimental permaneció inalterado.</p> <p>En la parte in vitro del estudio, se colocaron 100 de cada uno de los segmentos de 2 y 3 unidades del mismo lote de cadenas elastoméricas en un baño de agua y se midió la fuerza en 20 de cada longitud de segmento en los días 28 de cada mes.</p> |
| Resultados | <p>Se produjeron cantidades estadísticamente significativas de cierre de espacios tanto en los sitios alterados como en los no alterados en todos los puntos temporales de medición. El cierre del espacio medio en los sitios alterados fue mínimamente mayor que el observado en los sitios no alterados. Las diferencias medias del cierre de espacios entre los sitios alterados y no alterados variaron desde 0,05 mm durante las 4 semanas y llegó a 0,14 mm a las 8 semanas. La fuerza de la cadena elastomérica se degradó rápidamente a las 4 semanas, pero continuó con una disminución gradual de la fuerza a 86 g a las 16 semanas.</p> |
| Conclusiones | <p>La cadena elastomérica como no tuvo ninguna alteración siguió moviendo los dientes con dirección a los espacios de extracción durante 16 semanas, desde el punto de vista estadístico hubo diferencias estadísticas mínimas en las medidas de cierre del espacio entre los lados alterados como también en los no alterados.</p> <p>La fuerza de la cadena elastomérica evaluada a las 16 semanas era menor a 100 g, a pesar de esa disminución los dientes seguían moviéndose clínicamente.</p> |

II.2.2. Calidad del reporte escrito: STROBE para estudios transversales

| Secciones | Item | Recomendación | Descripción | Página |
|-------------------------|------|--|---|---------|
| Título y resumen | | | | |
| Título y resumen | 1 | (a) Indica en el título o en el resumen, el diseño del estudio con un término habitual. (b) Proporciona en el resumen una sinopsis informativa y equilibrada de lo que se ha hecho y lo que se ha encontrado. | a) No, el estudio no menciona el diseño de investigación. b) Sí, los grupos de estudio tanto In vitro como In vivo se presentan de manera clara y resumida. | 727 |
| Introducción | | | | |
| Contexto/fundamentos | 2 | Explica las razones y el fundamento científico de la investigación que se comunica. | Sí, el estudio detalla el fundamento científico, haciendo énfasis en las informaciones proporcionadas por otros investigadores con relevancia científica referente al tema. | 727-728 |
| Objetivos | 3 | Indica los objetivos específicos, incluyendo cualquier hipótesis preespecificada. | Sí, se menciona en el párrafo final de la investigación la formulación del problema y la hipótesis principal del estudio. | 728 |
| Métodos | | | | |
| Diseño del estudio | 4 | Presenta al principio del documento los elementos clave del diseño del estudio. | No, el estudio no detalla el diseño comienza por la confección de plantillas para el estudio In vitro. | 728 |
| Contexto | 5 | Describe el marco, los lugares y las fechas relevantes, incluyendo los periodos de reclutamiento, exposición, seguimiento y recogida de datos. | Sí, el estudio menciona el reclutamiento de las muestras, el tiempo de exposición y cambio de muestras; así mismo detalla la manera del reclutamiento de los pacientes y las condiciones exactas del estudio. | 728 |
| Participantes | 6 | Proporciona los criterios de elegibilidad y las fuentes y | Sí, el estudio especifica los criterios de elegibilidad, que son las características | 728 |

| | | | | |
|--------------------------|----|--|--|---------|
| | | métodos de selección de los participantes. | clínicas de tratamiento que el paciente debe poseer (extracción dentaria de premolares en ambos cuadrantes y arcadas). | |
| VARIABLES | 7 | Define claramente todas las variables: de respuesta, exposición, predictoras, confusoras y modificadoras del efecto. Si procede, proporciona los criterios diagnósticos. | Sí, es muy minucioso en la explicación de las variables, mostrando las características de estas mismas, la correcta evaluación, la distancia de medida y el tiempo enfocándose en los criterios de diagnósticos dados en el artículo. | 728 |
| Fuentes de datos/medidas | 8 | Para cada variable de interés, indica las fuentes de datos y los detalles de los métodos de valoración (medida). Si hubiera más de un grupo, especifica la comparabilidad de los procesos de medida. | Sí, se menciona con claridad las medidas que se toman tanto para los 2 grupos experimentales (estudio In vitro) como también a nivel In vivo. Para ambos grupos las medidas y registros de datos se dan en los mismos tiempos culminando a las 16 semanas. | 728-729 |
| Sesgos | 9 | Especifica todas las medidas adoptadas para afrontar posibles fuentes de sesgo. | No, el estudio no hace referencia de este punto, cabe recalcar que lo menciona en la discusión. | 729 |
| Tamaño muestral | 10 | Explica cómo se determinó el tamaño muestral. | No, pero sí especifica la cantidad de muestra que utilizó a nivel In vitro los cuales fueron 100, en relación al estudio In vivo solo menciona las características de los individuos aptos para la investigación. | 729 |
| VARIABLES CUANTITATIVAS | 11 | Explica cómo se trataron las variables cuantitativas en el análisis. Si procede, explica qué grupos se definieron y por qué. | Sí, el estudio muestra el uso del promedio y desviación estándar para cada muestra y tiempo de evaluación. | 729 |
| Métodos estadísticos | 12 | (a) Especifica todos los métodos estadísticos, incluidos los empleados para controlar los factores de confusión. | a) Sí, las pruebas estadísticas que se realizaron en este estudio fueron la prueba T bilateral y la prueba T pareada. | 728-729 |

| | | | | |
|--------------------|----|--|--|---------|
| | | <p>(b) Especifica todos los métodos utilizados para analizar subgrupos e interacciones.</p> <p>(c) Explica el tratamiento de los datos ausentes (missing data).</p> <p>(d) Si procede, especifica cómo se tiene en cuenta en el análisis la estrategia de muestreo.</p> <p>(e) Describe los análisis de sensibilidad.</p> | <p>b) No, el estudio no precisa método para análisis de subgrupos ni interacciones.</p> <p>c) No, no se menciona en el estudio.</p> <p>d) No, no se menciona el criterio ni la base estadística establecida para determinar el muestreo.</p> <p>e) Sí, los cuales son: Calibrador electrónico Calibre Boley con escala vernier y una regla de divisor mecánico puntiagudo.</p> | |
| Resultados | | | | |
| Participantes | 13 | <p>(a) Indica el número de participantes en cada fase del estudio; por ejemplo, número de participantes elegibles, analizados para ser incluidos, confirmados elegibles, incluidos en el estudio, los que tuvieron un seguimiento completo y los analizados.</p> <p>(b) Describe las razones de la pérdida de participantes en cada fase.</p> <p>(c) Considera el uso de un diagrama de flujo.</p> | <p>a) Sí, indica la cantidad de participantes con extracciones dentarias que eran aptos para el estudio desde el inicio hasta final, en cuanto el estudio In vitro lo especifica de la misma manera.</p> <p>b) Sí, especifica la cantidad de pacientes que se retiraron del estudio, como también pacientes que se llegaron a perder por cierre prematuros de espacios, estos son definidos en cada fase.</p> <p>c) No, el estudio no presenta ningún diagrama de flujo.</p> | 729-730 |
| Datos descriptivos | 14 | <p>(a) Describe las características de los participantes en el estudio (por ejemplo, demográficas, clínicas, sociales) y la información</p> | <p>a) No, no hace referencia.</p> <p>b) Sí, especifica claramente a los participantes</p> | 730 |

| | | | | |
|-------------------------------------|----|---|--|-----|
| | | <p>sobre las exposiciones y los posibles factores de confusión.</p> <p>(b) Indica el número de participantes con datos ausentes en cada variable de interés.</p> | <p>ausentes y el motivo por el cual fueron descartados.</p> | |
| Datos de las variables de resultado | 15 | Indica el número de eventos resultado o bien proporciona medidas resumen. | Sí, indica la evaluación en todos los tiempos con las mediciones para cada grupo de estudio, donde se hace uso de la desviación estándar para cada grupo con el uso de promedios, cabe recalcar que fue dado para cada tiempo de evaluación durante las 16 semanas. | 730 |
| Resultados principales | 16 | <p>(a) Proporciona estimaciones no ajustadas y, si procede, ajustadas por factores de confusión, así como su precisión (como por ejemplo intervalos del 95%). Especifique los factores de confusión por los que se ajusta y las razones para incluirlos.</p> <p>(b) Si categoriza variables continuas, describe los límites de los intervalos.</p> <p>(c) Si fuera pertinente, valora las estimaciones de los factores asociados.</p> | <p>a) Sí, realiza el análisis para cada grupo y tiempo con un intervalo de confianza del 95%.</p> <p>b) Sí, lo categoriza de la siguiente manera: Intervalo de confianza para las 4 semanas Intervalo de confianza para las 8 semanas Intervalo de confianza para las 12 semanas y por último Intervalo de confianza por las 16 semanas.</p> <p>c) No, no hace referencia.</p> | 730 |
| Otros análisis | 17 | Describe otros análisis efectuados (de subgrupos, interacciones o sensibilidad) | No, todos los grupos y tiempos tienen detallado el tipo de análisis desde el principio y no se añaden otros, en cuanto la calibración no se realizó ninguna. | 730 |
| Discusión | | | | |
| Resultados clave | 18 | Resume los resultados principales de los objetivos del estudio. | Sí, de forma clara y precisa, buscando explicar | 732 |

| | | | | |
|------------------|----|--|---|-----|
| | | | únicamente los objetivos del estudio. | |
| Limitaciones | 19 | Discute las limitaciones del estudio, teniendo en cuenta posibles fuentes de sesgo de imprecisión. Razone tanto sobre la dirección como sobre la magnitud de cualquier posible sesgo. | Sí, la discusión menciona antecedentes de estudios que pudieron causar sesgos en la investigación, haciendo un análisis razonable sobre las imprecisiones del estudio. | 733 |
| Interpretación | 20 | Proporciona una interpretación global prudente de los resultados considerando objetivos, limitaciones, multiplicidad de análisis, resultados de estudios similares y otras pruebas empíricas relevantes. | Sí, interpreta cada resultado de forma analítica, haciendo comparaciones con estudios similares, compara datos obtenidos y especifica el porqué del resultado en base a los antecedentes. | 733 |
| Generalización | 21 | Discute la posibilidad de generalizar los resultados (validez externa). | No, no hace mención de realizar una validez externa. | 733 |
| Otra información | 22 | Específica la financiación y el papel de los patrocinadores del estudio, y si procede, del estudio previo en que se basa su artículo. | No, el estudio no recibió ninguna financiación para su elaboración, solo muestra un agradecimiento al Dr. Lingling Zhang y hace referencia al aporte del lote de los elastómeros. | 733 |

II.2.3. Calidad metodológica del estudio: AXIS para estudios transversales

| Introducción | Sí | No | No sé | ¿Por qué? | Página |
|---|----|----|-------|---|---------|
| 1. ¿Fueron los objetivos del estudio claros? | X | | | En la parte del resumen e introducción se especifica ambos objetivos de manera clara. | 728 |
| Métodos | | | | | |
| 2. ¿Fue el estudio diseñado apropiadamente para los objetivos propuestos? | X | | | El diseño va de acorde a los objetivos planteados en el estudio. | 728-729 |
| 3. ¿Fue el tamaño de muestra justificado? | | X | | El estudio no muestra de qué manera se logró obtener el tamaño muestral, sólo menciona la cantidad de muestra utilizada tanto para el | 728-729 |

| | | | | | |
|--|---|---|--|---|---------|
| | | | | estudio In vitro como para el estudio In vivo. | |
| 4. ¿Fue definida claramente la población de referencia? | | X | | Solo los datos de la población son válidos para este estudio, debido a las características que se especifican dentro del estudio. | 728-279 |
| 5. ¿Fue el marco muestral tomado de una población de base apropiada, que represente de forma cercana la población de referencia? | | X | | El estudio no muestra ninguna lista de participantes, ya que fue de manera voluntaria la participación de los ortodoncistas quienes fueron los que proporcionaron a los pacientes. | 728 |
| 6. ¿Fue el proceso de selección de participantes fue representativos de la población de referencia en investigación? | | X | | Solo se vio la disponibilidad de ortodoncias que quisieron participar en la investigación, donde también fueron descartando a algunos ya que sus pacientes no cumplían con los criterios de elegibilidad. | 728 |
| 7. ¿Se tomaron medidas para afrontar y categorizar los individuos con no respuesta? | | X | | El estudio no menciona medidas para categorizar a estos individuos solo los excluye del estudio y las da como muestra perdida. | 729 |
| 8. ¿Se midieron adecuadamente los factores de asociación y el resultado de acuerdo con los objetivos del estudio? | X | | | Se realizaron pruebas estadísticas para cada grupo de investigación y para cada tiempo de evaluación. | 730 |
| 9. ¿Se midieron correctamente los factores de asociación y el resultado con el uso de instrumentos o medidas que hayan sido experimentadas, probadas o publicadas previamente? | | X | | No se realizó ningún tipo de calibración para la toma de resultados solo usaron medidas estándares para la obtención de los resultados. | 730 |
| 10. ¿Está claro que se usó para determinar significancia estadística, estimadores de precisión, o ambos? (por ejemplo: valores p, intervalos de confianza) | X | | | El estudio muestra la desviación estándar e intervalos de confianza del 95% para cada grupo de evaluación. | 730 |

| | | | | | |
|--|---|---|---|---|---------|
| 11. ¿Fueron los métodos (incluye métodos estadísticos) suficientemente descritos para permitir que estos sean repetidos? | X | | | Los métodos estadísticos aplicados fueron claros por lo que se podría realizar futuras investigaciones con la metodología expuesta. | 728-729 |
| Resultados | | | | | |
| 12. ¿Fueron descritos adecuadamente los datos básicos? | X | | | Las tablas que se muestran corresponden al tipo de estudio, son especificadas de manera clara y responden a los objetivos buscados en el estudio. | 730-731 |
| 13. ¿La tasa de respuesta aumenta las preocupaciones acerca del sesgo de no respuesta? | X | | | El estudio presenta pérdida de pacientes por cierre prematuro de espacios, ruptura de cadenas, la inasistencia del paciente al control, por lo que aumenta las preocupaciones acerca de los posibles sesgos en la investigación. | 732-733 |
| 14. ¿Si es apropiado, la información de los individuos con no respuesta fue descrita? | X | | | Se muestra la cantidad de individuos perdidos en el estudio y los motivos. Por lo que solo hacen las pruebas estadísticas con los que sí llegaron a concretar con la obtención de datos adecuados. | 732-733 |
| 15. ¿Fueron los resultados consistentes internamente? | | X | | El estudio no muestra los procesos de calibración, validación ni capacitación a los ortodoncistas que aportaran la información de las medidas obtenidas durante las 16 semanas de estudio. | 732-733 |
| 16. ¿Fueron presentados los resultados según lo descrito en la metodología? | | | X | En materiales y métodos no se menciona que prueba estadística se emplearán en el estudio, sin embargo, en la sección de resultados se observa que se hallaron frecuencias absolutas, promedios, desviación estándar, intervalos de confianza, prueba T y el valor de P. | 728 |
| Discusión | | | | | |
| 17. ¿Fueron las discusiones y conclusiones de los | X | | | Se menciona de manera clara y concisa los resultados con sustento teórico y antecedentes que | 731-732 |

| | | | | | |
|---|---|--|---|---|---------|
| autores justificadas por los resultados? | | | | comprueban la similitud o discrepancia en los resultados. | |
| 18. ¿Fueron discutidas las limitaciones del estudio? | X | | | Se menciona con claridad las limitaciones que presentó este estudio donde se hace énfasis en la pérdida de pacientes por distintas causas durante las 16 semanas, la falta de calibración para la recolección de datos ya se realizó con distintos ortodoncistas. | 732-733 |
| Otros | | | | | |
| 19. ¿Existieron algunas fuentes de financiación o conflictos de interés que puedan afectar la interpretación de los resultados por los autores? | | | X | El estudio no hace ninguna referencia sobre estos ítems, pero se sobreentiende que no ha sido financiado por ninguna institución. | 733 |
| 20. ¿Se obtuvo aprobación ética o consentimiento de los participantes? | | | X | Solo se menciona que es estudio tuvo un consentimiento de la Universidad de Vanderbilt. | 728 |

Adaptado de:

1. Vandenbroucke JP, Von Elm E, Altman DG, Gøtzsche PC, Mulrow CD, Pocock SJ, et al. Mejorar la comunicación de estudios observacionales en epidemiología (STROBE): explicación y elaboración [Strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE): explanation and elaboration]. Gac Sanit. 2009;23(2):158.
2. Downes MJ, Brennan ML, Williams HC, et al. Development of a critical appraisal tool to assess the quality of cross-sectional studies (AXIS). BMJ Open 2016;6:e011458.
3. Plaza-Ruiz SP. Estudios transversales analíticos. En: Barbosa-Liz DM, Pineda-Vélez EL, Agudelo-Suárez AA. Odontología basada en la evidencia: de la teoría a la práctica. Medellín: Corporación para Investigaciones Biológicas; 2020.

II.3. Proyecto de investigación en estomatología

TÍTULO

Estudio in vitro sobre la degradación de fuerzas y ruptura de las cadenas elastoméricas expuestas a bebidas energéticas.

RESUMEN

Antecedentes: Actualmente, los tratamientos de ortodoncia son realizados de manera continua en los distintos consultorios odontológicos, debido a esta gran demanda existen distintos materiales usados en los tratamientos ortodóncicos, como las cadenas elastoméricas, las cuales tienen distintos usos en esta área. Estas cadenas al ser elastómeros suelen tener alteraciones en sus propiedades por lo que se estudiará la degradación y ruptura de estas cadenas elastoméricas. **Objetivo:** Evaluar la degradación de las fuerzas y ruptura en las cadenas elastoméricas con memoria American Orthodontic® al ser expuestas a las bebidas energizantes. **Material y métodos:** Estudio experimental, para el estudio se emplearán 160 cadenas elastoméricas con memoria American Orthodontic®, las cuales se sumergirán en saliva artificial durante todo el periodo del estudio y en inmersiones de Red Bull®, Monster® y Agua destilada 1 vez al día. La degradación de la fuerza se medirá a través de una máquina de ensayo universal en 6 intervalos de tiempo; mientras que la ruptura se medirá a los 28 días post exposición de las cadenas a las sustancias de inmersión.

Palabras clave: Cadenas elastoméricas, degradación de fuerzas, ortodoncia.

INTRODUCCIÓN

La biomecánica es indispensable en el tratamiento de ortodoncia, que utiliza un sistema de fuerzas para lograr movimientos dentales controlados por lo que existen distintos aparatos como los resortes Niti y Cadenas Elastoméricas que cumplen estas funciones (1). Las cadenas elastoméricas son las más utilizadas, los cuales están fabricados de resina transparente y de una sustancia plástica llamada poliuretano, para su producción se necesita una reacción química que se da entre el disocianato y polioli (2, 3), estas tienen distintas funciones como la nivelación y alineación de las piezas dentarias, corrige la rotación dentaria, retrae los dientes después de la exodoncia, cierre de espacios, corrige la línea media, desplazamiento mesial en los cuadrantes posteriores y en los dientes impactados realiza la tracción (4,5). Estos elastómeros poseen una capacidad para volver a su forma original después de una deformación elástica, son fáciles de usar y económicos (6), pero también presentan desventajas debido a sus propiedades viscoelásticas son la inconsistencia en sus niveles de fuerza con el tiempo, la absorción de fluidos que producen decoloración y deterioro en el material (5).

Estas cadenas presentan el nivel de fuerza dependiente del tramo de su longitud siendo cerradas, cortas y largas. En cuanto a las cadenas cerradas son las que tiene mayor fuerza al iniciar la tracción, las de tramo corto poseen una fuerza intermedia y en las de tramo largo una mínima fuerza, debido a esta inconsistencia deben cambiarse regularmente cada 4 a 6 semanas (5,9). Actualmente, se han elaborado cadenas elastoméricas con refuerzos en sus propiedades llamadas cadenas de

memoria, estas poseen mejores características dentro de la calidad y durabilidad (20,21).

En las primeras 24 horas, las cadenas elastoméricas tienen una pérdida de fuerza del 50 al 70% del valor inicial, luego la inconsistencia es menor con una disminución de 10 a 20%, hasta la cuarta semana según diversos estudios (3,5,7). Estas pueden afectarse por distintos factores como la temperatura y pH (8) Se realizaron estudios sobre la degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas sumergidas a distintos medios como las bebidas carbonatadas, colutorios blanqueadores, pastas dentales blanqueadoras, expuestas a alcohol, esterilización, en las que se obtuvo diferentes valores de fuerza (1,12-17).

Las cadenas elastoméricas no se estudiaron frente a la exposición de estas bebidas energéticas. Las cuales se dieron a conocer en el comercio en los años 1989-1990 (18) para mejorar y potenciar el rendimiento físico y mental, estas poseen ingredientes que a la larga dañan el organismo (19), como la cafeína y los distintos ácidos que contienen (20). El consumo de estas bebidas fue creciendo en los últimos años, donde los adultos jóvenes y adolescentes los consumen en mayoría (23-29).

La importancia teórica de este estudio es la inexistencia de investigaciones sobre el efecto que producen las bebidas energizantes con respecto a la degradación y ruptura moleculares de las cadenas elastoméricas. Brindará un aporte clínico, donde permitirá conocer y comprender el comportamiento de las cadenas elastoméricas frente a estas bebidas, permitirá al ortodoncista entender las respuestas durante el

tratamiento brindado ya sea negativamente o positivamente, y así realizar una mejor elección de cadenas elastoméricas o de otros dispositivos que tengan las mismas funciones.

Debido a que la venta y consumo diario de estas bebidas energizantes aumento en los últimos años y quienes más las consumen son los jóvenes adultos y adolescentes, puesto que también ellos acuden en su mayoría para tratamientos ortodónticos, se presenta la pregunta de investigación: ¿El consumo de bebidas energéticas tendrá algún efecto negativo en la degradación de la fuerza y ruptura de las cadenas elastoméricas?

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar in vitro la degradación de fuerzas y ruptura de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® al ser expuestas a las bebidas energizantes Red Bull® y Monster®.

Objetivos específicos

1. Comparar la degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas expuestas a Red Bull® en seis intervalos de tiempo.

2. Comparar la degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas expuestas a Monster® en seis intervalos de tiempo.
3. Comparar la degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas expuestas a agua destilada en seis intervalos de tiempo.
4. Comparar la degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas expuestas a Red Bull®, Monster® y agua destilada en seis intervalos de tiempo.
5. Comparar la ruptura de las cadenas elastoméricas expuestas a Red Bull®, Monster® y agua destilada a los 28 días.

MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo del estudio

In vitro

Muestra

Para obtener el tamaño muestral, se consideró el estudio de Kumar K, et al. (12) Los cuales emplearon una muestra de 480 cadenas elastoméricas las cuales fueron sometidas a 3 sustancias de inmersión adicional el grupo control, en este estudio

serán sumergidos a 2 sustancias de inmersión más el grupo control por lo que se utilizarán 150 cadenas elastoméricas.

Las muestras serán de la marca American Orthodontic® Sheboygan, USA. Por lo que habiendo 1 sola distribuidora se adquirirá en ella, comprándolas de lotes diferentes, por lo que se comprarán 2 unidades de cada lote, estas muestras serán adquiridas en el mes de octubre y están conformadas por segmentos de 7 eslabones serán transparentes con memoria y de tramo corto.

Se experimentarán 3 grupos:

Grupo 1: Red Bull® + American Orthodontic®.

Grupo 2: Monster® + American Orthodontic®.

Grupo 3: Agua destilada + American Orthodontic®.

Criterios de selección

Criterios de inclusión:

- Cadenas elastoméricas de tramo corto.
- Cadenas elastoméricas con memoria.
- Cadenas elastoméricas de 2 lotes.
- Cadenas elastoméricas de color transparente.

Criterios de exclusión:

- Cadenas elastoméricas en deficiente estado.
- Cadenas elastoméricas que estén caducadas.
- Cadenas elastoméricas que no se vendan en la misma distribuidora.

Definición operacional de variables (Anexo 1)

Degradación de fuerzas: Definida como disminución de fuerzas de las cadenas elastoméricas debido al deterioro y ruptura de las estructuras moleculares, operacionalmente se medirá mediante la exposición a bebidas energéticas. Es de tipo cuantitativa, escala de razón y categoría continua con valores gf.

Ruptura de las cadenas elastoméricas: Definida como la ruptura completa de las estructuras moleculares de los elastómeros, operacionalmente se medirá mediante la fuerza ejercida hasta su ruptura en las cadenas inmersas en las bebidas energéticas. Es de tipo cuantitativa, escala de medición de razón y categoría continua con valores en gf.

Bebidas Energéticas: Definida como sustancias estimulantes sin alcohol, que contienen principalmente cafeína y azúcares para mejorar el rendimiento físico y mental, operacionalmente son las sustancias con las que se realizarán los ciclos de inmersión. Es de tipo cualitativa, de escala nominal y categoría politómica con valores Red Bull® y Monter® (sustancias experimentales), Agua destilada (control).

Tiempo: Definido como el periodo de tiempo necesario en el que se realiza la inmersión, operacionalmente evaluado por 6 tiempos al mes. De tipo cualitativa, de escala nominal y categoría politómica con valores: T0 = inicial, T1 = 1 día, T7 = 7 días, T14 = 14 días, T21 = 21 días y T28 = 28 días.

Procedimientos y técnicas

Permisos y autorizaciones

Se solicitará permiso y autorizaciones para el uso de la máquina de ensayo universal y estufa en el laboratorio High Technology Laboratory Certificate y para el uso del pH-metro al laboratorio de química de la Universidad Peruana Cayetano Heredia para la realización del proyecto de investigación (Anexo 2 y Anexo 3).

Confección de las plantillas personalizadas

Se procederá a confeccionar las plantillas personalizadas (Acrily Montano, Perú, Lima), la cual consta de bases acrílicas resinosas transparentes de 62 mm de largo, el ancho medirá 30 mm y tendrá un espesor de 15 mm. En estas plantillas personalizadas se realizarán perforaciones con una separación de 5 mm entre cada perforación, también tendrá una profundidad de 5mm, en cada perforación se colocarán pines de metal de 15 mm de alto, estos serán elaborados con alambres de acero inoxidable ortodóntico redondo (American Orthodontic, Sheboygan, USA) el cual tendrá un diámetro de 1.2 mm, la función de estos pines serán para mantener las cadenas traccionadas a una distancia de 25 mm (Anexo 4).

Preparación de las muestras

Las muestras serán adquiridas del mismo distribuidor y se verificará los lotes y el estado del producto. Estarán conformadas por las cadenas elastoméricas de tramo corto, con memoria y transparentes (American Orthodontic®, Sheboygan, Estados Unidos). Se confeccionarán las muestras de las cadenas elastoméricas donde se seleccionará 7 eslabones para luego cortarlas con una tijera de mayo recta (Laubabet, Cobiomedic, Alemania), para luego colocarlas en las plantillas personalizadas. Se formarán 3 grupos donde se les asignará muestras de cadenas elastoméricas de manera aleatoria.

Medición del pH

Se medirá el pH de las sustancias de inmersión: Red Bull®, Monster® y agua destilada, esta será medida con el pH-metro al cual antes de las medidas se le calibrará en sensor.

Inmersión de las muestras a la saliva artificial

Las muestras serán sumergidas con 200 ml de saliva artificial, estas serán sumergidas en envases de vidrio los cuales estarán rotulados. Esta saliva será cambiada cada 24 horas para posteriormente colocarla en la estufa mara (Precision Memmert, Schwabach, Alemania), esta estufa mantendrá a 37°C las muestras durante los 28 días de estudio.

Medición de la degradación de fuerza e inmersión a las soluciones

Se medirá la degradación de fuerzas de las cadenas elastoméricas en la máquina universal de ensayos (Zwick, Ulm, Alemania), iniciando desde 0 y tomando una velocidad de 0.5 mm/s, los cuales serán programados en el software Test Xpert II-V 3.5 de la máquina, traccionando a una longitud de 25 mm. Para realizar las medidas de cada muestra se dejarán un eslabón de cada lado de las cadenas elastoméricas para luego colocarlas en el aditamento para sujetarlas al dispositivo de fijación de la máquina de ensayo universal.

La primera medición se realizará antes de insertar las cadenas elastoméricas en las plantillas el cual será el tiempo 0. Una vez obtenido estas medidas serán almacenadas en saliva artificial, ya sumergida en saliva artificial se realizarán las tomas de medidas cada ciclo de inmersión con el Red Bull, Monster y agua destilada, los tiempos en los que se tomarán las medidas serán tiempo 1, 7, 14, 21 y 28 días (12).

La degradación de la fuerza se registrará utilizando la unidad de medida gramo-fuerza (gf). Se realizará la inmersión de las sustancias formando grupos Red Bull (Red Bull Company, Australia), Monster (Monster Energy Company, EE UU) y Agua destilada, a los que se les asignará diferentes muestras de cadenas elastoméricas.

GRUPO 1 Red Bull® + American Orthodontic® serán colocadas en las plantillas y se sumergirán en 250 ml con su pH calculado y a temperatura ambiente durante 15 min una vez por día.

GRUPO 2 Monster® + American Orthodontic®, serán colocadas en las plantillas personalizadas y se sumergirán en 250 ml con su pH calculado a temperatura ambiente durante 15 minutos una vez por día.

GRUPO 3 Agua Destilada + American Orthodontic®, serán colocadas en las plantillas y se sumergirán en 250 ml de agua destilada con su pH calculado a temperatura ambiente con un tiempo de 15 minutos una vez por día.

Se realizarán las mismas inmersiones durante los 28 días del experimento. Después de realizar las inmersiones, las muestras serán colocadas en los envases rotulados y almacenados en saliva para luego colocarlos en la estufa a 37 °C el se asemeja a la temperatura de la cavidad bucal. Para realizar cada inmersión las bebidas energizantes que se usarán serán nuevas y estarán almacenadas a temperatura ambiente, una vez que sean sumergidas las cadenas elastoméricas serán retiradas para poder lavarlas y luego secarlas con papel toalla y de esa manera se podrá realizar las pruebas de ensayos respectivos.

Control de Temperatura y Tiempo de inmersión

El control de temperatura se realizará con el termo-higrómetro HTC-2 (Boeco, Hamburgo, Alemania). En cuanto al control de tiempo de ciclos de inmersión también serán analizados con el termo- higrómetro HTC-2.

Ruptura de las cadenas elastoméricas

Luego de que se realice la toma de datos de la degradación de fuerza se procederá a retirar 1 cadena elastoméricas de cada grupo experimental para estirarlos en la máquina de ensayo universal hasta que se rompan en su totalidad evaluando cuál de estas cadenas elastoméricas sometidas a estos grupos experimentales se rompió más rápido y con cuánta fuerza aplicada.

Plan de análisis

Los resultados se presentarán en el programa Microsoft Excel 2021, luego los datos serán analizados en el programa estadístico STATA Versión 17.0 con un nivel de confianza de 95% y un $p < 0.05$. Se realizarán análisis invariados, el cual analizará los cálculos de media y así mismo la desviación estándar. Se utilizará la prueba de análisis bivariado de las variables cualitativas politómicas con relación a las cuantitativas por lo que se empleará (ANOVA) el cual nos permitirá evaluar la diferencia promedio de la degradación de fuerzas y ruptura de las cadenas elastoméricas sometidas a las sustancias de inmersión. Así mismo se empleará la prueba post hoc Tukey y la normalidad se evaluará mediante Kolmogorov-Smirnov y de no cumplirse la normalidad se utilizará Kruskal Wallis y la U de Mann Whitney.

Aspectos éticos del estudio

Al ser un estudio in vitro se solicitará la aprobación de la Dirección Universitaria de Asuntos Regulatorios de la investigación (DUARI). También se solicitarán los permisos al laboratorio de High Technology Laboratory Certificate y a la coordinadora del laboratorio de Química de la Facultad de Estomatología de la Universidad Peruana Cayetano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ren Y, Maltha JC, Kuijpers-Jagtman AM. Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: a systematic literature review. *Angle Orthod.* 2003; 73(1):86-92.
2. Achachao KK. Evaluación in vitro de la Degradación de Fuerzas de las Cadenas Elastoméricas expuestas a bebidas carbonatadas (Tesis para Grado de Magíster). Lima: Universidad Cayetano Heredia, Facultad de Estomatología; 2017.
3. Nora Buchmann N, Senn C, Ball J, Brauchli L. Influence of initial strain on the force decay of currently available elastic chains over time. *Angle Orthod.* 2012; 82(3):529-35.
4. Kim KH, Chung CH, Choy K, Lee JS, Vanarsdall RL. Effects of prestretching on force degradation of synthetic elastomeric chains. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005; 128(4):477-82.

5. Halimi, A, Benyahia H, Doukkali A, Azeroual M, Zaoui F. A systematic review of force decay in orthodontic elastomeric power chains. *International Orthodontics*. 2012; 10(3): 223–240.
6. Bousquet JA, Tuesta O, Flores-Mir C. In vivo comparison of force decay between injection molded and die-cut stamped elastomers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006; 129(3):384-9.
7. Mirhashemi A, Saffarshahroudi A, Sodagar A, Atai M. Force-degradation pattern of six different orthodontic elastomeric chains. *J Dent (Tehran)*. 2012; 9(4):204-15.
8. Javanmardi Z, Salehi P. Effects of Orthokin, Sensikin and Persica mouth rinses on the force degradation of elastic chains and NiTi coil springs. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2016; 10(2):99-105.
9. Anthony D Viazis. *Atlas de Ortodoncia Principios y Aplicaciones Clínicas*. Vol 1. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires Argentina: Editorial Médica Panamericana S.A. 1995.
10. Kardach H, Biedziak B, Olszewska A, Golusińska-Kardach E, Sokalski J. The mechanical strength of orthodontic elastomeric memory chains and plastic chains: An in vitro study. *Adv Clin Exp Med*. 2017; 26(3):373-378.
11. Baratieri C, Mattos CT, Alves Jr, Chon L, Nojima L, Souza M, Gomes D. In situ evaluation of orthodontic elastomeric chains. *Braz. Dent. J*. 2012, 23,394398. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-64402012000400014>.
12. Kumar K, Shetty S, Krithika MJ, Cyriac B. Effect of commonly used beverage, soft drink, and mouthwash on force delivered by elastomeric chain: A comparative in vitro study. *J Int Oral Health* 2014; 6(3):7-10.

13. Pithon MM, Ferraz CS, Rosa FC, Rosa LP. Sterilizing elastomeric chains without losing mechanical properties. Is it possible? *Dental Press J Orthod.* 2015; 20(3):96-100.
14. Omidkhoda M, Rashed R, Khodarahmi N. Evaluation of the effects of three different mouthwashes on the force decay of orthodontic chains. *Dent Res J (Isfahan).* 2015; 12(4):348-52.
15. Larrabee TM, Liu SS, Torres-Gorena A, Soto-Rojas A, Eckert GJ, Stewart KT. The effects of varying alcohol concentrations commonly found in mouth rinses on the force decay of elastomeric chain. *Angle Orthod.* 2012; 82(5):894-9.
16. Behnaz M, Namvar F, Sohrabi S, Parishanian M. Effect of Bleaching Mouthwash on Force Decay of Orthodontic Elastomeric Chains. *J Contemp Dent Pract.* 2018; 19(2):221-225.
17. Behnaz M, Dalaie K, Hosseinpour S, Namvar F, Kazemi L. The effect of toothpastes with bleaching agents on the force decay of elastomeric orthodontic chains. *Eur J Dent.* 2017; 11(4):427-431.
18. Martins AS, Junior JBP, de Araújo Gomes A, Carvalho FIM, Filho HAD, das Graças Fernandes Dantas K. Mineral Composition Evaluation in Energy Drinks Using ICP OES and Chemometric Tools. *Biol Trace Elem Res.* 2019; 194(1): 284-294. DOI:<https://doi.org/10.1007/s12011-019-01770-y>.
19. Haroun H, Mohamed E, El Shahat AER, Labib H, Atef M. Adverse effects of energy drink on rat pancreas and the therapeutic role of each of bone marrow mesenchymal stem cells and nigella sativa oil. *Folia Morphol (Warsz).* 2019; 79(2): 272-279

20. Breda JJ, Whiting SH, Encarnação R, Norberg S, Jones R, Reinap M, Jewell J. Energy drink consumption in europe: a review of the risks, adverse health effects, and policy options to respond. *Front Public Health*. 2014; 14 (2):134.
21. Ehlers A, Marakis G, Lampen A, Hirsch-Ernst KI. Risk assessment of energy drinks with focus on cardiovascular parameters and energy drink consumption in Europe. *Food Chem Toxicol*. 2019; 130:(109-121).
22. Doggett A, Qian W, Cole AG, Leatherdale ST. Youth consumption of alcohol mixed with energy drinks in Canada: Assessing the role of energy drinks. *Prev Med Rep*. 2019; 5 (14).
23. Markon AO, Jones OE, Punzalan CM, Lurie P, Wolpert B. Caffeinated energy drinks: adverse event reports to the US Food and Drug Administration and the National Poison Data System, 2008 to 2015. *Public Health Nutr*. 2019; 22(14):2531-2542.
24. Sánchez JC, Romero CR, Arroyave CD, García AM, Giraldo FD, Sánchez LV. Bebidas energizantes: efectos benéficos y perjudiciales para la salud. *Perspect Nutr Humana*. 2015; (17): 79-91.
25. Fresno, MC, Angel P, Arias R y Muñoz A. Acidez y potencial erosivo de las bebidas energéticas disponibles en Chile. *Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabilitación Oral*. 2014; 7, (1):5-7.
26. Clapp O, Morgan MZ, Fairchild RM. The top five selling UK energy drinks: implications for dental and general health. *Br Dent J*. 2019; 226(7):493-497.
27. Ramos ME, Durand AN. Consumo de Bebidas Energizantes en Estudiantes Universitarios de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica en el

- año 2014 (Tesis para título de Cirujano Dentista Universitario). Ica: Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica; Facultad de Farmacia Bioquímica; 2015.
28. Cachuan LL, Soto JR. Consumo de Bebidas Energizantes y Éxtasis en jóvenes universitarios de la Universidad Privada de Huancayo Franklin Roosevelt (Tesis para título de Cirujano Dentista Universitario). Huancayo: Universidad Privada de Huancayo, franklin Roosevelt; Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2017.
29. Diario del Comercio Euromonitor (Consultado el 02 de julio del 2023) disponible en URL:
<https://elcomercio.pe/economia/negocios/volt-vs-red-bull-marca-energizantes-lidera-peru-noticia-513152?foto=5>

PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

Presupuesto

| Cantidad | Unidad de medida | Instrumental y material | Costo Unitario (soles) | Total (soles) |
|-------------------|------------------|--|------------------------|-----------------|
| MATERIALES | | | | |
| 12 | Paquete x12 | Resina de Acrílico Transparente | 25.00 | 25.00 |
| 2 | Unidad 5 | Fresa redonda multilaminada | 8.00 | 16.00 |
| 5 | Paquete x2 | Alambres de acero inoxidable (ortodoncia) | 7.00 | 35.00 |
| 2 | Carrete x4 | Cadenas Elastómeras de tramo corto, con memoria y transparente | 115.00 | 230.00 |
| 1 | Unidad 1 | Tijera de mayo recta | 45.00 | 45.00 |
| 1 | Unidad 1 | Pinza Mathiu | 80.00 | 80.00 |
| 90 | Unidad 90 | Red Bull, Monster y Agua destilada | 15.50 | 1,395.00 |
| 1 | Caja x 50 | Guantes | 15.00 | 15.00 |
| 5 | Unidad x 30 | Saliva Artificial | 50.00 | 250.00 |
| 1 | Unidad x 1 | Pie de rey o vernier | 90.00 | 90.00 |
| 1 | X especímenes | Termo - Higrómetro | 90.00 | 90.00 |
| SERVICIOS | | | | |
| 1 | X especímenes | Máquina de Ensayo Universal | 2,000.00 | 2,000.00 |
| 1 | X especímenes | pH - metro | 300.00 | 300.00 |
| 1 | X especímenes | Estufa | 500.00 | 500.00 |
| TOTAL S/. | | | | 5,301.00 |

Cronograma

| Actividades | Octubre 2023 | Noviemb re 2023 | Diciem bre 2023 | Enero 2024 | Febrero 2024 | Marzo 2024 |
|----------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Presentación del protocolo | X | | | | | |
| Aceptación del protocolo | X | | | | | |
| Recojo de datos | | X | | | | |
| Procesamiento de datos | | | X | | | |
| Análisis de los resultados | | | | X | | |
| Informe final | | | | | X | |
| Presentación de resultados | | | | | | X |

ANEXOS

Anexo 1. Operacionalización de variables

| Variables | Definición conceptual | Definición operacional | Tipo | Escala | Valores |
|--------------------------------------|---|--|--------------|--------------------|--|
| Degradación de las fuerzas | Disminución de fuerzas de las cadenas elastoméricas debido al deterioro y ruptura de las estructuras moleculares. | Disminución de fuerzas en el transcurso del tiempo por acción de las sustancias de inmersión. | Cuantitativo | De razón | gf |
| Ruptura de las cadenas elastoméricas | Ruptura total de las estructuras moleculares de las cadenas elastoméricas debido al deterioro. | Ruptura de las moléculas por acción de las sustancias de inmersión y fuerza total ejercida en el elastómero. | Cuantitativo | De razón | gf |
| Bebidas energéticas | sustancias estimulantes sin alcohol, que contienen principalmente cafeína y azúcares para mejorar el rendimiento físico y mental. | sustancias con las que se realizarán los ciclos de Inmersión. | Cualitativa | Politémica Nominal | -Red Bull® - Monster® -Agua destilada (control) |
| Tiempo | Periodo de tiempo necesario para en el que realiza la inmersión. | Período de tiempo necesario para completar un ciclo de inmersión. | Cualitativa | Politémica Ordinal | T0 = inicial T1 = 1 día T7 = 7 días T14 = 14 días T21 = 21 días T28 = 28 días |

Anexo 2

Solicitó: Permiso para el uso del laboratorio de High Technology Laboratory Certificate

Ing. Robert Nick Eusebio Teheran Coordinador del laboratorio de High Technology Laboratory Certificate

Presente.-

Yo, Marissella Gutierrez Mendoza, identificado con DNI N° [REDACTED] alumna de la Maestría en Estomatología de la Unidad de Postgrado de la Facultad de Estomatología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, con el fin de realizar la ejecución de mi tesis titulada: Estudio In Vitro sobre la degradación de fuerzas y ruptura de las cadenas elastoméricas expuestas a bebidas energéticas.

Solicito a Ud. me brinde las facilidades para poder utilizar la Máquina digital de ensayos universales CMT – 5L (LG Corp)

Atentamente

Marissella Gutierrez Mendoza

DNI [REDACTED]

Anexo 3

Solicitó: Permiso para el uso del laboratorio de Química

Dra. Sonia Sacsquispe

Coordinadora del laboratorio de Química de la Facultad de Estomatología de la Universidad Peruana Cayetano

Presente. -

Yo, Marissella Gutierrez Mendoza, identificado con DNI N° [REDACTED] alumna de la Maestría en Estomatología de la Unidad de Postgrado de la Facultad de Estomatología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, con el fin de realizar la ejecución de mi tesis titulada: Estudio In Vitro sobre la degradación de fuerzas y ruptura de las cadenas elastoméricas expuestas a bebidas energéticas. Solicito a Ud. me brinde las facilidades para poder utilizar las instalaciones del Laboratorio de Química para el uso del Ph metro.

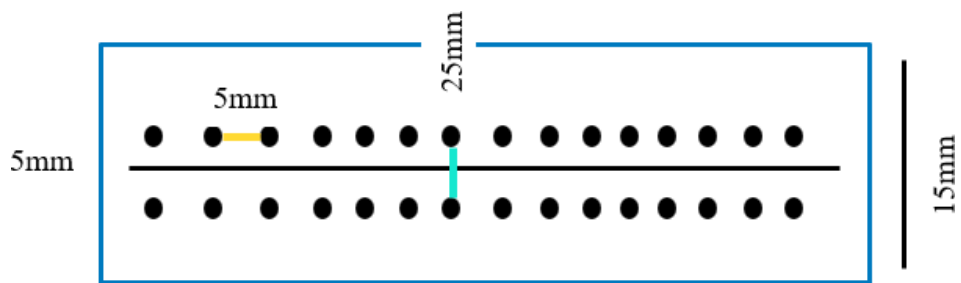
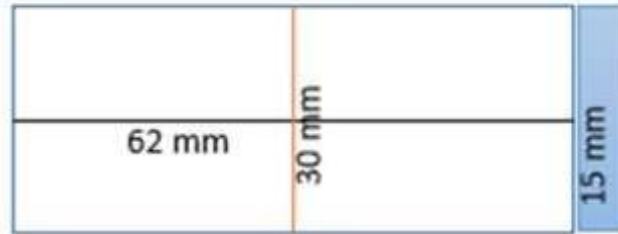
Atentamente,

Marissella Gutierrez

Mendoza

DNI [REDACTED]

Anexo 4
Plantilla Personalizada



III. CONCLUSIONES

Se detalla las conclusiones del presente trabajo:

1. El sílabo es un instrumento de gran importancia que permite sistematizar un tema de manera clara y concisa, en el cual el docente detalla las actividades a realizar en los cursos a su cargo, para que los alumnos se informen sobre el contenido o temario de este.

2. El análisis crítico de la literatura permite realizar una evaluación de los distintos artículos publicados, en el cual se podrá analizar si el artículo que se está revisando presenta sesgos o no en cada parte de su estructura.

3. El proyecto de investigación que se realizó pretende evaluar In vitro la degradación de fuerzas y ruptura de las cadenas elastoméricas American Orthodontic® al ser expuestas a las bebidas energizantes Red Bull® y Monster®. Debido a que no existen estudios que usen estas sustancias de inmersión en investigaciones con cadenas elastoméricas será un gran aporte a la sociedad y la comunidad científica.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Achachao KK. Evaluación in vitro de la Degradación de Fuerzas de las Cadenas Elastoméricas expuestas a bebidas carbonatadas (Tesis para Grado de Magíster). Lima: Universidad Cayetano Heredia, Facultad de Estomatología; 2017.
2. Anthony D Viazis. Atlas de Ortodoncia Principios y Aplicaciones Clínicas. Vol 1. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires Argentina: Editorial Médica Panamericana S.A. 1995.
3. Bousquet JA, Tuesta O, Flores-Mir C. In vivo comparison of force decay between injection molded and die-cut stamped elastomers. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2006; 129(3):384-9.
4. Behnaz M, Namvar F, Sohrabi S, Parishanian M. Effect of Bleaching Mouthwash on Force Decay of Orthodontic Elastomeric Chains. J Contemp Dent Pract. 2018; 19(2):221-225.
5. Baratieri C, Mattos CT, Alves Jr, Chon L, Nojima L, Souza M, Gomes D. In situ evaluation of orthodontic elastomeric chains. Braz. Dent. J. 2012, 23,394398. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-64402012000400014>.

6. Behnaz M, Dalaie K, Hosseinpour S, Namvar F, Kazemi L. The effect of toothpastes with bleaching agents on the force decay of elastomeric orthodontic chains. *Eur J Dent.* 2017; 11(4):427-431.
7. Breda JJ, Whiting SH, Encarnação R, Norberg S, Jones R, Reinap M, Jewell J. Energy drink consumption in europe: a review of the risks, adverse health effects, and policy options to respond. *Front Public Health.* 2014; 14 (2):134.
8. Cachuan LL, Soto JR. Consumo de Bebidas Energizantes y Éxtasis en jóvenes universitarios de la Universidad Privada de Huancayo Franklin Roosevelt (Tesis para título de Cirujano Dentista Universitario). Huancayo: Universidad Privada de Huancayo, franklin Roosevelt; Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2017.
9. Clapp O, Morgan MZ, Fairchild RM. The top five selling UK energy drinks: implications for dental and general health. *Br Dent J.* 2019; 226(7):493-497.
10. Downes MJ, Brennan ML, Williams HC, et al. Development of a critical appraisal tool to assess the quality of cross- sectional studies (AXIS). *BMJ Open* 2016;6:e011458.
11. Doggett A, Qian W, Cole AG, Leatherdale ST. Youth consumption of alcohol mixed with energy drinks in Canada: Assessing the role of energy drinks. *Prev Med Rep.* 2019; 5 (14).

12. Diario del Comercio Euromonitor (Consultado el 02 de julio del 2023)
disponible en URL:
<https://elcomercio.pe/economia/negocios/volt-vs-red-bull-marca-energizantes-lidera-peru-noticia-513152?foto=5>
13. Ehlers A, Marakis G, Lampen A, Hirsch-Ernst KI. Risk assessment of energy drinks with focus on cardiovascular parameters and energy drink consumption in Europe. *Food Chem Toxicol.* 2019; 130:(109-121).
14. Fresno, MC, Angel P, Arias R y Muñoz A. Acidez y potencial erosivo de las bebidas energéticas disponibles en Chile. *Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabilitación Oral.* 2014; 7, (1):5-7.
15. Haroun H, Mohamed E, El Shahat AER, Labib H, Atef M. Adverse effects of energy drink on rat pancreas and the therapeutic role of each of bone marrow mesenchymal stem cells and nigella sativa oil. *Folia Morphol (Warsz).* 2019; 79(2): 272-279
16. Halimi, A, Benyahia H, Doukkali A, Azeroual M, Zaoui F. A systematic review of force decay in orthodontic elastomeric power chains. *International Orthodontics.* 2012; 10(3): 223–240.

17. Javanmardi Z, Salehi P. Effects of Orthokin, Sensikin and Persica mouth rinses on the force degradation of elastic chains and NiTi coil springs. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2016; 10(2):99-105.
18. Kim KH, Chung CH, Choy K, Lee JS, Vanarsdall RL. Effects of prestretching on force degradation of synthetic elastomeric chains. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005; 128(4):477-82.
19. Kardach H, Biedziak B, Olszewska A, Golusińska-Kardach E, Sokalski J. The mechanical strength of orthodontic elastomeric memory chains and plastic chains: An in vitro study. *Adv Clin Exp Med*. 2017; 26(3):373-378.
20. Kumar K, Shetty S, Krithika MJ, Cyriac B. Effect of commonly used beverage, soft drink, and mouthwash on force delivered by elastomeric chain: A comparative in vitro study. *J Int Oral Health* 2014; 6(3):7-10.
21. Larrabee TM, Liu SS, Torres-Gorena A, Soto-Rojas A, Eckert GJ, Stewart KT. The effects of varying alcohol concentrations commonly found in mouth rinses on the force decay of elastomeric chain. *Angle Orthod*. 2012; 82(5):894-9.
22. Mirhashemi A, Saffarshahroudi A, Sodagar A, Atai M. Force-degradation pattern of six different orthodontic elastomeric chains. *J Dent (Tehran)*. 2012; 9(4):204-15.

23. Martins AS, Junior JBP, de Araújo Gomes A, Carvalho FIM, Filho HAD, das Graças Fernandes Dantas K. Mineral Composition Evaluation in Energy Drinks Using ICP OES and Chemometric Tools. *Biol Trace Elem Res.* 2019; 194(1): 284-294. DOI:<https://doi.org/10.1007/s12011-019-01770-y>.
24. Markon AO, Jones OE, Punzalan CM, Lurie P, Wolpert B. Caffeinated energy drinks: adverse event reports to the US Food and Drug Administration and the National Poison Data System, 2008 to 2015. *Public Health Nutr.* 2019; 22(14):2531-2542.
25. Nora Buchmann N, Senn C, Ball J, Brauchli L. Influence of initial strain on the force decay of currently available elastic chains over time. *Angle Orthod.* 2012; 82(3):529-35.
26. Omidkhoda M, Rashed R, Khodarahmi N. Evaluation of the effects of three different mouthwashes on the force decay of orthodontic chains. *Dent Res J (Isfahan).* 2015; 12(4):348-52.
27. Plaza-Ruiz SP. Estudios transversales analíticos. En: Barbosa-Liz DM, Pineda-Vélez EL, Agudelo-Suárez AA. *Odontología basada en la evidencia: de la teoría a la práctica.* Medellín: Corporación para Investigaciones Biológicas; 2020.

28. Pithon MM, Ferraz CS, Rosa FC, Rosa LP. Sterilizing elastomeric chains without losing mechanical properties. Is it possible? *Dental Press J Orthod.* 2015; 20(3):96-100.
29. Ren Y, Maltha JC, Kuijpers-Jagtman AM. Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: a systematic literature review. *Angle Orthod.* 2003; 73(1):86-92.
30. Ramos ME, Durand AN. Consumo de Bebidas Energizantes en Estudiantes Universitarios de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica en el año 2014 (Tesis para título de Cirujano Dentista Universitario). Ica: Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica; Facultad de Farmacia Bioquímica; 2015.
31. Sánchez JC, Romero CR, Arroyave CD, García AM, Giraldo FD, Sánchez LV. Bebidas energizantes: efectos benéficos y perjudiciales para la salud. *Perspect Nutr Humana.* 2015; (17): 79-91.
32. Vandembroucke JP, Von Elm E, Altman DG, Gøtzsche PC, Mulrow CD, Pocock SJ, et al. Mejorar la comunicación de estudios observacionales en epidemiología (STROBE): explicación y elaboración [Strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE): explanation and elaboration]. *Gac Sanit.* 2009;23(2):158.

Anexo 1. Artículo empleado para el análisis crítico de literatura estomatológica

ORIGINAL ARTICLE



AJO-DO

Sixteen-week analysis of unaltered elastomeric chain relating in-vitro force degradation with in-vivo extraction space tooth movement

Kristin S. Evans,^a Cory M. Wood,^b Allen H. Moffitt,^c John A. Colgan,^d J. Kevin Holman,^e Steven D. Marshall,^f D. Spencer Pope,^g Lew B. Sample,^h Stephen L. Sherman,ⁱ Peter M. Sinclair,^j and Tim S. Trulove^k

Dallas, Tex, Nashville, Tenn, Paducah, Ky, Tupelo, Miss, Chicago and Flossmoor, Ill, Decatur and Montgomery, Ala, Baton Rouge, La, and Torrance, Calif

Introduction: The purposes of this study were to evaluate whether unaltered elastomeric chain can continue to move teeth for 16 weeks and to relate it to the amount of force remaining for the same batch of elastomeric chains. **Methods:** The in-vivo portion of the study had a sample of 30 paired extraction space sites from 22 subjects who were measured for closure of the space every 28 days. The altered side elastomeric chain served as the control and was replaced at 28-day intervals whereas the experimental side remained unaltered. In the in-vitro portion of the study, 100 each of 2-unit and 3-unit segments of the same batch of elastomeric chains were placed in a water bath, and the force was measured for 20 of each segment length at the 28-day measurement points. **Results:** Statistically significant amounts of space closure occurred at both the altered and unaltered sites at all measurement time points. The mean space closure at the altered sites was minimally greater than that observed at the paired unaltered sites. The mean differences of space closure between the altered and unaltered sites ranged from a minimum of -0.05 mm at 4 weeks to a maximum of -0.14 mm at 8 weeks. The elastomeric chain force degraded rapidly by 4 weeks but continued a gradual diminution of force to 86 g at 16 weeks. **Conclusions:** Unaltered elastomeric chain continued to move teeth into extraction spaces for 16 weeks in this sample from both statistically and clinically significant standpoints. There were minimal and statistically insignificant differences in the mean space closure measurements between the paired altered and unaltered sites. The elastomeric chain force at 16 weeks was less than 100 g, yet at the same time point, teeth continued to move clinically. (*Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2017;151:727-34)

Orthodontists have always had a need to close spaces created by extraction of permanent teeth. Consequently, numerous mechanisms have been used to close these extraction spaces. Some commonly

used examples are closing loops, coil springs, elastics, and elastomeric chains.¹ In the mid 1960s, Roland Anderson and Paul Klein had the idea for using an elastic material for archwire ties. They developed an elastomeric material, patented the process, and formed a company (Modcom) to produce AstiK products. The Unitek Corporation purchased the products and began marketing to the orthodontic community in 1968.²

Research was first published on elastomeric chain by Andreasen and Bishara^{3,4} in 1970. Other investigators have provided information to describe the benefits of elastomeric chains such as low cost, ease of use, and reduced need for patient compliance.^{4,5} However, there are the disadvantages of increased entrapment of biofilm⁷ and the degradation of elastic force through time as determined by predominantly in-vitro studies.^{4-6,8-13}

Elastomeric chains are synthetic elastomers. They are primarily made from polyurethane, which can be either

^aPrivate practice, Dallas, Tex.

^bPrivate practice, Nashville, Tenn.

^cDivision of Orthodontics, Vanderbilt University Medical Center, Nashville, Tenn.

^dNetwork clinician, Paducah, Ky.

^eNetwork clinician, Tupelo, Miss.

^fNetwork clinician, Chicago, Ill.

^gNetwork clinician, Flossmoor, Ill.

^hNetwork clinician, Decatur, Ala.

ⁱNetwork clinician, Baton Rouge, La.

^jNetwork clinician, Torrance, Calif.

^kNetwork clinician, Montgomery, Ala.

All authors have completed and submitted the ICMJE Form for Disclosure of Potential Conflicts of Interest, and none were reported.

Address correspondence to: Allen H. Moffitt, PO Box 429, Murray, KY 40371; e-mail, ahm9m@aol.com.

Submitted, July 2016; revised and accepted, October 2016.

0889-5406/\$36.00

© 2016 by the American Association of Orthodontists. All rights reserved.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.10.020>

thermoplastic or thermoset. Thermoplastic polyurethanes are moldable at high temperatures and can be made from plastic. It has been shown that these chains experience more force decay at 28 days *in vitro* and require less pre-stretching than do thermoset chains.²⁰

Thermoset materials are cured irreversibly during manufacturing and have been shown to decay less *in vitro*.²¹ Elastomeric chains produced by different manufacturers generate various initial force levels when stretched the same amount.²² Most elastomeric chains experience force decay of 50% to 70% in the first 24 hours, followed by a more stable phase of 10% to 20% force decay in the first 4 weeks.^{3-5,9,10,13-15,18,22,23}

There is limited information on the rate of decay past this 4-week point.²¹ The force decay loss is due to permanent deformation of the elastomer when polymer molecules irreversibly slide past each other.¹⁶ Few *in vivo* studies have been done to study the potential decay of elastomeric chain.⁸ Since there is a loss of force over time, clinicians typically replace the chain in a patient's mouth every 4 to 6 weeks. However, since the chains probably retain some level of force past 4 weeks, it is unknown whether the force remaining is sufficient to move teeth in a clinical environment. It has been shown that in a simulated oral environment with a basic pH (7.26), force degradation occurs more rapidly than in an acidic pH (4.95) environment or in air.^{3,15}

Anecdotally, when there has been an inadvertent nonreplacement of elastomeric chain, a continued closure of space over a much longer than anticipated time frame can often be observed. The clinical question then arises: "why would the space continue to close with an elastomeric chain that should have worn out?" In this study, we tested the primary hypothesis: unaltered elastomeric chains continue to produce extraction space closure over a 16-week period in a patient's mouth. In addition, to relate the space closure to the predicted force degradation of elastomeric chain material, in the *in vitro* component of the study, we tested the force degradation for 16 weeks of the same batch of elastomeric chain that was used in the clinical component.

MATERIAL AND METHODS

For the *in vitro* component, 2 wood jigs were constructed with 10 pairs of steel finishing nails placed 10 mm apart on 1 jig and 18 mm apart on the other. One hundred each of 2-unit and 3-unit elastomeric chain (Alastik Gray Spool Chain C-1 Medium Force, Lot No. GG9WJ; 3M Unitek, Monrovia, Calif) segments were stretched twice their resting length on the 10-mm and 18-mm pegs, respectively. The jigs were submerged in a distilled water bath at 37°C (Fig 1) to

partially simulate the oral environment.^{6,8,9,14,15,18,20,21} A 600-g spring gauge (Pesola, Schindellegi, Switzerland) was used to measure 20 samples for the initial force of the 2-unit and 3-unit segments at twice the resting length. Twenty samples of each segment length were removed from the jigs at every 28-day time point (4, 8, 12, and 16 weeks), and the force was measured at the respective 10-mm and 18-mm stretchings. The distilled water was replaced at each measurement time point.

For the *in vivo* component, a practice-based clinical research network of 23 volunteer orthodontic clinicians was approached to participate in the research and provide patients for the study.^{24,25} Sixteen agreed to the research protocol. The clinicians were asked to select as many extraction patients as possible from their practices who would meet the study's selection criteria. Appropriate consent for the research project was obtained from Vanderbilt University's institutional review board.

A split-mouth research design was used in each arch, with 1 extraction side serving as the control site (altered elastomeric chain) and the contralateral extraction side serving as the experimental site (unaltered elastomeric chain), thus creating paired sites in each arch. A precise research protocol was issued to each participating orthodontist. It delineated the case selection criteria: adolescent patient, less than 16 years of age, with bilateral premolar extractions in the maxillary or the mandibular arch, or in both arches. Each patient's parent was made aware of the research project and its implications for treatment. All parents of participating subjects signed an informed agreement of participation.

After leveling and alignment of the patient's arches, the clinician decided when to commence space closure. The requirements for space closure involved sliding mechanics with no auxiliaries and either segmental extraction space closure (canine retraction or reciprocal molar to premolar) or total arch en-masse extraction space closure. For en-masse space closure, the teeth anterior to the extraction space were stabilized as a section with either wire ligature or elastomeric chain. This enabled the extraction sites to be handled independently of the anterior segment of the arches. The same thermoplastic elastomeric chain production batch (Alastik Gray Spool Chain C-1 Medium Force, Lot No. GG9WJ) was provided to the participating clinicians and used for all subjects. Sectional chains were placed on both sides of an arch from the most distal tooth with a bracket to the tooth on the mesial side of the extraction space (from a mandibular first molar to a mandibular first premolar in case of a second premolar extraction). The clinician selected the side that served as the control (altered elastomeric chain) with the segmental elastomeric chain



Fig 1. Jigs of the elastomeric chain segments submerged in the water bath.

replaced every 28 ± 5 days. The contralateral side served as the experimental side (unaltered elastomeric chain), and the elastomeric chain was not replaced. Clinicians measured the closure of the each extraction space using the same intraoral reference points (between brackets on the teeth or tooth surfaces) at every time measurement point. The intraoral measurement was made using one of the following: an electronic caliper, a Boley gauge with vernier scale, or a sharp pointed mechanical divider and ruler (Fig 2). Measurements to a tenth of a millimeter were placed on a recording data sheet provided for each participating patient. A 16-week experimental time was selected for the clinically pragmatic reason that orthodontists and their patients would likely not risk the lack of extraction space closure for a longer period of time. There was a 6-month experimental time window in which to accomplish the 16 weeks of space closure per subject. In other words, each clinician could begin a selected extraction patient at the beginning of the first month and have 2 months to continue to select patients for the study. The recording data sheets were collected from the participating clinicians at the end of the experimental time period. Those data were recorded, and appropriate statistical manipulations were performed and presented in the results.

A portion of the experimental protocol pertained to the criteria for disqualification of a subject during the experimental time period that would end the subject's involvement in the project. Those reasons were as follows: (1) if a subject appeared at his or her appointment



Fig 2. Divider used to measure the extraction space distance.

with either the unaltered site or the altered site elastomeric chain broken or missing; (2) if at the unaltered site the elastomeric chain was inadvertently removed during the experimental time or the extraction space became closed; and (3) if the time between monthly measurements exceeded 33 days. After disqualification of a subject, all previous measurements would be acceptable data.

RESULTS

Of the 16 clinicians who consented to participate in this study, only 8 were able to contribute patients to the study's sample. The sample comprised 22 extraction

Table I. Summary statistics of space closure for all patients

| Time point (wk) | Site | n | Mean (mm) | SD | Minimum | Maximum | 95% CI | Two-sided 1-sample t test | |
|-----------------|-----------|----|-----------|------|---------|---------|-----------|---------------------------|--------|
| | | | | | | | | t | P |
| 4 | Unaltered | 30 | 1.57 | 0.81 | 0.5 | 4.3 | 1.27-1.87 | t (29) = 10.65 | >0.001 |
| | Altered | 30 | 1.62 | 0.92 | 0.3 | 3.7 | 1.27-1.96 | t (29) = 9.61 | >0.001 |
| 8 | Unaltered | 27 | 0.91 | 0.63 | 0.0 | 2.1 | 0.66-1.16 | t (26) = 7.48 | >0.001 |
| | Altered | 26 | 1.05 | 0.56 | 0.3 | 2.2 | 0.83-1.28 | t (25) = 9.67 | >0.001 |
| 12 | Unaltered | 23 | 0.98 | 0.64 | 0.0 | 2.6 | 0.71-1.26 | t (22) = 7.40 | >0.001 |
| | Altered | 24 | 1.03 | 0.67 | 0.1 | 3.1 | 0.74-1.31 | t (23) = 7.46 | >0.001 |
| 16 | Unaltered | 16 | 0.85 | 0.51 | 0.1 | 2.1 | 0.58-1.12 | t (15) = 6.68 | >0.001 |
| | Altered | 15 | 0.97 | 0.53 | 0.2 | 2.2 | 0.67-1.27 | t (14) = 7.04 | >0.001 |

The t statistics were obtained from 2-sided 1-sample t tests, comparing the mean closure to zero. $P < 0.05$ suggests that, with a 95% confidence level, the space closure is statistically different from zero.

patients using a split-mouth design for each arch. There were a total of 31 paired sites composed of a control side (unaltered site) where the elastomeric chain was replaced every 28 days and an experimental side (altered site) where the original elastomeric chain remained in place. One paired site did not have the first 4-week measurement because of resignation of the subject. Thus, the subsequent analysis was based on 30 paired extraction sites.

The first evaluation used the actual space closure reduction between 2 consecutive measurement time points for each extraction space. A positive value would indicate a reduction in space. For each follow-up measurement, we conducted a 2-sided 1-sample t test to assess whether the space closure was significantly different from zero.²⁶ Table I presents the summary statistics and the t test results for all the sites measured at each time point. Not surprisingly, we observed statistically significant amounts of space closure for the altered sites with mean reductions of 1.62, 1.05, 1.03, and 0.97 mm at the measurement time points of 4, 8, 12, and 16 weeks, respectively. The space closure values for the unaltered sites were also significantly different from zero at all follow-up times, with means of 1.57, 0.91, 0.98, and 0.85 mm for the respective measurement points. The sample size became smaller at each measurement point. At week 8, 3 subjects dropped out, reducing the sample to 27 paired sites, and 1 altered site space became closed. By the end of the study at week 16, 12 (40%) unaltered sites were completely closed (3 closed at 8 weeks, 4 closed at 12 weeks, and 5 closed at 16 weeks). For the altered sites, there was space closure at week 16 for 13 (43%) sites (1 closed at 4 weeks, 1 closed at 8 weeks, 6 closed at 12 weeks, and 5 closed at 16 weeks).

The second evaluation was to determine to what extent the space closure was different between the unaltered and altered sites. We conducted a 2-sided paired t

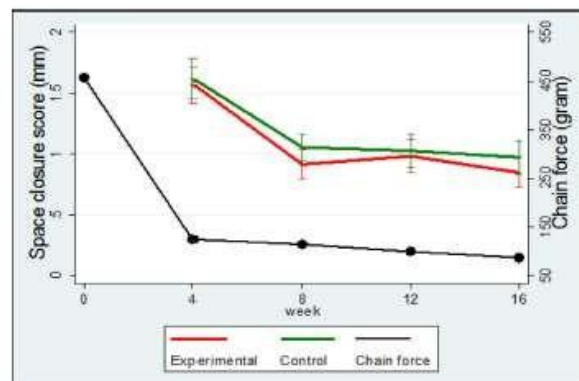
test to assess whether the difference in space closure between the altered and unaltered sites was statistically different from zero.²⁶ The summary statistics appear in Table II. At week 4 after initial placement of chain at all sites, the mean reduction of the unaltered sites was smaller than that of the altered sites by 0.05 mm, which was 6% of the standard deviation for the differences. The 95% confidence interval (CI) at 4 weeks was -0.39 to 0.29; a confidence interval including 0 suggested that the difference between the unaltered and altered sites was statistically indistinguishable from zero.²⁶ Similarly, at week 8, the reduction for the unaltered sites was smaller than that for the altered sites by 0.14 mm or 21% of the standard deviation; at week 12, the difference was 0.08 mm or 12% of the standard deviation, and at week 16, the difference was 0.07 mm or 13% of the standard deviation. Overall average reduction for the unaltered sites was always smaller than the reduction for the altered sites at all measurement time points. However, the test results did not provide enough evidence to claim that the differences were statistically different from zero.

Last, we related the space reduction to the force degradation of the elastomeric chain measured in a laboratory environment. The in-vitro bench measurement of force degradation was performed on both 2-loop chain segments stretched to 10 mm and 3-loop chain segments stretched to 18 mm. The gross force measurement for both lengths of chain was so similar that we elected only to report the 2-loop chain segment results. For each measurement time point, we plotted (Fig 3) the space closure in millimeters using the left vertical axis and the chain force measurement in grams using the right vertical axis. For the force degradation (black line in Fig 3), an elbow-shaped pattern can be seen. The average force for the chain segments declined rapidly from 465.0 g at the baseline to 124.0 g at 4 weeks, but the degradation slowed afterward (113.5 g at

Table II. Differences in space closure between unaltered and altered sites

| Time point (wk) | n | Mean (mm) | SD | Minimum | Maximum | 95% CI | Two-sided paired t test | | Two-sided paired t test (adjusting for correlated sites) | | Sample size from power analysis |
|-----------------|----|-----------|------|---------|---------|---------------|-------------------------|-------|--|-------|---------------------------------|
| | | | | | | | t | P | t | P | |
| 4 | 30 | -0.05 | 0.90 | -1.6 | 1.9 | -0.39 to 0.29 | t (29) = -0.29 | 0.772 | t (29) = -0.08 | 0.937 | 2748 |
| 8 | 26 | -0.14 | 0.68 | -1.6 | 1.5 | -0.42 to 0.13 | t (25) = -1.09 | 0.288 | t (25) = -1.07 | 0.293 | 175 |
| 12 | 23 | -0.08 | 0.66 | -1.7 | 1.3 | -0.37 to 0.21 | t (22) = -0.58 | 0.565 | t (22) = -0.42 | 0.680 | 531 |
| 16 | 15 | -0.07 | 0.59 | -0.8 | 1.0 | -0.40 to 0.25 | t (14) = -0.48 | 0.637 | t (14) = -0.19 | 0.849 | 508 |

The first set of *t* statistics was under the assumption that sites are independent of each other, and the second set was adjusted for the time-specific correlation between sites of the same patient. When 2 sites from the same patient are positively correlated, the standard errors of the estimates would be higher than when sites are assumed to be independent, resulting in greater *P* values when we adjusted for the correlated sites. Regardless of which calculation we used, we reached the same conclusion: there is no statistical difference between the unaltered and altered sites. For power analysis, we calculated the sample size needed to detect statistical significance for the observed mean and standard deviation, with the significance level set to 0.05 and power set to 0.80.

**Fig 3.** Line plot of elastomeric chain mean force and mean extraction space closure.

8 weeks, 99.0 g at 12 weeks, and 86.3 g at 16 weeks). Interestingly, we saw a parallel declining trend for the plot of the clinical space closure of both the unaltered (red line in Fig 3) and the altered (green line in Fig 3) sites. The greatest amount of space closure occurred during the initial 4 weeks with declining space closure for the remaining measurement points. As might be expected, the altered sites' mean measurements of space closure were greater than the unaltered sites for each measurement point.

DISCUSSION

Elastomeric chains have been used for space closure by orthodontists since the late 1960s.² Early in-vitro studies of elastomeric chain forces described rapid force degradation over the first few hours through weeks of activation.^{3-5,9,10,13-15,18,22,23} Thus, the clinical use of

elastomeric chain evolved to removal of the old chain and replacement with new chain every 4 to 6 weeks. This became the conventional and common practice by orthodontists. On an anecdotal and accidental basis, elastomeric chains that were left for longer periods of time would sometimes exhibit continued space closure. This clinical observation became the nidus for this study.

As shown in Table 1, the mean space closure at both the altered and unaltered elastomeric chain extraction sites demonstrated continuing clinically and statistically significant tooth movements for the 16 weeks of observation. The line graph (Fig 3) shows the parallel declining trend for the plot of the clinical space closure of both the unaltered sites (red line in Fig 3) and the altered sites (green line in Fig 3). The greatest space closure occurred at 4 weeks after initial placement of the elastomeric chains. The subsequent measurement time points

demonstrated declining mean space closure amounts. As might be expected, the altered sites with new elastomeric chain had greater amounts of mean space closure than did the unaltered sites for each measurement time point but only by slight amounts. The number of paired sites began at 30 but decreased to 15 after 16 weeks. Consequently, 16 weeks after the baseline, the 95% CI for the space closure at the unaltered sites was 0.58-1.12, suggesting a clinically meaningful closure even after the elastomeric chain would be conventionally considered to be depleted. The $P < 0.001$ for each measurement time point strongly supported the significance of the findings. Clinically, these observations confirmed that unaltered elastomeric chain continued to influence tooth movement with closure of the extraction space for the entire 16 weeks of the experiment. The diminishing number of the paired sites occurred for the following reasons: (1) resignation of a subject from the project (5 paired sites), (2) accidental removal of the chain from the unaltered site (2 paired sites), (3) broken chain at the unaltered site (1 paired site), and (4) extraction space closure at the unaltered site (7 paired sites).

When the mean space closure differences between the altered and unaltered sites were compared, little difference was seen. The altered site where the chain was replaced every 4 weeks did close more than the unaltered chain site, but the difference ranged from the mean of -0.05 mm at 4 weeks to -0.14 mm at 8 weeks (Table II). The differences between the altered and unaltered sites were not statistically significantly different from zero. Because 8 subjects had 2 paired extraction sites, there may be a question of the correlated influence between 2 sites in 1 patient. Table II gives 2 t tests, 1 using each site as independent and the other adjusting for the 8 correlated sites. Regardless of the calculation, the same conclusion occurred. There was no statistical difference between the altered and unaltered sites. This confirms that little difference was measured between the mean space closures at the altered and unaltered sites.

If we explore the reasons for the statistical insignificance, it might have occurred because of 2 possibilities. First, statistical insignificance could occur because the differences between the unaltered and altered sites were not distinguishable from zero at the specified significance level ($P < 0.05$). That is, the direction of the difference between the paired sites could be either that the unaltered site was greater (positive number) or was less (negative number) than the unaltered site. This created a 95% CI that included 0. Thus, there was no predictable difference between the altered and unaltered sites. Second, statistical insignificance could occur when the difference was substantially large, but the sample size was

too small to provide sufficient statistical power to detect such a difference. The second point was particularly relevant to studies with a modest sample size like this one. To assess to what extent the insignificant results found here were perhaps due to the sample size, we conducted a power analysis to calculate the necessary sample size needed to claim statistical significance for the observed differences as reported in Table II. The calculation was performed using the power analysis routine (power one-mean) in the Stata software program (StataCorp, College Station, Tex) that we used, which was based on a 2-sided t test with a significance level of $P = 0.05$ and a power of 0.80.²⁷ For the observed mean difference at week 4, which was -0.05 mm (SD, 0.90), a sample of 2748 paired sites would be needed to claim that such a mean was significantly different from zero. The sample sizes needed to make the mean difference at each subsequent time point statistically significant (at the $P = 0.05$ level) were as follows: 8 weeks, 175 paired sites; 12 weeks, 531 paired sites; and 16 weeks, 508 paired sites. From a pragmatic standpoint, these sample sizes needed for statistical significance would be extremely difficult to gather. Therefore, the power analysis results suggested that the observed differences between the experimental and control sites were so small that they would have required a relatively large sample size to claim a statistical difference. The small difference between the sites actually was additional confirmation that the unaltered elastomeric chain was influencing tooth movement throughout the experimental period. The reactivation of new chain forces did not seem to make an appreciable difference from the unaltered side. The power analysis that was performed demonstrated that, because of the small differences between the unaltered (experimental) and altered (control) sites, large samples would have been required to claim that such differences were statistically significant (from zero). The clinically significant interpretation was that little difference in extraction space closure was observed between the altered and unaltered elastomeric chains for the 16 weeks of the study.

The in-vitro laboratory measurement of the same batch of elastomeric chain that was used clinically exhibited force degradations similar to results in the literature.^{3-5,9,10,13-15,18,22,23} The difference between this study and previous studies was the length of measurement time. Even after 16 weeks of water bath stretching, the elastomeric chain mean force was 86.3 g and had only decreased by 13 g from the previous 12-week mean. If these laboratory measurements were related to the observed clinical movement of the teeth toward closure of the extraction site spaces, light forces may be all that were

needed to move the teeth of the patients in this sample (Fig 3).

A determination of the optimum force level for tooth movement has been elusive. In 1964, Reitan²⁸ suggested that forces as light as 50 g were favorable, but his chapter in Salzmann's 1974 textbook recommended that 70 to 120 g of force was reasonable.²⁹ In a 2008 rat study, Gonzales et al³⁰ concluded that 10 g of force resulted in tooth movement and less root resorption than heavier forces. Samuels et al³¹ in 1998 suggested 150 to 200 g as the most effective range of force for tooth movement. A 2003 systematic literature review by Ren et al³² concluded that the literature presented no evidence about optimal force levels for tooth movement. This study supports the concept that lighter forces can effectively influence tooth movement. The argument could also be made that other factors may be involved in tooth movement and closure of space. Extraction spaces can close spontaneously over time without mechanical forces,^{32,33} and occlusal contacts of the dentition may influence space closure.³⁴ Perhaps factors such as differences in sex, age, hormones, and others unknown may influence tooth movement.

Every research project has innate deficiencies that may be anticipated before the research or arise unexpectedly during the process. Decisions for the research protocol took into consideration the potential inconveniences to a private clinical practice yet allow for the collection of the relevant data. We were aware before the study that a level of bias could be introduced. One such bias was the lack of random selection for the unaltered (experimental) and altered (control) extraction sites in each subject. Another was concern for the lack of blinding of the person who would measure the extraction site space closure. Intraoral measurements were likely to be performed by persons who were aware of which side was the control or the experimental site. But the pragmatics of how the study would potentially interfere with the volunteer clinical practices precluded the ability to selectively randomize or blind the collection of data. Another difficulty involved not specifying a minimum amount of beginning extraction space; this resulted in early space closure for certain sites. This phenomenon resulted in a diminishing number of paired sites during the experiment. Finally, the modest number of original participating orthodontists and their inability to provide a more robust number of paired sites impacted the strength of the statistical comparisons. However, the power analysis of the difference between the control and experimental sites suggested that, given the small differences between the control and experimental sites, the sample size required to detect

statistical significance might not have been practically feasible.

CONCLUSIONS

The primary purpose of this study was to evaluate whether elastomeric chains can continue to close extraction space without the customary monthly reactivation with new chain for 16 weeks of observation. A network of orthodontic practitioners in their clinical settings was recruited to measure the closure of extraction spaces in their patients. A secondary purpose was to compare the clinical findings with measurements of elastomeric force degradation for a similar time period of 16 weeks. We made the following conclusions:

1. In this unique sample of extraction site space closure, the unaltered elastomeric chains continued to exhibit space closure throughout the 16 weeks of measurement.
2. The data demonstrated few clinically significant differences between the altered and unaltered elastomeric chains used for space closure. A statistically insignificant difference in space closure means between the altered and unaltered paired sites was additional proof that little difference occurred between the paired sites. The statistical insignificance was partially due to the small magnitude of differences in space closure scores and partially attributable to the low statistical power resulting from the modest sample size.
3. When the in-vivo data were related to the in-vitro measurements of force degradation for the same elastomeric chain, the resultant force of less than 100 g apparently had a clinical influence on tooth movement in this sample.

ACKNOWLEDGMENT

We thank Dr Lingling Zhang, Assistant Professor of Marketing, University of Maryland for her statistical expertise in analyzing the data and 3M Unitek for the contribution of the same batch of Alastik elastomeric chain.

REFERENCES

1. Stoner MM. Extraction treatment. In: Graber TM, editor. Orthodontic concepts and techniques, volume 1. Philadelphia: W. B. Saunders; 1969.
2. Personal communication, Doug Klein; August 8, 2015.
3. Andreasen GF, Bishara SE. Comparison of alastik chains with elastics involved with intra-arch molar to molar forces. *Angle Orthod* 1970;40:151-8.
4. Bishara SE, Andreasen GF. A comparison of time related forces between plastic alastiks and latex elastics. *Angle Orthod* 1970;40: 219-28.

5. Budmann N, Senn C, Ball J, Brauchli L. Influence of initial strain on the force decay of currently available elastic chains over time. *Angle Orthod* 2012;82:529-35.
6. Baty DL, Storie DJ, von Fraunhofer JA. Synthetic elastomeric chains: a literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;105:536-42.
7. de Souza RA, de Araujo Magnani MB, Nouer DF, da Silva CD, Klein MI, Sallum EA, et al. Periodontal and microbiologic evaluation of 2 methods of archwire ligation: Ligature wires and elastomeric rings. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;134:506-12.
8. von Fraunhofer JA, Coffelt MT, Orbell GM. The effects of artificial saliva and topical fluoride treatments on the degradation of the elastic properties of orthodontic chains. *Angle Orthod* 1992;62:265-74.
9. Ash JJ, Nikolai RI. Relaxation of orthodontic elastomeric chains and modules in vitro and in vivo. *J Dent Res* 1970;57:685-90.
10. Baty DL, Volz JE, von Fraunhofer JA. Force delivery properties of colored elastomeric modules. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;106:40-6.
11. De Genova D, McInnes-Ledoux P, Weinberg R, Shaye R. Force degradation of orthodontic elastomeric chains—a product comparison study. *Am J Orthod* 1985;87:377-84.
12. Hershey GH, Reynolds WG. The plastic module as an orthodontic tooth moving mechanism. *Am J Orthod* 1975;67:554-62.
13. Killiany DM, Duplessis J. Relaxation of elastomeric chains. *J Clin Orthod* 1985;19:592-3.
14. Young J, Sandrik JL. The influence of preloading on stress relaxation of orthodontic elastic polymers. *Angle Orthod* 1979;49:104-8.
15. Brantley WA, Salander S, Myers LC, Winders RV. Effects of prestretching on force degradation characteristics of plastic modules. *Angle Orthod* 1979;49:37-43.
16. Crawford NL, McCarthy C, Murphy TC, Benson PE. Physical properties of conventional and superslick elastomeric ligatures after intraoral use. *Angle Orthod* 2010;80:175-81.
17. Ferriter JP, Meyers CE, Lorton L. The effect of hydrogen ion concentration on the force degradation rate of orthodontic polyurethane chain elastics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98:404-10.
18. Hugot EF, Patrick KS, Nunez LJ. Observations on the elastic behavior of a synthetic orthodontic elastomer. *J Dent Res* 1990;69:496-501.
19. Josell SD, Leiss JB, Rekow ED. Force degradation in elastomeric chains. *Semin Orthod* 1997;3:189-97.
20. Kim K, Chung C, Choy K, Lee J, Vannarsdall R. Effects of prestretching on force degradation of synthetic elastomeric chains. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:477-82.
21. Masoud AI, Tsay TP, BeGole E, Bedran-Russo AK. Force decay evaluation of thermoplastic and thermoset elastomeric chains: a mechanical design comparison. *Angle Orthod* 2014;84:1026-33.
22. Renick MR, Brantley WA, Beck FM, Vig KW, Webb CS. Studies of orthodontic elastomeric modules. Part 1: glass transition temperatures for representative pigmented products in the as-received condition and after orthodontic use. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:137-43.
23. Oslagh M, Ajami S. A comparison of force decay: elastic chain or tie-back method? *World J Orthod* 2010;11:e45-50.
24. Kokich V. Consider joining the orthodontic practice-based research network. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144:323.
25. American Association of Orthodontists. The national dental practice-based research network. *AAO Bulletin* 2015;33(2):2-8.
26. McClave J, Benson PG. *Statistics for business and economics*. 5th ed. San Francisco: Dellen; 1991. p. 322-5, 310-1.
27. StataCorp. *Stata statistical software: release 14*. College Station, Tex: StataCorp; 2015.
28. Reitan K. Effects of force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone types. *Angle Orthod* 1964;34:244-55.
29. Reitan K. Tissue changes in orthodontic tooth movement. In: Salemann JA, editor. *Orthodontics in daily practice*. Philadelphia: Lippincott; 1974. p. 592-6.
30. Gonzales C, Hatakezaka H, Yoshimatsu M, Yozgatlian JH, Darendeliler MA, Yoshida N. Force magnitude and duration effects on amount of tooth movement and root resorption in the rat molar. *Angle Orthod* 2008;78:502-9.
31. Samuels RA, Rudge SJ, Mair LH. A clinical study of space closure with nickel-titanium closed coil springs and an elastic module. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;114:73-9.
32. Ren Y, Malha JC, Kuijpers-Jagtman AM. Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: a systematic review. *Angle Orthod* 2003;73:86-92.
33. Stephens CD. The rate of spontaneous closure at the site of extracted mandibular first premolars. *Br J Orthod* 1983;10:93-7.
34. Berg R, Gebauer U. Spontaneous changes in the mandibular arch following first premolar extractions. *Br J Orthod* 1982;4:93-8.