

**VALIDACIÓN BIOMECÁNICA Y DE USABILIDAD
DE UN PROTOTIPO DE IRRIGADOR SUBGINGIVAL**

**Yenny Catherine Mendoza Ramírez
Angie Tatiana Moyano Buitrago**

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE
POSGRADO DE PERIODONCIA Y MEDICINA ORAL
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
BOGOTÁ D.C- 2020**

HOJA DE IDENTIFICACIÓN

Universidad	El Bosque
Facultad	Odontología
Programa	Periodoncia y Medicina Oral
Título	Validación Biomecánica y de Usabilidad de un Prototipo de Irrigador Subgingival.
Grupo de Investigación:	Unidad de Investigación Básica Oral - UIBO
Línea de investigación	Medicina periodontal
Institución(es) participante(s):	Facultad de Creación y Comunicación Programa de Diseño Industrial
Tipo de investigación:	Posgrado /Grupo
Estudiantes/ residentes:	Mendoza Ramírez Yenny Caterine Moyano Buitrago Angie Tatiana
Director:	MSc. D.I. Beatriz Tsukamoto Uchida
Codirector:	Dra. Gloria Inés Lafaurie Villamil
Asesor externo	MSc. Ing. Juan Pablo León Montoya
Asesor estadístico	Dra. Gloria Inés Lafaurie Villamil

DIRECTIVOS UNIVERSIDAD EL BOSQUE

HERNANDO MATIZ CAMACHO	Presidente del Claustro
JUAN CARLOS LÓPEZ TRUJILLO	Presidente Consejo Directivo
MARIA CLARA RANGEL G.	Rector(a)
RITA CECILIA PLATA DE SILVA	Vicerrector(a) Académico
FRANCISCO FALLA	Vicerrector Administrativo
MIGUEL OTERO CADENA	Vicerrectoría de Investigaciones.
LUIS ARTURO RODRÍGUEZ	Secretario General
JUAN CARLOS SANCHEZ PARIS	División Postgrados
MARIA ROSA BUENAHORA	Decana Facultad de Odontología
MARTHA LILIANA GOMEZ RANGEL	Secretaria Académica
DIANA ESCOBAR	Directora Área Bioclínica
MARIA CLARA GONZÁLEZ	Director Área comunitaria
FRANCISCO PEREIRA	Coordinador Área Psicosocial
INGRID ISABEL MORA DIAZ	Coordinador de Investigación
IVAN ARMANDO SANTACRUZ CHAVES	Coordinador Postgrados
MIGUEL FERNANDO VARGAS DEL CAMPO	Director postgrado de Periodoncia y Medicina oral
MARIA ALEJANDRA SABOGAL BASIL	Coordinadora posgrado de Periodoncia y Medicina Oral

“La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

RESUMEN

VALIDACIÓN BIOMECÁNICA Y DE USABILIDAD DE UN PROTOTIPO DE IRRIGADOR SUBGINGIVAL

Antecedentes: Actualmente, la irrigación subgingival requiere del uso de una jeringa manual, sin embargo, este tipo de irrigación tiene limitaciones tales como falta de precisión, diseño de la aguja, difícil acceso a bolsas periodontales profundas y presión inadecuada que dificulta el manejo. Por lo tanto, se diseñó un nuevo prototipo de irrigación para mejorar las características físicas de la jeringa manual utilizada en la irrigación subgingival. **Objetivo:** Determinar los beneficios del nuevo método irrigador sobre el convencional de jeringa por medio de estudios electromiográficos y electrogoniometría. **Métodos:** este estudio experimental y analítico incluyó a cinco (5) pacientes diagnosticados con periodontitis, quienes previamente habían recibido terapia periodontal no quirúrgica. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado. Cinco (5) residentes y cinco (5) docentes del programa de Periodoncia de la Universidad El Bosque fueron invitados a participar como operadores. Se les explicó que la irrigación de bolsas periodontales debería realizarse en cinco (5) dientes maxilares y cinco (5) dientes mandibulares contralaterales. Se colocaron electrogoniómetros de la casa comercial Biometrics en el brazo y mano dominantes del operador; cada operador inició con la jeringa manual y luego, con el método nuevo. Para cada participante fueron obtenidos los umbrales de flexión y extensión y su promedio, y luego se compararon con la prueba de suma de rangos de Wilcoxon con un valor $p < 0.05$. **Resultados:** En la prueba piloto, al hacer el análisis comparativo de la irrigación subgingival por cuadrantes para las diferentes variables electromiográficas, se observó que no había variaciones estadísticamente significativas para los cuadrantes I, II y III. Sin embargo, para el cuadrante IV, se observó menos esfuerzo con el uso del método nuevo ($p = 0.04$); seguramente por los diferentes modos de agarre. **Conclusiones:** Los resultados obtenidos en estas pruebas, han contribuido a la mejora del diseño de este nuevo irrigador subgingival, como modificar dimensiones y distancias del botón accionador, que permitan un mejor uso de este instrumento dental.

Palabras clave: irrigación terapéutica, electromiografía, electromiografía de superficie, actividades motoras.

ABSTRACT

BIOMECHANICAL AND USABILITY VALIDATION OF A SUBGINGIVAL IRRIGATOR PROTOTYPE

Background: currently, subgingival irrigation requires the use of a manual syringe, however, this type of irrigation has limitations such as lack of precision, needle design, difficult access to deep periodontal pockets and inadequate pressure that makes handling difficult. Therefore, a new irrigation prototype was designed to improve the physical characteristics of the manual syringe used in subgingival irrigation. **Objective:** to determine the benefits of a new irrigator method over the conventional syringe using electromyographic studies and electrogoniometry. **Methods:** This experimental and analytical study included five (5) patients diagnosed with periodontitis, who had previously received non-surgical periodontal therapy and signed an informed consent. Five (5) residents and five (5) teachers from the Periodontics department of El Bosque University, were invited to participate as operators. They were explained to irrigate periodontal pockets in five (5) maxillary teeth and five (5) contralateral mandibular teeth. Electrometers from Biometrics were placed on the operator's dominant arm and hand. Each operator started with the manual syringe and then with the new method. For each participant, the flexion and extension thresholds and their average were obtained and compared with the Wilcoxon rank sum test with a p value <0.05 . **Results:** it was observed in the pilot test, when making the comparative analysis of subgingival irrigation by quadrants for the different electromyographic variables, that there were no statistically significant variations for quadrants I, II and III. However, for quadrant IV, less effort was observed with the use of the new method ($p= 0.04$); probably because of the different grip modes. **Conclusions:** the results obtained in these tests have contributed to the improvement of the design of this new subgingival irrigator, such as modifying dimensions and distances of the actuator button, which allow a better use of this dental instrument.

Keywords: therapeutic irrigation, electromyography, surface electromyography, motor activities.

GUÍA DE CONTENIDO

Resumen	
Abstract	
1. Introducción.....	14
2. Marco Teórico	2
2.1 Sustancias irrigadoras	2
2.2 Sistemas de irrigación	6
2.3 Ergonomía de trastornos musculoesqueléticos.....	8
2.4 Electromiografía de superficie (EMGs).....	12
3. Planteamiento del Problema	13
3.1 Descripción del problema.....	13
3.2 Pregunta de investigación.....	13
4. Justificación.....	14
5. Objetivos.....	15
5.1 Objetivo general.....	15
5.2 Objetivos específicos	15
6. Metodología.....	16
6.1 Tipo de estudio.....	16
6.2 Población y muestra	16
6.2.1 Criterios de selección	16
6.2.2 Criterios de exclusión.....	16
6.3 Materiales y métodos.....	17
6.3.1 Métodos y técnicas para la recolección de la información	17
6.4 Plan de tabulación y análisis.....	23
6.4.1 Hipótesis estadísticas:.....	23
6.4.2 Estadística descriptiva:	23
6.4.3 Estadística analítica:	23
7. Consideraciones éticas	24
8. Resultados	25
8.1 Pruebas de rangos de Wilcoxon	25
8.2 Análisis de EMGs	26
8.2.1 Cuadrante I	26

8.2.2 Cuadrante II	27
8.2.3 Cuadrante III	27
8.2.4 Cuadrante IV	28
8.3 Modos de agarre	29
8.3.1 Descripción de tipos de agarres en el método convencional con jeringa	29
8.3.2 Descripción de tipos de agarres y de accionamiento en el método nuevo de prototipo de irrigador	30
8.4 Electrogoniometrías	33
8.5 Análisis de datos	36
9. Discusión	39
10. Conclusiones	41
11. Bibliografía	42
12. Anexos	46
12.1 Anexo 1. Consentimiento informado operadores	46
12.2 Anexo 2. Consentimiento informado pacientes	53
12.3 Anexo 3. Graficas no anexadas en los resultados	55

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Dientes seleccionados por cada operador para realizar la irrigación subgingival.	17
Tabla 2. Relación dimensiones de la manos de los operadores y correspondiente Percentil según tabla antropométrica desarrollada por Maradei M. et al.	21
Tabla 3. Comparación de tiempo método convencional VS nuevo, donde Ct: tiempo del método convencional, Pt: tiempo del prototipo. Cvol.: Volumen de sustancia utilizado con el método convencional y Pvol: Volumen de sustancia utilizado con el prototipo.	22

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Movimientos flexión, extensión, desviación cubital y radial.	18
Figura 2. Ubicación de electrodos y electrogoniómetro.	19
Figura 3. Registro fotográfico sobre retícula de las manos de los 10 operadores	19
Figura 4. Dimensiones de la mano que fueron tenidas en cuenta en la prueba.	20
Figura 5. Prototipo utilizado en el proyecto para la irrigación subgingival; diseñado por Torres M. y asesores, egresado de la Universidad el Bosque, de la Facultad de Creación y Comunicación.	23
Figura 6. Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable electromiográfica umbral de flexión para el cuadrante IV ($p=0.04$)	26
Figura 7. Operador 1, cuadrante I en los dos métodos de irrigación, en movimientos de extensión y flexión	26
Figura 8. Operador 8, cuadrante II en los dos métodos de irrigación, en movimientos de extensión y flexión	27
Figura 9. Operador 3, cuadrante III en los dos métodos de irrigación, en movimientos de extensión y flexión.	28
Figura 10. Operador 4, cuadrante IV en los dos métodos de irrigación, en movimientos de extensión y flexión.	20
Figura 11. Diferente método de agarre para el método convencional, figura de la izquierda corresponde al dedo pulgar, la figura del centro al dedo índice y la izquierda palmar.	30
Figura 12. Diferente método de agarre para el método nuevo, figura de la izquierda corresponde a la activación del botón con el dedo índice y la figura de la derecha al dedo pulgar.	31
Figura 13. Diferentes métodos de agarre para el método convencional: operador 4 pulgar, operador 8 índice, operador 10 palmar.	31
Figura 14. Diferentes métodos de agarre para el método nuevo: operador 2 pulgar, operador 4 índice.	32
Figura 15. Comparación de los operadores 2 y 6, en el cuadrante IV, en los dos métodos de irrigación, en el movimiento de flexión.	33
Figura 16. Ángulos de la articulación de la muñeca	34
Figura 17. Datos de goniometría en el método convencional de los operadores 2, 8 y 10, según el modo de agarre, (pulgar, índice, palmar) en las diferentes variables goniométricas: desviación radial-cubital y extensión-flexión en el cuadrante IV	35

Figura 18. Datos de goniometría en el método nuevo de los operadores 2 y 8 según el modo de agarre, (pulgar, índice) en las diferentes variables goniométricas: desviación radial-cubital y extensión- flexión en el cuadrante IV.	36
Figura 19. Datos de goniometría en los dos métodos de irrigación de los operadores 2 y 6 en las diferentes variables goniométricas: desviación radial-cubital, cuadrante IV.	37
Figura 20. Datos de goniometría en los dos métodos de irrigación de los operadores 2 y 6 en las diferentes variables goniométricas: flexión y extensión.	38
Figura 21A. Análisis de las variables para el método convencional expresados en mediana y rango interquantil	55
Figura 21B. Análisis de las variables para el método nuevo expresados en mediana y rango interquantil	55
Figura 22A. Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable umbral de flexión ($p=0.82$)	56
Figura 22B. Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable promedio de flexión ($p=0.6$)	56
Figura 22C. Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable umbral de extensión ($p=1.0$)	57
Figura 23A. Análisis del método convencional y el método nuevo para todas las variables electromiográficas para el cuadrante I. Datos expresados en mediana ($p50$)	57
Figura 23B. Análisis del método convencional y el método nuevo para todas las variables electromiográficas para el cuadrante II. Datos expresados en mediana ($p50$)	58
Figura 23C. Análisis del método convencional y el método nuevo para todas las variables electromiográficas para el cuadrante III. Datos expresados en mediana ($p50$)	58
Figura 23D. Análisis del método convencional y el método nuevo para todas las variables electromiográficas para el cuadrante IV. Datos expresados en mediana ($p50$)	59
Figura 24A. Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable electromiográfica umbral de flexión para el cuadrante I ($p=0.2$)	59
Figura 24B. Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable electromiográfica umbral de flexión para el cuadrante II ($p=0.6$)	60
Figura 24C. Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable electromiográfica umbral de flexión para el cuadrante III ($p=0.1$)	60
Figura 25A Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable umbral de extensión ($p=0.2$)	61
Figura 25B Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable umbral de extensión ($p=0.8$)	61
Figura 25C. Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable umbral de extensión ($p=0.3$)	62

Figura 25D. Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable umbral de extensión (p=0.9)	62
Figura 26A Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable promedio de flexión (p=0.6)	63
Figura 26B Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable promedio de flexión (p=0.07)	63
Figura 26C Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable promedio de flexión (p=0.5)	64
Figura 26D Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable promedio de flexión (p=0.1)	64
Figura 27A Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable promedio de extensión (p=0.3)	65
Figura 27B. Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable promedio de extensión (p=0.8)	65
Figura 27C Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable promedio de extensión (p=0.4)	66
Figura 27D Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable promedio de extensión (p=0.1)	66

1. Introducción

La enfermedad periodontal, es una enfermedad inflamatoria, progresiva, multifactorial que afecta los tejidos de soporte del diente; su tratamiento se basa en dar una motivación y educación en salud oral al paciente, raspaje y alisado radicular, algunos autores utilizan otros coadyuvantes como la irrigación en bolsas periodontales profundas, por parte del paciente o en el consultorio odontológico. Actualmente el uso de irrigadores como un coadyuvante en la terapia periodontal no es muy utilizado, sin embargo según la literatura tiene ciertos beneficios comparado con la terapia periodontal tradicional.

El uso de jeringas manuales puede aumentar los ángulos de flexión y extensión causando TME en los profesionales de la salud oral; por ende, el presente trabajo de grado espera comparar y analizar por medio de EMGs y electrogoniómetros, la actividad muscular y el papel de determinados músculos en reposo y en movimiento, al hacer uso del método nuevo de irrigación subgingival.

2. Marco Teórico

En el tratamiento de la enfermedad periodontal, la irrigación se usa como lavado para eliminar las bacterias que están en contacto con los tejidos periodontales. La irrigación oral ha sido promovida y utilizada como una ayuda de higiene dental por más de 80 años. La evidencia ha sugerido que la irrigación oral es eficaz para alterar tanto cuantitativamente como cualitativamente la placa subgingival en pacientes con periodontitis crónica (Soskolne et al., 1997).

Según Shiloah J. et al. [1993], las pautas para la irrigación subgingival según la Academia estadounidense de periodoncia, los irrigantes subgingivales deben tener:

- Un efecto notable y duradero en la composición de la placa subgingival.
- Un efecto especulativo y sostenido en los parámetros clínicos de la periodontitis.
- Un efecto mejorado sobre la periodontitis que el raspaje y alisado solo.
- Todos los irrigantes utilizados y las técnicas utilizadas deben ser de administración segura.

2.1 Sustancias irrigadoras

El objetivo principal de la irrigación según Musthaq *et al.*, [2017] es reducir de manera no específica las bacterias y sus subproductos que conducen a la iniciación o progresión de las enfermedades periodontales. Estos autores realizaron una revisión de la literatura describiendo varios irrigantes subgingivales en bolsas periodontales, agua, solución salina, peróxido de hidrógeno, povidona yodada, agua ozonizada, clorhexidina, metronidazol y carbonato de sodio, los cuales han sido utilizados en diferentes estudios.

- Agua: Suele utilizarse como agente placebo junto la solución salina; entre los individuos con periodontitis leve y moderada, se informó que el mantenimiento rutinario de la higiene oral junto con la terapia de irrigación complementaria, se

asoció con la reducción de citocinas proinflamatorias, comparada con la higiene oral sin irrigación (Jeong et al., 1994; Cutler et al., 2000).

- Peróxido de hidrógeno: Wenstrom *et al.*, [1987] demostraron que la irrigación subgingival periódica realizada por un profesional con peróxido de hidrógeno, solo o con terapia de raspaje y alisado radicular, tiene un efecto terapéutico significativo sobre los parámetros clínicos y microbianos. La aplicación profesional frecuente en los paciente infectados con *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* parece ser una ventaja, cuando se usa la irrigación con peróxido de hidrógeno (Jones et al., 1990).
- Povidona yodada: Rosling *et al.*, [1986] & Christerson *et al.*, [1988] evaluaron la irrigación de povidona yodada en las lesiones periodontales como un complemento al raspaje y alisado radicular en un ensayo clínico controlado donde observaron que a los 12 meses post tratamiento había una ganancia de inserción clínica de 2mm o más, comparada con la solución salina fisiológica. Por otro lado Cobb *et al.*, [1988] realizaron un estudio de povidona yodada sin otro tratamiento y observaron que después de 15 días había disminución significativa la inflamación gingival, células plasmáticas y menor densidad volumétrica del infiltrado inflamatorio al tejido conectivo en los sitios con periodontitis avanzada.
- Agua ozonizada: La aplicación de ozono para fines periodontales se realiza principalmente en forma gaseosa, acuosa y oleosa. El agua ozonizada en comparación con el hipoclorito de sodio al 2,5% tiene una actividad antimicrobiana comparable (Das et al., 2011).
- Clorhexidina: Es un compuesto de bisbiguanida que posee un amplio espectro de actividad antimicrobiana. Esta propiedad junto con otras propiedades como la seguridad, efectividad y sustantividad permite que se use con más frecuencia como enjuague bucal, sin embargo la irrigación semanal con clorhexidina al 10% durante

el primer mes después del raspaje y alisado radicular ha demostrado reducir el número de *Porphyromonas gingivalis* (Drisko et al., 1996).

- Metronidazol: Linden *et al.*, [1991] & Newman *et al.*, [1991], demostraron que un régimen diario de higiene oral combinado con irrigación subgingival con 0,5% de metronidazol fue efectivo para reducir la periodontitis en un tiempo de 8 semanas.
- Fluoruros: Mazza *et al.*, [1981] en su estudio concluyeron que la irrigación subgingival con fluoruro de estaño al 1,64% fue más efectivo que el fluoruro de estaño al 0,64% al disminuir las bacterias móviles y espiroquetas en periodontitis avanzada.
- Otras sustancias: Saglam *et al.*, [2013] realizaron un estudio diseñado para determinar el efecto de la irrigación subgingival con ácido bórico como un complemento de la terapia mecánica en comparación con la clorhexidina y soluciones salinas en parámetros clínicos y microbianos en paciente con periodontitis crónica y concluyeron que el ácido bórico o clorhexidina en las bolsas periodontales como un complemento a la terapia periodontal no quirúrgico produce una mejora significativa en los parámetros clínicos sin diferencias significativas en los parámetros microbiológicos.

(Itic y Serfaty, 1992) realizaron un estudio a 90 días comparando la efectividad clínica de dos métodos de irrigación con solución salina subgingival administrada por profesionales, un irrigador pulsado o una jeringa en bolsas periodontales no tratadas; donde concluyeron que el enjuague con solución salina en bolsas periodontales no tratadas fue más efectivo con un irrigador pulsado que con una jeringa cuando estos procedimientos de irrigación fueron llevados a cabo por un odontólogo, sin embargo no es capaz de reducir la inflamación periodontal o mejorar el nivel de inserción; por lo tanto estos procedimiento de irrigación solos no pueden considerarse adecuados para la terapia periodontal.

Nagarakanti *et al.*, [2015] en su revisión sistemática se enfocaron en saber cuál era el efecto de irrigación subgingival con o sin raspaje y alisado radicular en los resultados clínicos y microbiológicos. Esta revisión sistemática encontró que el uso coadyuvante de irrigación subgingival después del raspaje y alisado radicular pueden proporcionar beneficios clínicos adicionales en comparación con el raspaje y alisado radicular solo.

También se ha reportado el uso de antibióticos como las tetraciclinas HCL, las cuales han sido utilizadas en modelos animales y estudios clínicos con éxito. Estudios refieren que la tetraciclina se puede mantener en el entorno subgingival y se libere lentamente al líquido crevicular en concentraciones clínicamente significativas después de un procedimiento de irrigación según Hokett *et al.*, [1997] y Rawal *et al.*, [2001] la tetraciclina inhibe la colágenasa, la función osteoclástica y estimula la formación de hueso, regula la angiogénesis y cuando se asocia con la fibronectina, aumenta la formación de fibroblastos sobre la estructura radicular.

Stabholz *et al.*, [1998] demostraron que los dientes sometidos a irrigación subgingival con tetraciclina, mantenían la actividad antimicrobiana durante más de 15 días; esto dependía de la concentración la cual varía del 0,5% al 200% en los periodos de aplicación entre 0,5 y 10 min (Madison *et al.*, 1997).

Por otro lado, Munagala, *et al.*, [2011] compararon los efectos clínicos y antimicrobianos de un episodio único de irrigación subgingival con digluconato de clorhexidina al 0.2 %, tetraciclina HCL y solución salina normal en ausencia de raspaje y alisado radicular y concluyeron que el grupo irrigado con tetraciclina HCL mostró una mejora significativa en los parámetros clínicos y microbianos.

Los enjuagues bucales, no ejercen efectos directos sobre la microbiota subgingival debido a la falta de penetración de los enjuagues bucales debajo del margen gingival (media 0.2mm), de manera similar los cepillos de dientes (media 0,9mm) no logran un acceso a la áreas subgingivales. (Shewale *et al.*, 2016). La evidencia nos muestra que hay una gran variedad de sustancias irrigadoras para el uso en irrigación subgingival; sin embargo el ácido hipocloroso no ha sido muy desarrollado en periodoncia.

El ácido hipocloroso es propuesto como agente antiplaca y para la cicatrización de heridas de la mucosa oral por su baja toxicidad; EL HOCL biológicamente se clasifica como un grupo de pequeñas moléculas conocidas como especies reactivas de oxígeno, los cuales son sintetizadas por células del sistema inmune; su obtención in vitro se puede obtener a través de tres diferentes métodos 1. Hidrólisis de gas de cloro 2. Electrolisis de solución de sal 3. Acidificación de hipoclorito, debido que el hipoclorito está disponible comercialmente, es el más utilizado conveniente y controlable (Wang L et al., 2007).

Se realizó un estudio de los principales microorganismos del biofilm dental y el ácido hipocloroso, logró la inhibición bacteriana a una concentración 0.05% a 1 minuto para *S Sanguis*, *S. mutans*, *P gingivalis*, *E corrodens*, *C rectus* y *F nucleatum*, y para microorganismos sobreinfectantes. Los resultados de este estudio indicaron que el ácido hipocloroso es una alternativa antimicrobiana para bacterias patógenas en cavidad oral. (Lafaurie et al., 2009).

2.2 Sistemas de irrigación

Los sistemas de administración han sido jeringas manuales con aguja roma o dispositivos eléctricos de irrigación accionados por bomba, nuevamente con puntas romas modificadas como agujas. La frecuencia de la aplicación ha variado enormemente y ha sido realizada por el profesional, por el paciente, o ambos (Martin et al., 1994).

La clasificación de Rams y Sots, [2000] según su aplicación se pueden dividir en

1. Aplicado personalmente (en casa)
 - Suministro de fármacos subgingivales no sostenidos
 - Entrega sostenida de medicamentos subgingivales
2. Profesionalmente aplicado en el consultorio odontológico
 - Suministro de fármacos subgingivales no sostenidos
 - Entrega sostenida de medicamentos subgingivales

Para la irrigación subgingival domiciliaria una amplia gama de dispositivos de irrigación se han utilizado. Macaulay *et al.*, [1986] usaron un sistema de irrigación subgingival de un

solo chorro pulsado 1 vez al día por 4 semanas y encontraron que el tratamiento es eficaz para controlar la placa subgingival durante al menos 2 meses después de la terapia periodontal: al parecer la irrigación domiciliaria subgingival y supragingival es efectiva. Sin embargo se debe tener en cuenta, que, al igual que con cualquier dispositivo de higiene oral, el dispositivo es tan bueno como el operador, y los resultados varían de paciente a paciente. La irrigación subgingival puede ser más tediosa para el paciente con una destreza limitada, no obstante se han diseñado dispositivos de irrigación oral de uso doméstico Waterpic, Teledyne waterpic, Fort Collins que facilitan el uso para que el paciente lo realice en casa (Eakle et al., 1986).

Por otro lado, la aplicación de irrigación profesional utiliza dos sistemas diferentes, la irrigación directa usando una jeringa de mano o mecánica utilizando un dispositivo de bombeo especial que produce una corriente de irrigación con interrupciones intermitentes (Shewale et al., 2016).

Hardy *et al.*, [1982] demostraron claramente que colocar una aguja de irrigación a 3mm por un profesional dentro de las bolsas periodontales con una jeringa de mano proporciona un medio eficiente y predecible para alcanzar la base de la bolsa.

Se han concluido varias datos relevantes:

1. La irrigación parece proporcionar solo efectos beneficiosos transitorios en la clínica y parámetros microbiológicos.
2. Los resultados con soluciones de placebo dificultan la distinción de un lavado de un verdadero efecto de acción antibacteriano.
3. Cuando se utiliza junto con la terapia convencional como la terapia de raspaje y alisado radicular la irrigación pareció ofrecer un pequeño beneficio ayudante a largo plazo.
4. Se debe tener precaución de crear altas presiones de irrigación en las bolsas periodontales que se puede minimizar al no introducir puntas de agujas más allá de 3mm (Addy 1994)

La aplicación de fármacos quimioterapéuticos locales, tiene ventajas sobre el uso sistémico de drogas sin embargo los agentes tópicos de administración en forma de solución de irrigación pueden no ser tan eficaces en patógenos periodontales que se encuentren en la base de la bolsa, áreas de furcación y otras áreas inaccesibles. Sin embargo, los agentes

irrigantes no tiene un efecto a largo plazo debido a la rápida disminución de la concentración del agente y la alta velocidad en el fluido crevicular (Musthaq et al., 2017).

Eakle *et al.*, [1986] refieren que las puntas de irrigadores convencionales no pueden ofrecer una solución más allá de 7mm de profundidad y por lo tanto no influirá más allá en la flora bacteriana si supera esta profundidad.

2.3 Ergonomía de trastornos musculoesqueléticos

El alcance de la ergonomía en odontología es amplio, abarca desde las interacciones con el equipo odontológico, hasta las relaciones con las condiciones de iluminación, ruido, temperatura, humedad, calidad del ambiente y, naturalmente, hasta las diversas interfaces con los softwares utilizados. Según la Asociación Internacional de Ergonomía, IEA [2002] “la ergonomía (o factores humanos) es la disciplina científica que busca entender las interacciones entre los seres humanos y los elementos de un sistema, y como la profesión que aplica teorías, principios, datos y métodos para el diseño con el fin de optimizar el bienestar humano y del desempeño global del sistema.

El término trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo (TME) se refiere a las lesiones musculoesqueléticas a los que el entorno laboral contribuye significativamente o a las lesiones musculoesqueléticas que empeoran o duran más debido a las condiciones laborales o los factores de riesgo en el lugar de trabajo. Ejemplos comunes de tales factores de riesgo en el lugar de trabajo incluyen trabajos que requieren esfuerzos repetitivos, forzados o prolongados de las manos; levantamiento frecuente o pesado, empujar o tirar, o transportar objetos pesados y posturas incómodas prolongadas. El nivel de riesgo depende de la intensidad, frecuencia y duración de la exposición a estas condiciones. (Gupta et al., 2014).

Razones para la jubilación anticipada entre dentistas:

- Trastornos musculoesqueléticos (29.5%)
- Enfermedad cardiovascular (21.2%)
- Síntomas neuróticos (16.5%)

- Tumores (7.6%)
- Enfermedades del sistema nervioso (6,1%).

Una causa predominante de los trastornos de movimientos repetitivos de las manos son los movimientos constantes de flexión y extensión de la muñeca y los dedos. Los movimientos crónicos y repetitivos de la mano y la muñeca, especialmente con la mano en posición de "pellizco", parecen ser los más perjudiciales. Otros factores comunes que contribuyen a las lesiones de manos y muñecas incluyen movimientos en los que la muñeca se desvía de una postura neutral a una posición anormal o incómoda, trabajando durante un período demasiado largo sin permitir el descanso o la alternancia de los músculos de la mano y el antebrazo; tensiones mecánicas a los nervios digitales desde agarres sostenidos hasta bordes afilados en los mangos de los instrumentos, trabajo forzado y uso extendido de instrumentos vibratorios. (Gupta et al., 2014).

Algunas de las condiciones comunes de la mano y la muñeca son las siguientes:

- Tendinitis / tenosinovitis.
- Enfermedad de DeQuervain
- Dedo gatillo
- Síndrome del túnel carpiano
- Síndrome de Guyon.

Señales de trastornos musculoesqueléticos:

- Disminución del rango de movimiento
- Pérdida de la sensación normal.
- Disminución de la fuerza de agarre
- Pérdida del movimiento normal.
- Pérdida de coordinación.

Síntomas de trastornos músculo esqueléticos:

- Excesiva fatiga en hombros y cuello.
- Hormigueo, ardor u otro dolor en los brazos
- Agarre débil, calambres en las manos.
- Entumecimiento en dedos y manos.
- Torpeza y caída de objetos.
- Hipersensibilidad en manos y dedos.

Los siguientes son reconocidos como factores de riesgo importantes para los trastornos musculoesqueléticos entre los profesionales dentales, especialmente cuando ocurren en niveles altos y en combinación.

- Movimientos repetitivos: si los movimientos se repiten con frecuencia y durante períodos prolongados, la fatiga y la tensión del tendón muscular pueden acumularse. Los efectos de los movimientos repetitivos al realizar las mismas actividades laborales aumentan cuando se involucran posturas incómodas y esfuerzos forzados. Las acciones repetitivas como factor de riesgo también pueden depender del área del cuerpo y del acto específico que se realiza.
- Duración: las tareas de trabajo que requieren el uso de los mismos músculos o movimientos durante largas duraciones aumentan la probabilidad de fatiga local y general. En general, cuanto mayor sea el período de trabajo continuo, mayor será el tiempo de recuperación o descanso requerido.
- Tensiones de contacto: el contacto repetido o continuo con objetos duros o afilados, como bordes de escritorio no redondeados o mangos de herramientas estrechos y sin relleno, pueden crear presión sobre un área del cuerpo (por ejemplo, el antebrazo o los lados de los dedos) que pueden inhibir la función nerviosa y el flujo sanguíneo.

- Vibración: la exposición a la vibración local ocurre cuando una parte específica del cuerpo entra en contacto con un objeto que vibra, como una herramienta manual eléctrica. (Gupta et al., 2014).

El raspaje y el alisado radicular representan un alto riesgo ergonómico tanto para los dentistas como para los higienistas dentales. Un pequeño estudio de cohorte midió la actividad muscular del flexor radial del carpo, el braquiorradial y el extensor radial del carpo con electromiografía de superficie durante el trabajo diario de los higienistas dentales y descubrió que la actividad muscular promedio durante la limpieza dental era del 15 al 18% de la contracción voluntaria máxima. (Dong et al., 2005).

Actualmente no existe ningún estándar industrial para un instrumento "ergonómico". Un mango redondo, a diferencia de un mango hexagonal, con bordes duros, reducirá el estrés muscular y la compresión digital del nervio. Sin embargo, un instrumento liso y de mango redondo requiere más fuerza de pellizco para evitar que el mango gire en la mano. Las manijas con ranuras circunferenciales poco profundas permiten una mejor fricción con los dedos para que un agarre seguro requiere menos fuerza. Los mangos de instrumentos de diámetro pequeño y forma hexagonal producen una tensión mecánica que puede causar compresión digital del nervio. (Gupta et al., 2014).

En cuanto a los instrumentos automáticos, los profesionales deben considerar su uso (pieza de mano de alta velocidad, pieza de mano de baja velocidad, láser, ultrasonidos, piezas de mano endodónticas) en lugar de instrumentos manuales. Las piezas de mano deben ser lo más ligeras posible y bien equilibradas. La longitud de la manguera debe ser lo más corta posible; una longitud de manguera adicional agrega peso. La tensión en la manguera se transfiere a la muñeca y al brazo a medida que la manguera se estira. (Gupta et al., 2014).

En un estudio descriptivo de corte transversal en estudiantes de posgrado y docentes de cada especialidad de la Facultad de Odontología de la Universidad el Bosque, Bogotá, 2009. En donde su objetivo fue examinar y describir las condiciones de trabajo dadas por la utilización prolongada de equipos e instrumental odontológico en estudiantes de postgrado y en docentes de cada especialidad; en sus resultados observaron que en los estudiantes se observó la mayor sintomatología en cuello (62%) y hombros (47%). La especialidad de

endodoncia es la que más presentó sintomatología en la extremidad superior, y la zona anatómica más destacada la mano (83.3 %). Las mujeres presentan mayor sintomatología en cuello (74.1 %), mientras que los hombres presenta mayor molestia en el resto de las zonas anatómicas de la extremidad superior, destacándose el hombro (62,5 %). En los docentes se observa que a menor experiencia clínica se presenta mayor dolor en el cuello y las muñecas, mientras que a mayor experiencia clínica hay más sintomatología en los hombros, persistiendo el dolor en las muñecas y disminuyendo en el cuello. (Gutiérrez et al., 2014).

2.4 Electromiografía de superficie (EMGs)

La EMGs es una herramienta fundamental, no invasiva, para el análisis de la actividad muscular que permite comprender el papel de determinados músculos tanto en reposo como en movimiento. Esta mide el potencial eléctrico presente en la superficie de la piel como consecuencia de la contracción muscular; el voltaje es detectado mediante electrodos que se colocan en la piel. Es, por lo tanto, una técnica no invasiva, la cual mide la actividad eléctrica durante la contracción muscular y la relajación y nos indica qué músculo está activo durante el movimiento y cómo actúan unos músculos en coordinación con otros. (Stegeman et al., 2000)

Un electromiógrafo es un amplificador de alta ganancia (amplia entre 200 a 500 veces la señal del músculo), con selectividad para frecuencias en el rango de 1-2 kHz, de ahí que la señal electromiográfica también se puede definir como el registro de la suma temporal de las señales eléctricas de fibras musculares que disparan a diferentes frecuencias. (Caballero et al., 2002).

Su aplicación en áreas relacionadas con la odontología, se ha utilizado la EMG para detectar los efectos de la instrumentación endodóntica en los músculos del antebrazo y mano, permitiendo entrenar a los operadores para que tengan una mejor postura que les ayude durante la administración. (Ozawa et al., 2001).

3. Planteamiento del Problema

3.1 Descripción del problema

Actualmente la irrigación subgingival, se realiza con una jeringa de mano convencional y una aguja roma, este tipo de irrigación tiene limitantes como la falta de precisión, el diseño de la aguja, el acceso con la aguja a bolsas profundas, la presión es inadecuada para saber realmente cuanta sustancia queda dentro de la bolsa periodontal y su difícil manipulación.

3.2 Pregunta de investigación

¿Qué beneficios tiene el uso de un nuevo prototipo de irrigador subgingival, en cuanto a manipulación, ergonomía, facilidad de uso y seguridad, para el profesional en la salud oral?

4. Justificación

Este trabajo de grado está soportado en el proyecto de *Torres M.*, egresado de la Universidad El Bosque, del programa de Diseño Industrial, para su trabajo de grado. Desde el año 2016 al 2018, ha trabajado junto con un grupo de asesores, para el diseño de un irrigador subgingival, iniciando con un diseño formal no funcional, una validación digital, un rediseño el cual fue propuesto en acero quirúrgico el cual tuvo más inconvenientes por el pequeño tamaño de las piezas que lo conformaban y actualmente se trabaja en la fabricación de un prototipo digital y su validación digital.

Este irrigador subgingival pretende mejorar las características físicas de la jeringa de irrigación convencional, de tal manera brindar una mejor manipulación, ergonomía, dosificación, optimización de tiempo, seguridad, goteo vs chorro, presión y precisión.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Determinar los beneficios del nuevo método irrigador sobre el convencional de jeringa por medio de estudios electromiográficos y electrogoniometría.

5.2 Objetivos específicos

- Comparar la actividad eléctrica muscular de extensores y flexores al utilizar el método convencional con jeringa con el nuevo prototipo de irrigador subgingival.
- Observar y analizar cómo los diferentes métodos de agarre modifican la actividad muscular.
- Observar y comparar los movimientos de la mano del operador a través de las electrogoniometrías, de los dos métodos de irrigación.

6. Metodología

6.1 Tipo de estudio

Estudio analítico experimental

6.2 Población y muestra

Diez (10) profesionales de odontología, según Faulkner [2003], realizar pruebas de usabilidad con 10 personas, el promedio de hallazgos de problemas es de un 95%, con un mínimo del 82%, asegurando que esa es una muestra adecuada para este tipo de evaluaciones.

6.2.1 Criterios de selección

Operadores:

- Docentes y residentes del programa de Periodoncia y Medicina Oral, de la Universidad el Bosque, de la clínica de los jueves en la mañana.

Pacientes:

- Pacientes activos que asisten a la clínica de Periodoncia y Medicina Oral de la Universidad el Bosque.
- Pacientes con más de 20 dientes en boca
- Pacientes con previo tratamiento periodontal no quirúrgico.

6.2.2 Criterios de exclusión

- Docentes y residentes de otras especialidades.
- Pacientes menores de 18 años de edad.
- Pacientes con menos de 20 dientes en boca.
- Pacientes sin previo tratamiento periodontal no quirúrgico

6.3 Materiales y métodos

6.3.1 Métodos y técnicas para la recolección de la información

Se realizó un estudio analítico experimental, en la clínica de periodoncia de la Universidad el Bosque; que incluyó cinco (5) pacientes, a quienes ese día se les había realizado terapia periodontal por su residente tratante y que voluntariamente aceptaron participar en el estudio.

Se invitó a participar a 5 docentes y 5 residentes como operadores del estudio a quienes se les explicó que se debía realizar irrigación de los surcos y bolsas periodontales en los pacientes previamente mencionados, en 5 dientes maxilares y 5 dientes mandibulares contralaterales

En total fueron 10 operadores para 5 pacientes, por lo tanto 2 operadores asignados al azar realizaron la irrigación en un mismo paciente; los operadores impares realizaron los cuadrantes I y III y los operadores pares II y IV. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado previo al ejercicio

1. Inicialmente se realizó un sondaje periodontal por parte del operador para seleccionar los dientes a irrigar (tabla 1) ; el procedimiento se realizó de la siguiente manera:

Paciente	Maxilar superior					Maxilar inferior					Operador
1	15	14	13	12	11	31	32	33	34	35	Operador 1
	21	22	23	24	25	47	45	43	42	41	Operador 2
2	17	16	13	12	11	36	35	34	33	32	Operador 3
	27	26	23	22	21	47	46	45	44	43	Operador 4
3	17	16	15	12	11	37	36	35	34	33	Operador 5
	27	26	23	22	21	47	46	45	42	41	Operador 6
4	17	16	13	12	11	37	34	33	32	31	Operador 7
	26	24	23	22	21	47	45	44	43	42	Operador 8
5	16	15	14	13	12	37	35	36	33	32	Operador 9
6											
	27	26	25	24	21	47	46	45	43	42	Operador 10

Tabla 1. Dientes seleccionados por cada operador para realizar la irrigación subgingival.

- Se colocaron los electrodos de superficie en el brazo y la mano dominante del operador, en los músculos extensores y flexores, por parte del ingeniero biomédico y se evaluaron los movimientos de extensión y flexión con EMGs (Figura 1)

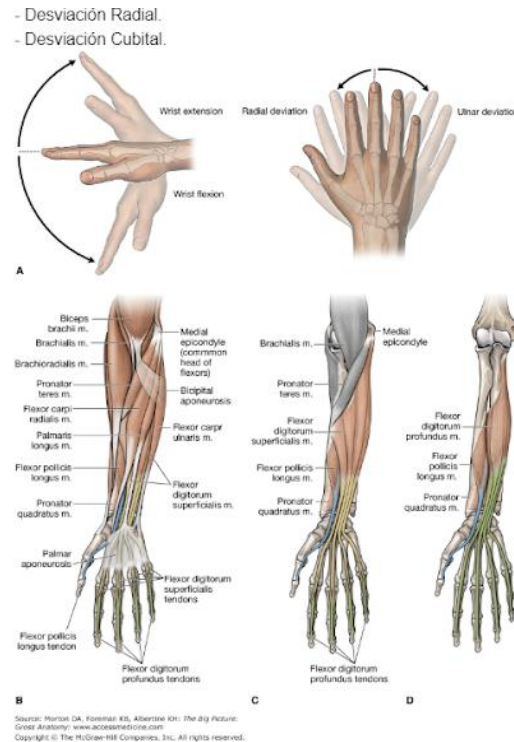


Figura 1. Movimientos flexión, extensión, desviación cubital y radial.

La desviación cubital, radial, y también ángulos de flexión y extensión de muñeca, fueron medidos con electrogoniómetros (goniómetros electrónicos), ideales para la medición rápida, simple y precisa del movimiento de las articulaciones en grados de libertad. Los sensores se pueden usar cómodamente sin ser detectados debajo de la ropa, sin obstaculizar el movimiento real de la articulación; estos fueron utilizados para analizar el tipo de agarre de los diferentes operadores. (Figura 2)



Figura 2. *Ubicación de electrodos y electrogoniómetro.*

3. Se registraron las manos de los operadores a través de fotografías sobre retícula para el posterior registro y análisis de las dimensiones de la mano. (Figura 3).



Figura 3. *Registro fotográfico sobre retícula de las manos de los 10 operadores*

Las tres (3) dimensiones que se tuvieron en cuenta fueron: longitud de la mano, longitud palmar y ancho palmar. (Figura 4)

Longitud de la mano: Distancia entre la muñeca y la parte más distal del dedo medio de la mano.

Longitud palmar: Distancia entre la muñeca y la unión de los dedos dos (índice) y tres (medio) de la mano.

Ancho palmar o ancho metacarpal: Distancia máxima entre las protuberancias distales de los metacarpos dos (índice) y cinco (meñique).

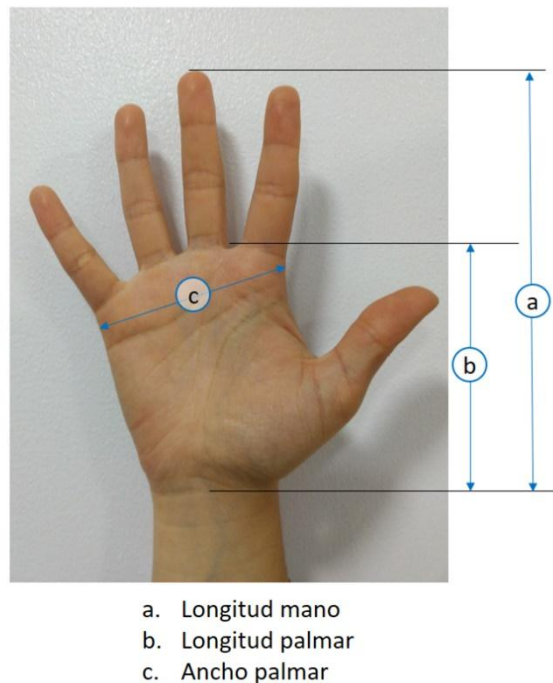


Figura 4. Dimensiones de la mano que fueron tenidas en cuenta en la prueba.

En la Tabla 2. se registran las medidas antropométricas de la mano de los diez (10) operadores y se clasifican por percentiles según análisis comparativo con las tablas antropométricas realizadas por Maradei M. et al., [2007-2008]. El percentil en este caso, se refiere a la medición para una característica física en la que un determinado porcentaje de la población queda incluido.

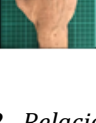
Operad.	Fotog.	Sexo	Edad	Lateralidad	Medida de la mano			* Percentil		
					Longitud mano Mano	Longitud palmar	Ancho palmar	Todos	Hombres	Mujeres
1		F	41	Zurda	17.9	9.5	8.0	P75		P95
2		M	55	Diestra	20.0	10.0	9.5	P95	P95	
3		F	40	Diestra	17.5	7.5	7.5	P50		P75
4		F	35	Diestra	18.5	9	8	P75		P95
5		M	27	Diestra	20.2	10.5	9	P99	P95	
6		F	25	Diestra	18.5	8.8	7.5	P75		P95
7		M	25	Diestra	21	11	9	P99	P99	
8		F	27	Diestra	17	8	7.5	P50		P50
9		M	27	Diestra	19	9.5	9	P95	P75	
10		M	48	Diestra	18,5	9.5	9.0	P75	P50	

Tabla 2. Relación dimensiones de la manos de los operadores y correspondiente Percentil según tabla antropométrica desarrollada por Maradei M. et al.

4. Se irrigó con clorhexidina al 0.12% con una jeringa manual desechable los sitios previamente sondeados.
5. Posterior a la irrigación convencional se irrigó con el método nuevo de irrigación subgingival.
6. Se realizó la toma del tiempo por diente con cronómetro en mano, donde cada operador debía realizar la irrigación continua por 5 segundos por diente en el método convencional, para un total de 25 segundos por cuadrante, que corresponde a 5 segundos por diente.
7. En la irrigación con el método nuevo (Figura 2) el operador debía realizar 5 clics por diente, el cartucho correspondía a 3ml, los cuales eran 31 gotas por cuadrante. Sin embargo esta irrigación en la prueba piloto no pudo ser realizada debido a problemas con el prototipo; por ende únicamente se realizó la simulación. (Tabla 2)

		MAXILAR SUPERIOR				MAXILAR INFERIOR			
		Ct.	Pt.	Cvol.	P vol.	Ct.	Pt.	Cvol.	P vol.
PACIENTE 1	Operador 1	25 seg.	23seg.	2cm		26seg.	25.37seg.	3cm	
	Operador 2	25.2seg.	24seg.	3cm		25seg.	25seg.	4cm	
PACIENTE 2	Operador 1	25.1seg.	25seg.	4cm		24seg.	25seg.	10cm	
	Operador 2	25.8seg.	25seg.	3.5cm		25seg.	25.3seg.	2.5cm	
PACIENTE 3	Operador 1	25.3seg.	25seg.	3.3cm		25.3seg.	25.3seg.	3.5cm	
	Operador 2	25seg.	25seg.	2.5cm		25.2seg.	25.1seg.	2.5cm	
PACIENTE 4	Operador 1	25.1seg.	25.03seg.	2.1cm		25.4seg.	25.3seg.	3.2cm	
	Operador 2	25.2seg.	25.01seg.	3cm		25.4seg.	15.6seg.	6cm	
PACIENTE 5	Operador 1	25.4seg.	25.5seg.	2.2cm		25.1seg.	25.4seg.	4cm	
	Operador 2								
PACIENTE 6	Operador 1								
	Operador 2	25.4seg.	25.3seg.	4cm		25.5seg.	25.3seg.	4.2cm	

Tabla 3. Comparación de tiempo método convencional VS nuevo, donde Ct: tiempo del método convencional, Pt: tiempo del prototipo. Cvol.: Volumen de sustancia utilizado con el método convencional y Pvol: Volumen de sustancia utilizado con el prototipo.



Figura 5. Prototipo utilizado en el proyecto para la irrigación subgingival; diseñado por Torres M. y asesores, egresado de la Universidad el Bosque, de la Facultad de Creación y Comunicación.

6.4 Plan de tabulación y análisis

6.4.1 Hipótesis estadísticas:

Hipótesis nula: No existe diferencia en cuanto actividad eléctrica muscular de extensores y flexores al utilizar el método convencional y el nuevo.

Hipótesis alterna: Existe diferencia en cuanto a la actividad muscular de extensores y flexores al utilizar el método nuevo, comparándolo con el método convencional.

6.4.2 Estadística descriptiva:

Los datos fueron expresados en mediana y rango intercuartil según el tipo de irrigación (convencional VS prototipo); también para los datos según el cuadrante y variables electromiográficas.

6.4.3 Estadística analítica:

Se utilizó una prueba no paramétrica de rangos de Wilcoxon para todos los análisis del método convencional y el método nuevo para los diferentes tipos de variables electromiográficas, umbral de flexión, umbral de extensión, promedio de flexión, promedio de extensión; comparación del tipo de irrigación por edad para las diferentes variables electromiográficas, comparación del tipo de irrigación por cuadrantes para las diferentes variables electromiográficas, datos descriptivos del tipo de irrigación por cuadrante para las diferentes variables electromiográficas.

7. Consideraciones éticas

Este estudio experimental, no representan ningún riesgo en la salud de los pacientes, ni de los operadores. Previo a la realización de la prueba, el operador y pacientes deben entender y comprender en qué consiste la investigación y posteriormente darnos la autorización firmando el consentimiento informado; podrán realizar todas las preguntas necesarias para tener total conocimiento del estudio. (Véase anexo 1)

La información recogida en este proyecto de investigación se mantendrá confidencial (ley de habeas data de 2012). La información recogida durante la investigación, solo los investigadores tendrán acceso a verla, solo los investigadores sabrán cuál es su número de participante y se mantendrá la información bajo estricta confidencialidad.

La sustancia de irrigación que se utilizará es la clorhexidina al 0.12%, la cual ya ha sido probada en diferentes estudios odontológicos y no representa ningún riesgo para la salud en las condiciones adecuadas.

8. Resultados

8.1 Pruebas de rangos de Wilcoxon

Inicialmente se realizó un análisis estadístico con las variables electromiográficas (umbral de flexión, umbral de extensión, promedio de flexión y promedio de extensión), debido a que la distribución no fue normal, se decidió realizar una prueba no paramétrica de rangos de Wilcoxon para todos los análisis.

El análisis descriptivo de los datos de las variables electromiográficas se expresaron en mediana (p50) y rango intercuantil (p25-p70). Con la prueba de Wilcoxon se observaron variables como el método de irrigación (convencional VS nuevo), datos descriptivos ajustados a edad y tipo de irrigación, comparación del tipo de irrigación por edad para las diferentes variables electromiográficas, datos descriptivos de tipo de irrigación por cuadrante para las variables electromiográficas y análisis comparativo de irrigación por cuadrantes para las diferentes variables electromiográficas.

Ninguna de las variables mencionadas anteriormente tuvo diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) (ver gráficos en anexos).

Únicamente en el análisis comparativo de irrigación por cuadrantes para las variables electromiográficas; en el cuadrante IV, se observó diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.04$). (Figura 6)

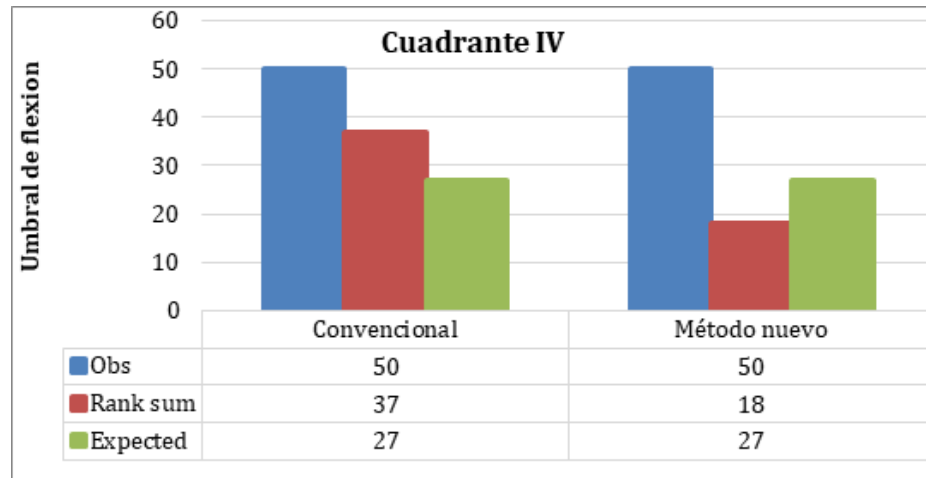


Figura 6. Análisis del método convencional y el método nuevo para la variable electromiográfica umbral de flexión para el cuadrante IV ($p=0.04$)

8.2 Análisis de EMGs

8.2.1 Cuadrante I

En las EMGs se observa, mayor activación muscular para el operador 1, cuadrante I, para los dos métodos de irrigación, en los movimientos de flexión y extensión. (Figura 7)

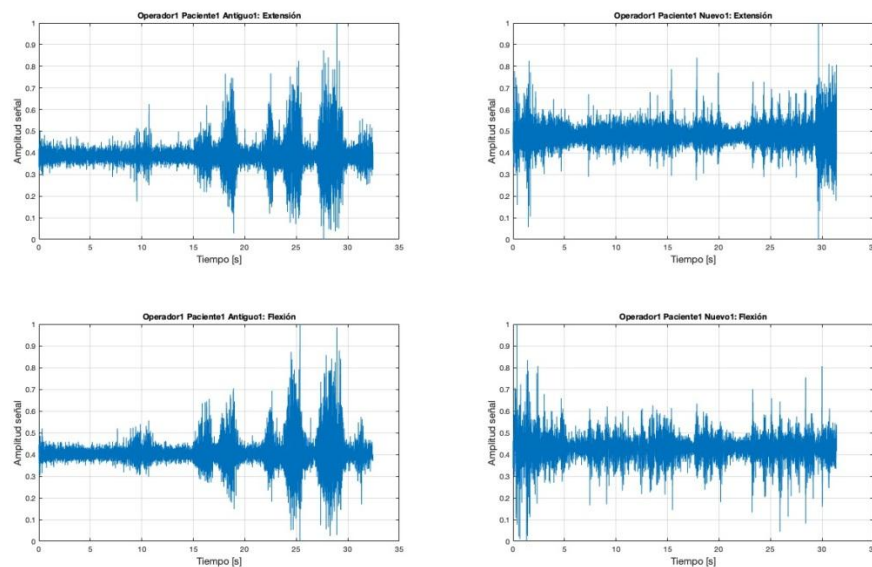


Figura 7. Operador 1, cuadrante I en los dos métodos de irrigación, en movimientos de extensión y flexión.

8.2.2 Cuadrante II

Para el II cuadrante, el operador 8, tanto en el método convencional y método nuevo, se observa mayor activación muscular en el movimiento de extensión; sin embargo se observa en el movimiento de flexión del método nuevo menor activación muscular. (Figura 8)

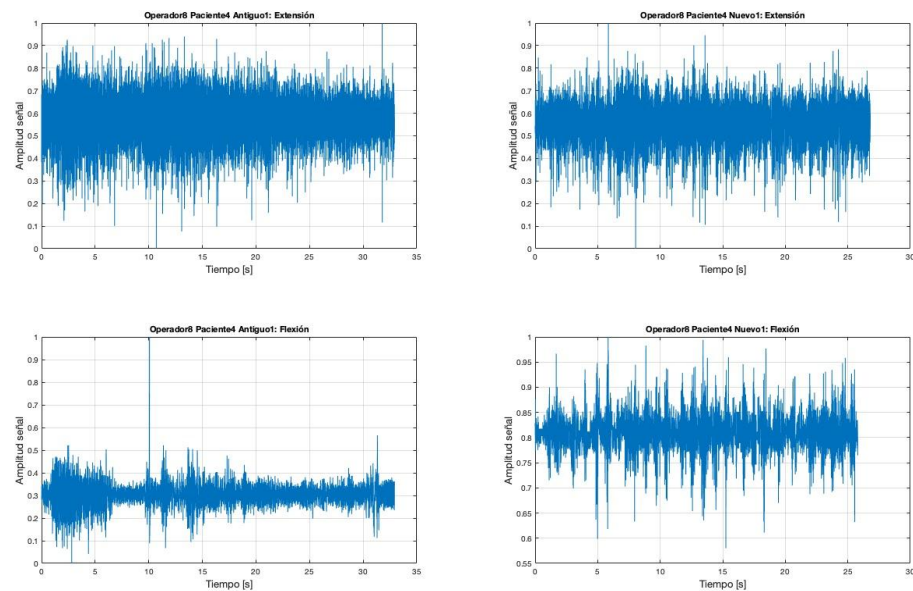


Figura 8. Operador 8, cuadrante II en los dos métodos de irrigación, en movimientos de extensión y flexión.

8.2.3 Cuadrante III

El operador 3, cuadrante III (Figura 9) también se evidencia mayor actividad muscular con el método convencional para el movimiento de extensión y flexión; en el método nuevo se alcanzan a observar los 25 clicks, los cuales hacen referencia a las 5 pulsaciones realizadas en los 5 dientes.

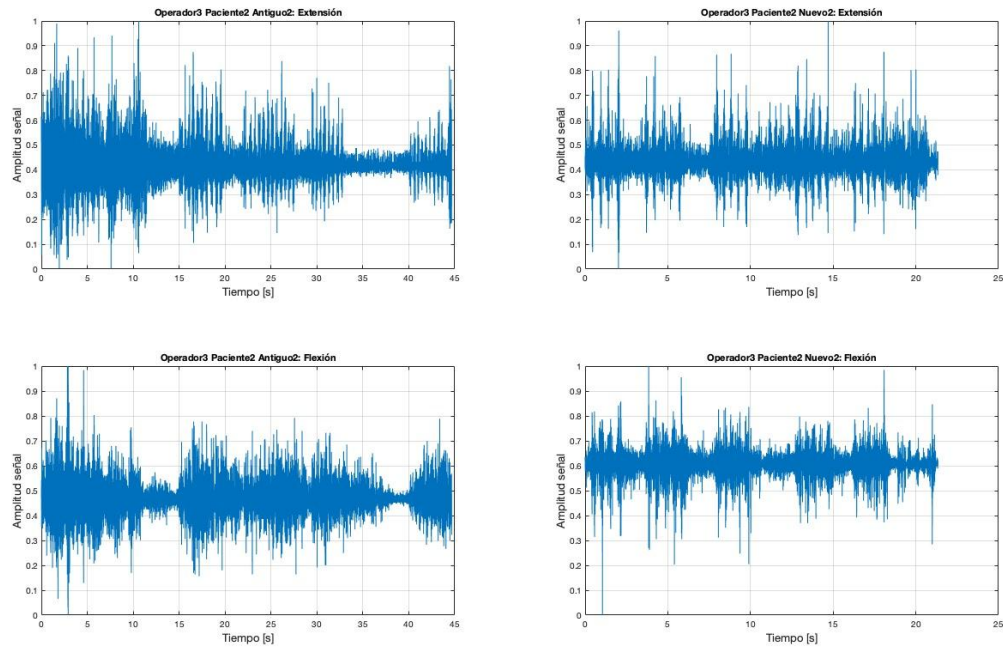


Figura 9. Operador 3, cuadrante III en los dos métodos de irrigación, en movimientos de extensión y flexión.

8.2.4 Cuadrante IV

Según la estadística con las pruebas no paramétricas de Wilcoxon, la diferencia estadísticamente significativa solamente se encontró en el cuadrante IV ($p=0.04$), por ende se limpiaron las señales, garantizando el registro solo en la actividad de irrigación (Figura 10); donde se evidencia mayor activación muscular en el método convencional para los movimientos de extensión y flexión.

Por ende la información mencionada en las siguientes páginas serán enfatizadas al cuadrante IV.

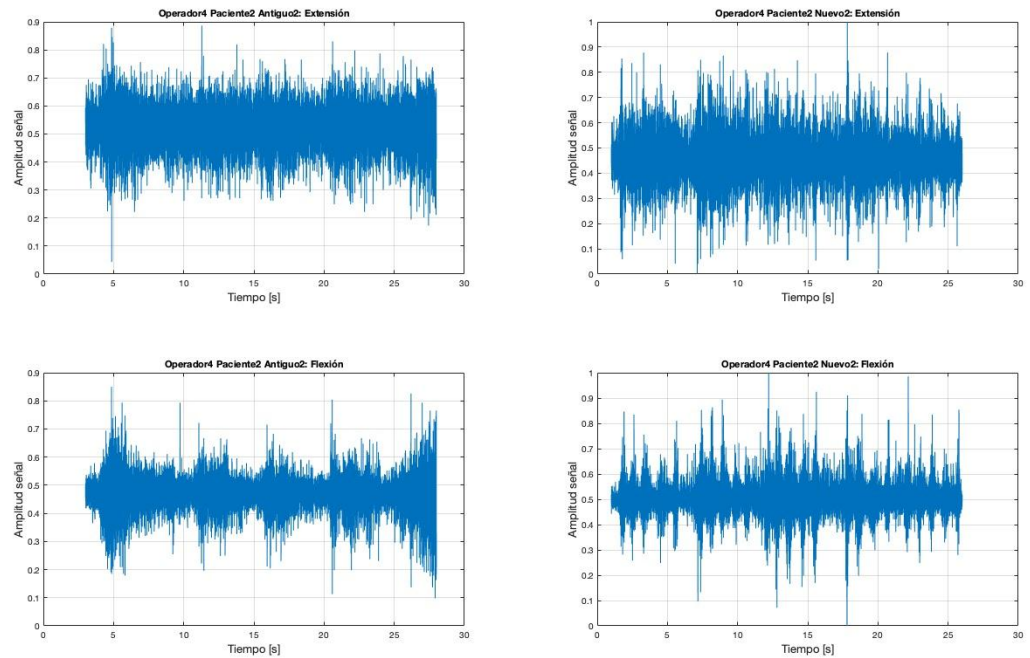


Figura 10. Operador 4, cuadrante IV en los dos métodos de irrigación, en movimientos de extensión y flexión.

8.3 Modos de agarre

Debido a los diversos modos de agarre (índice, pulgar, palmar) para el método convencional (Figura 11) y (pulgar, índice) para el método nuevo (Figura 12), se realiza una comparación entre estos según el movimiento de flexión-extensión, desviación radial-cubital, observado en la goniometría.

8.3.1 Descripción de tipos de agarres en el método convencional con jeringa

- Pulgar: empuje de émbolo de jeringa con la yema del dedo pulgar, flexión de los dedos índice y medio, apoyo del soporte o lengüeta de apoyo de la jeringa en las falanges medial de los dedos índice y medio.
- Índice: empuje de émbolo de jeringa con la yema del dedo índice, agarre tipo pinza del cuerpo de la jeringa con los dedos pulgar y medio; apoyo del soporte o lengüeta de apoyo con la parte lateral de las falanges distal de los dedos pulgar y medio.

- **Palmar:** empuje de émbolo con la parte media superior de la eminencia tenar de la palma de la mano, flexión de los dedos pulgar y medio para agarrar el cuerpo de la jeringa, apoyando sobre la lengüeta de apoyo la falange medial del dedo medio y falange distal del dedo pulgar, direccionando y apoyando con el dedo índice sobre el cuerpo cilíndrico de la jeringa.



Figura 11. *Diferente método de agarre para el método convencional, figura de la izquierda corresponde al dedo pulgar, la figura del centro al dedo índice y la izquierda palmar.*

8.3.2 Descripción de tipos de agarres y de accionamiento en el método nuevo de prototipo de irrigador

- **Índice:** Accionamiento pulsátil con dedo índice. Agarre de precisión de pinza a tres dedos: flexión de dedos pulgar y medio para agarre del cuerpo medio del irrigador con apoyo en la falange distal del dedo anular y accionamiento con la yema del dedo índice.
- **Pulgar:** Accionamiento pulsátil con dedo pulgar. Agarre a tres dedos: agarre con los dedos pulgar, índice y medio para agarre del cuerpo medio del irrigador con apoyo en el lateral de la falange distal del dedo medio y accionamiento con la yema del dedo pulgar. Los dedos pulgar e índice direccionan el irrigador.



Figura 12. *Diferente método de agarre para el método nuevo, figura de la izquierda corresponde a la activación del botón con el dedo índice y la figura de la derecha al dedo pulgar.*

Según las EMGs de los diferentes modos de agarre (pulgar, índice, palmar) para el método convencional en el cuadrante IV, se observa que para los diferentes operadores (2,8,10) la activación muscular es sostenida para los movimientos de extensión y flexión, exceptuando el operador 10, donde la actividad muscular en extensión, va en aumento en la línea del tiempo. En el movimiento de flexión son similares el operador 4 y 8; mientras en el operador 10 se observa una activación eléctrica sostenida. (Figura 13)

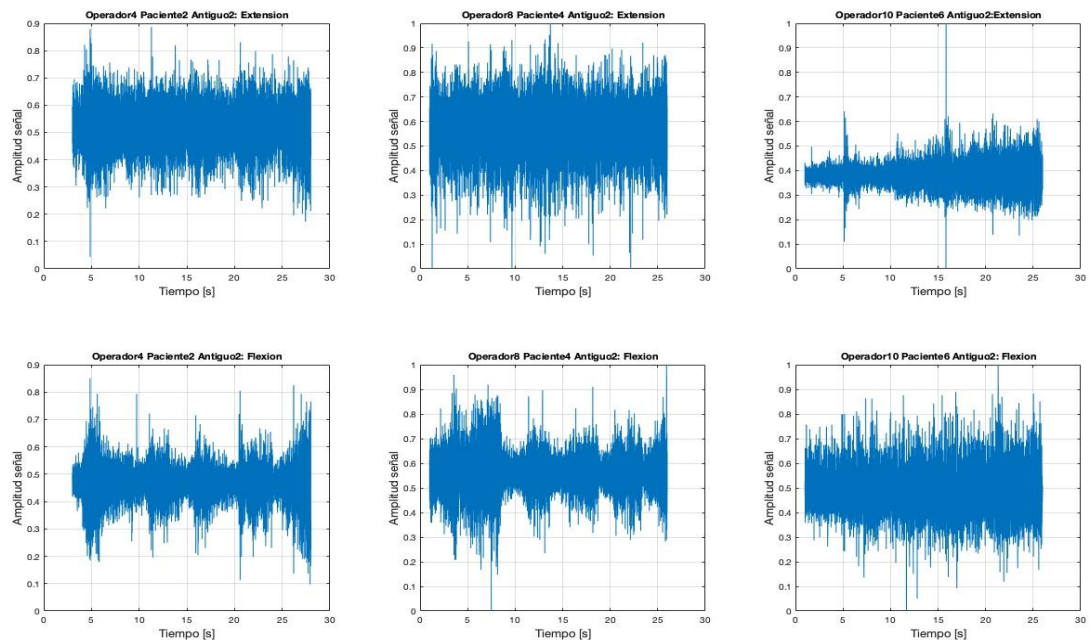


Figura 13. *Diferentes métodos de agarre para el método convencional: operador 4 pulgar, operador 8 índice, operador 10 palmar.*

Por el contrario para el modo de agarre (pulgar, índice) del método nuevo en el cuadrante IV, se observa una activación muscular no sostenida en el movimiento de flexión; para el movimiento de extensión se evidencia una activación muscular sostenida, sin embargo se observa una mayor actividad, aunque leve con el método de accionamiento con el pulgar.. (Figura 14).

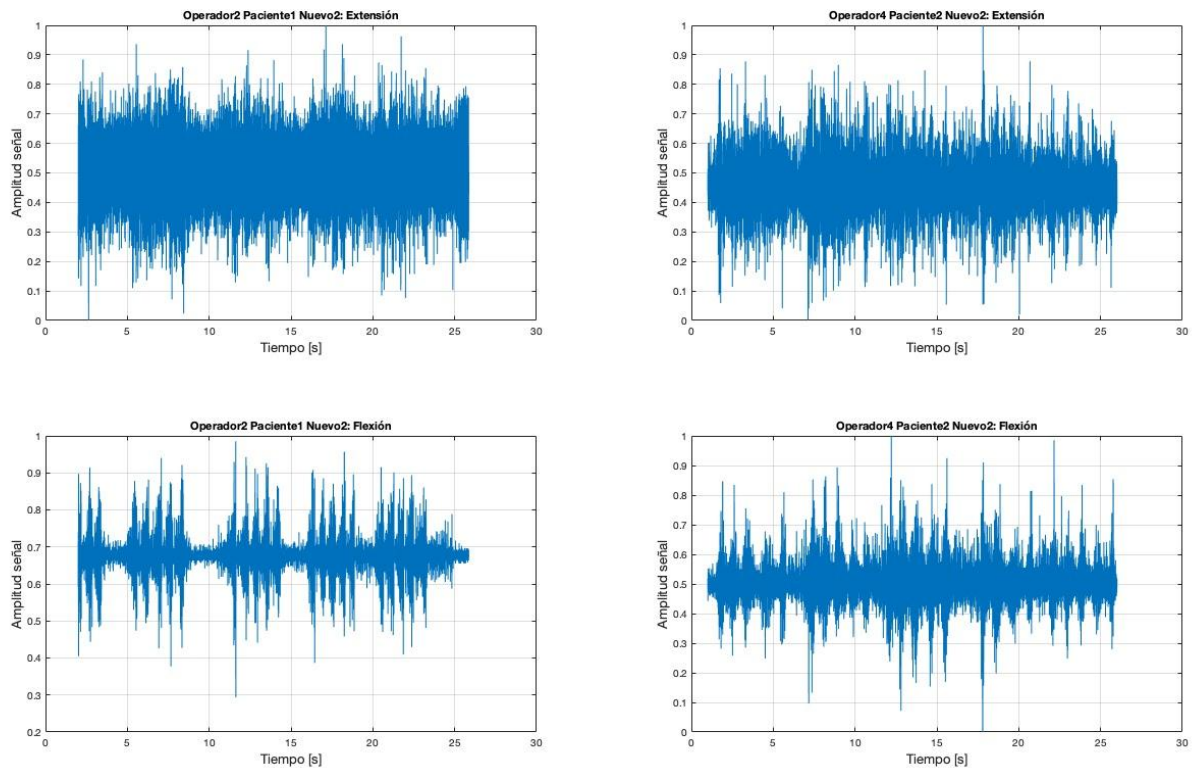


Figura 14. *Diferentes métodos de agarre para el método nuevo: operador 2 pulgar, operador 4 índice.*

Los operadores 2 y 6, cuadrante IV, utilizaron el mismo método de agarre para los dos tipo de irrigación, en el movimiento de flexión se observa menor activación muscular en el operador 2 con el método nuevo, comparándolo con el método antiguo del mismo operador y el operador 6. En el operador 6 no es tan apreciable la activación muscular en ninguno de los dos métodos de irrigación, debido al vello

corporal que presenta, lo que se pudo mostrar como un factor generador de ruido en las señales (Figura 15).

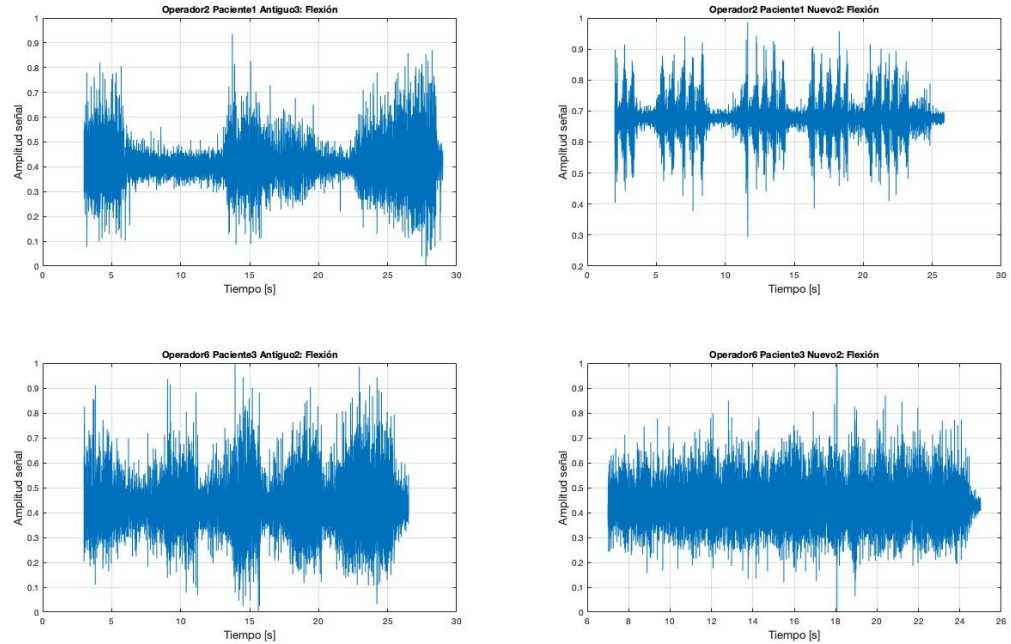


Figura 15. Comparación de los operadores 2 y 6, en el cuadrante IV, en los dos métodos de irrigación, en el movimiento de flexión.

8.4 Electrogoniometrías

El electrogoniómetro es un aparato utilizado para mediciones angulares de articulaciones, es decir de dos segmentos móviles para el presente estudio se midieron los movimientos angulares de la muñeca; que nos permiten medir los movimientos de flexión - extensión y desviación radial y cubital de la mano.

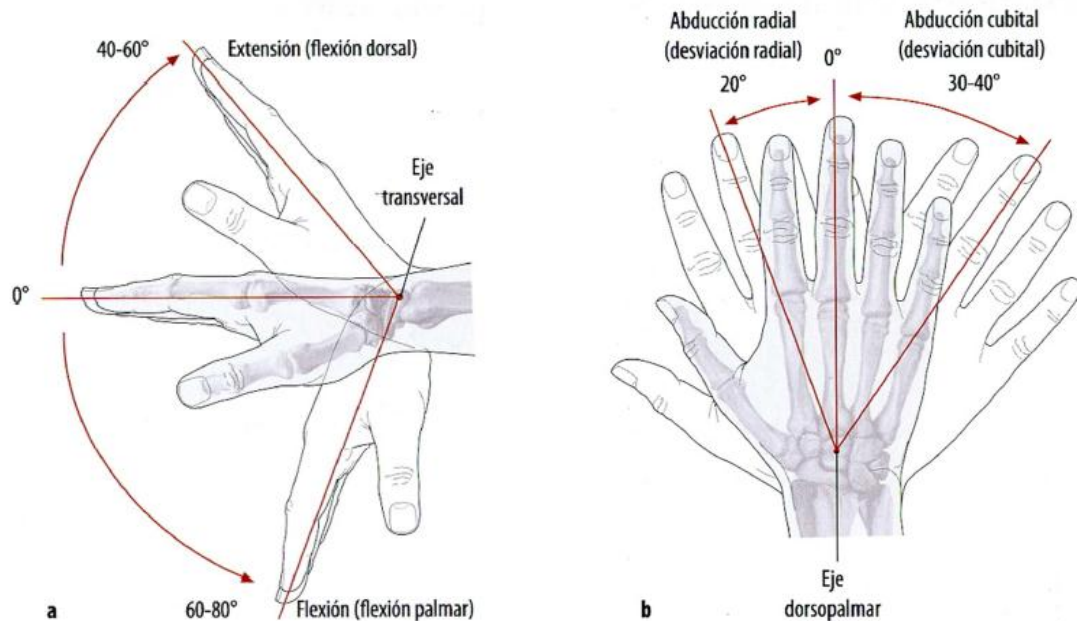


Figura 16. *Ángulos de la articulación de la muñeca*

El operador 2, donde se acciona la jeringa con el dedo pulgar, hay mayor flexión en el momento de accionar la misma; el operador 8 donde el empuje del émbolo fue con el dedo índice, presenta mayor extensión de muñeca, sin superar el ángulo límite; y el operador 10 el cual la acciona con la palma de la mano. En los movimientos de desviación radial todos los operadores presentan desviación radial para realizar la irrigación en el cuadrante IV. (Figura 17)

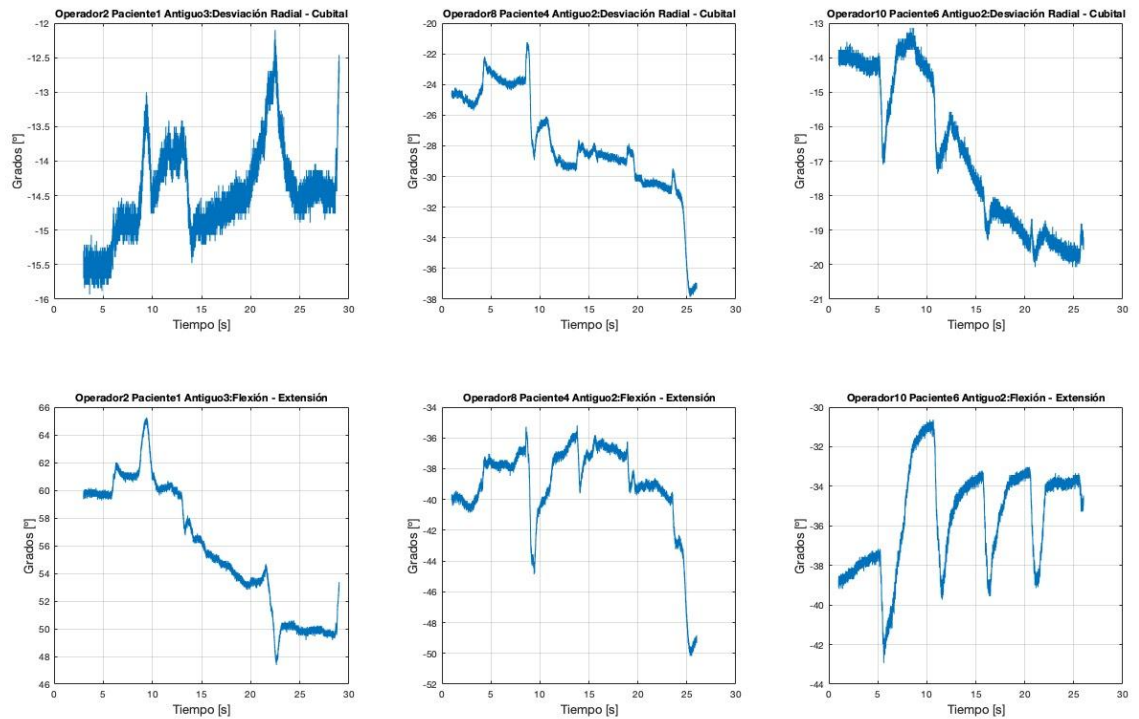


Figura 17. Datos de goniometría en el método convencional de los operadores 2, 8 y 10, según el modo de agarre, (pulgar, índice, palmar) en las diferentes variables goniométricas: desviación radial-cubital y extensión-flexión en el cuadrante IV.

Accionamiento con pulgar e índice presenta desviación radial, observándose mayor desviación con el método de accionamiento con el índice, en el método nuevo. Accionamiento con el dedo pulgar, en el método nuevo, presenta flexión de muñeca; mientras que, accionamiento con el dedo índice, presenta extensión de muñeca, en el cuadrante IV. (Figura 18)

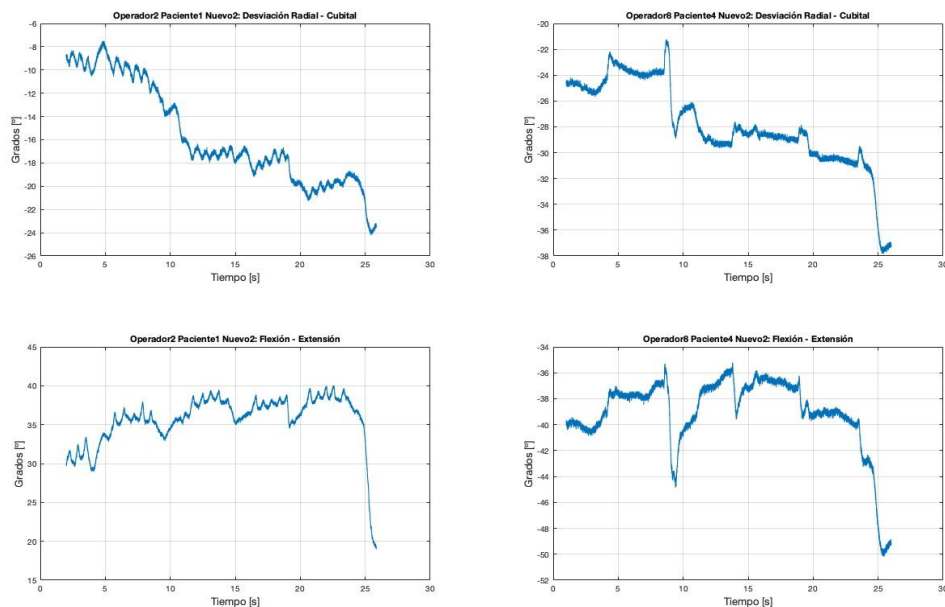


Figura 18. Datos de goniometría en el método nuevo de los operadores 2 y 8 según el modo de agarre, (pulgar, índice) en las diferentes variables goniométricas: desviación radial-cubital y extensión- flexión en el cuadrante IV.

8.5 Análisis de datos

Cabe resaltar que en el operador 2, se observa la irrigación con el método nuevo una desviación radial, que va aumentando en grados, a medida que va avanzando de posterior a anterior en el cuadrante IV. Con el método nuevo, el operador 6 se observa una leve desviación radial y cubital,, frente al método convencional, donde se observa que hay una mayor desviación radial. (Figura 19)

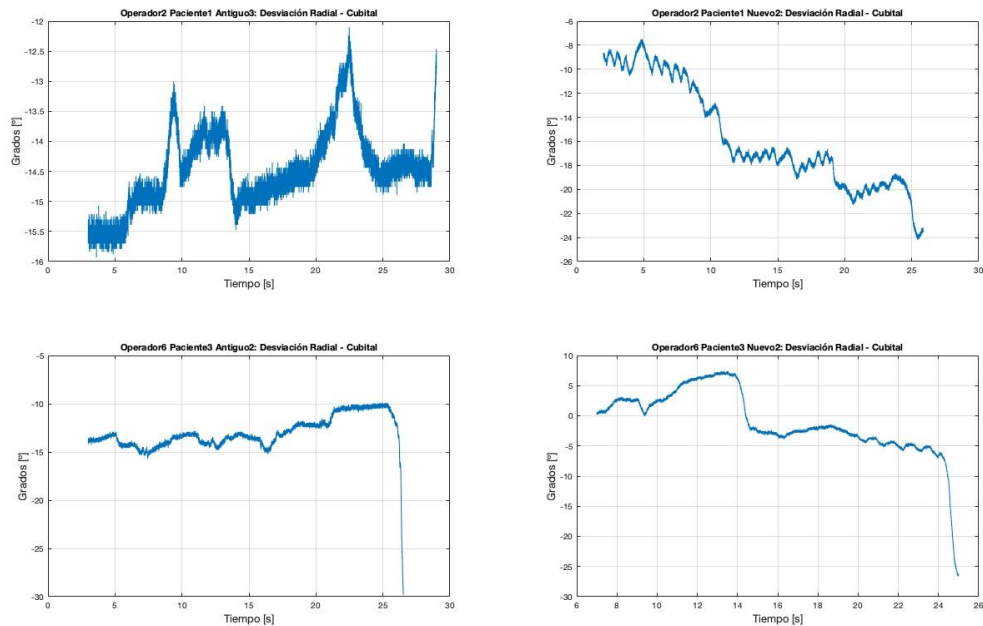


Figura 19. Datos de goniometría en los dos métodos de irrigación de los operadores 2 y 6 en las diferentes variables goniométricas: desviación radial-cubital, cuadrante IV.

En el método nuevo, el operador 2 presenta leves movimientos de flexión de muñeca, que refleja las pulsaciones realizadas con el dedo pulgar. Si se compara método antiguo y método nuevo del operador 2 se observa que en el método nuevo hay menor flexión de muñeca durante toda la actividad, siendo los movimientos más estables, frente a los movimientos de flexión de muñeca críticos que se observan con el método convencional; contrario a lo que se observa en el operador 6, donde el método convencional presenta leves movimientos de flexión y extensión de muñeca, frente a los ángulos críticos de flexión, realizados con el nuevo método. (Figura 20)

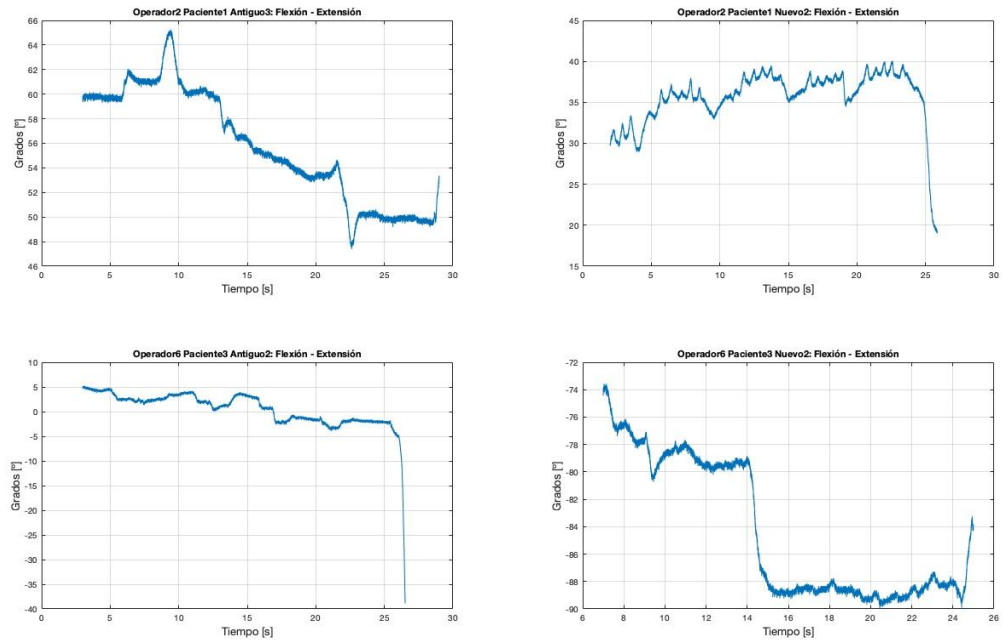


Figura 20. Datos de goniometría en los dos métodos de irrigación de los operadores 2 y 6 en las diferentes variables goniométricas: flexión y extensión.

9. Discusión

Uno de los objetivos era observar los modos de agarre, del método convencional y nuevo; no se contaba con la presencia de variabilidad en ellos, que hicieron difícil el análisis de los resultados. Se esperaba encontrar una marcada diferencia en la comparación de estos dos métodos, a favor del nuevo diseño.

Según los datos obtenidos en la prueba de rangos de Wilcoxon, se observó una diferencia estadísticamente significativa únicamente en el cuadrante IV; lo que nos lleva a pensar en la diversidad de modos de agarre, de los operadores que se presentaron solo en ese cuadrante. Sin embargo, en los resultados de las EMGs y electrogoniometrías se evidencia una leve pero significativa diferencia entre los dos tipos de métodos de irrigación a favor del método nuevo.

Para el operador 1 en los resultados de EMGs, se observa una actividad muscular inestable, comparada con los demás operadores; la posible explicación a este fenómeno es el TME de síndrome de túnel carpiano en el operador y no relacionado con la lateralidad (zurda).

Se considera que el tamaño de mano, es un factor determinante en la mayor activación muscular, en el nuevo método accionado con el dedo índice; una mano pequeña, presenta mayor actividad muscular que una mano grande (percentil 50) frente a un (percentil 95).

La observación de los operadores 2 y 6, los cuales tenían el mismo modo de agarre en el método nuevo, se esperaba encontrar una relación; sin embargo esto demuestra que hay muchas más variables individuales, que afectan los resultados.

La revisión individual en los operadores, en los dos métodos de irrigación muestran diferencias positivas, lo que nos hace pensar que el nuevo diseño si presenta una ventaja frente al método convencional, tanto en las EMGs como en la electrogoniometrías.

En la actividad muscular sostenida VS pulsátil se observa en las EMGs menor actividad muscular en el accionamiento pulsátil, presentando una ventaja en el nuevo método.

Analizando los modos de agarre que se tienen en el método tradicional; el método nuevo tiene agarres de precisión, frente a los agarres observados en el método convencional, son relacionados con aplicación de fuerza.

10. Conclusiones

- Se requiere la capacitación de los operadores en este nuevo instrumento de irrigación subgingival, para garantizar su buen funcionamiento ergonómico.
- Los resultados obtenidos en estas pruebas, han contribuido a la mejora del diseño de este nuevo irrigador subgingival, por ejemplo modificar dimensiones y distancias del botón accionador, que permitan un mejor uso de este instrumento dental.
- Se plantearán modificaciones formales en el producto que indiquen su uso intuitivo.
- Tener en cuenta los diferentes tamaños de mano, de los profesionales especialistas en periodoncia.
- Se presentaron múltiples variables que afectaron los resultados; estas deberán tenerse en cuenta en futuras validaciones del diseño.
- Cabe resaltar que este tipo de pruebas son necesarios para la validación de nuevos instrumentos que serán utilizados en el área de la salud.

11. Bibliografía

- Addy, M. Local delivery of antimicrobial agents to the oral cavity. *Advanced drug delivery reviews*, 1994; 13(1-2), 123-134.
- Akhilesh S ,Deepti G, Meenu T, Nidhi B, Akriti A. Adjunctive Role of Supra- and Subgingival irrigation in Periodontal therapy. *Int. J. Pharm. Sci. Res.* 2016; 7(3): 152-159.
- Caballero K, Duque L, Ceballos S, Ramírez, J, Peláez A. Conceptos básicos para el análisis electromiográfico. *CES odontol.* 2002; 15(1), 41-50.
- Christersson LA, Rosling BG, Dunford RG, Wikesjo UME, Zamhon JJ, Genco RJ. Monitoring of subgingival *Bacteroides gingivalis* and *Actinobacillus actinomyceterncomitans* in the management of advanced periodontitis. *Adv Dent Res.* 1988; 2:382-388.
- Cobb CM, Rodgers RL, Killoy WJ. Ultrastructural examination of human periodontal pockets following the use of an irrigation device in-vivo. *J Periodontol.* 1988; 59:155-163.
- Cutler CW, Stanford TW, Abraham C, et al. Clinical benefits of oral irrigation for periodontitis are related reduction of pro-inflammatory cytokine levels and plaque. *J Clin Periodontol.* 2000;27; 134-143.
- Das S. Application of ozone therapy in dentistry. *Ind J Dent Advanc.* 2011; 3:538-42.
- Drisko CH. Non-surgical pocket therapy: Pharmacotherapeutics. *Ann Periodontol.* 1996; 1:491-566 .
- Dong, H., Barr, A., Loomer, P., & Rempel, D. The effects of finger rest positions on hand muscle load and pinch force in simulated dental hygiene work. *Journal of Dental Education*, 2005; 69(4), 453-460.
- Eakle WS, Ford C, Boyle RL. Depth of penetration in periodontal pockets with oral irrigation. *J Clin Periodontol.* 1986; 13: 39-44.
- Gupta, A., Bhat, M., Mohammed, T., Bansal, N., & Gupta, G. Ergonomics in dentistry. *International journal of clinical pediatric dentistry* 2014; 7(1):

30-34.

- Gutiérrez, A., Rodríguez Gutierrez , M., Ramirez, L, Mora , E., Sanches, K., & Trujillo, L. Condiciones de trabajo relacionados con desórdenes musculoesqueléticos de las extremidad superior en residentes de Odontología, Universidad El Bosque Bogotá, D.C (Colombia). Uni Norte; 2014 0 -24.
- Hardy JH, Newman HN, Strahan JD. Direct irrigation and subgingival plaque. J Clin Periodontol. 1982; 9: 57-65.
- Jeong SN, Han SB, Lee SW, Magnusson I. Effects of tetracycline-containing gel and a mixture of tetracycline and citric acid containing gel on non-surgical periodontal therapy. J Periodontol. 1994; 65:840-845.
- Joël Itic and Raphaël Serfaty. Clinical Effectiveness of Subgingival Irrigation with a Pulsated Jet Irrigator versus Syringe. J Periodontol. 1992; 63:174-181.
- Jones CM, Blinkhorn AS, White E. Hydrogen peroxide, the effect on plaque and gingivitis when used in an oral irrigator. Clin Prev Dent. 1990; 12:15-18.
- Lafaurie GI, Calderón JL; Carlos Zaror; Millan LV, Castillo DM. Hypochlorus Acid: A New Alternative as Antimicrobial Agent and for Cell Proliferation for use in Dentistry. Int. J. Odontostomat. 2015; 9(3):475-481.
- Leandro AF, Thiago MM, Juliano MA. Experimental periodontal disease treatment by subgingival irrigation with tetracycline hydrochloride in rats. J Appl Oral Sci. 2010; 18 (6):635-40.
- Linden G, Newman H. The effects of subgingival irrigation with low dosage metronidazole on periodontal inflammation. J Clin Periodontol. 1991; 18:177-181.
- Madison JG, Hokett SD. The effects of different tetracyclines on the dentin root surface of instrumented, periodontally involved human teeth: a comparative scanning electron microscope study. J Periodontol. 1997; 68(8):739-45.

- Maradei F. et al., Estudio de valores antropométricos para la región nororiental colombiana. UIS Ingenierías, 2007-2008 7(2) 153 - 167.
- Mazza J, Newman M, Sims T. Clinical and antimicrobial effect of stannous fluoride on periodontitis. J Clin Periodontol. 1981; 8:203-212.
- Macaulay WJ, Newman HN. The effect on the composition of subgingival plaque of a simplified oral hygiene system including pulsating jet subgingival irrigation. J Periodont Res. 1986; 21: 375-385
- Munagala KK, Saravana KR, Gopinath V. Effects of a single episode of subgingival irrigation with tetracycline HCl or chlorhexidine: A clinical and microbiological study. J. Indian Soc. Periodontol. 2011; 15 (3): 245-249.
- Nagarakanti S, Gunupati S, Chava VK, et al. Effectiveness of Subgingival Irrigation as an Adjunct to Scaling and Root Planing in the Treatment of Chronic Periodontitis: A Systematic Review. JCDR 2015; 9(7): ZE06-ZE09.
- Ozawa T, Nakano M, Sugimora H, Kurayama H, Tahata K, Nakamura J, Shozawa K. Effects of endodontic instrument handle diameter on electromyographic activity of forearm and hand muscles. Int Endod J. 2001; 34(2): 100-6.
- Pitcher GR, Newman HN, Strahan JD. Access to subgingival plaque by disclosing agents using mouthrinsing and direct irrigation. J Clin Periodontol 1980; 7: 300-308.
- Rams T, Slots J. Local delivery of antimicrobial agents in periodontal pocket. Periodontol 2000: 199; 10: 139-159
- Rawal SY, Rawal YB. Non-antimicrobial properties of tetracyclines-dental and medical implications. West Indian Med J. 2001; 50(2):105-8.
- Rosling BG, Slots, Christersson LA, Grondahl HG, Genco RJ. Topical antimicrobial therapy and diagnosis of subgingiva bacteria in the management of inflammatory periodontal disease. J Clin Periodontol 1986; 13:975-981.
- Saleeta M, Japnit KS, Sunita R, Melwan FS, Heena S. Subgingival irrigants used in Periodontal Therapy. IP International Journal of Periodontology

and Implantology 2017; 2(4):104-108.

- Saglam M, Arslan U, Buket Bozkurt Ş, Hakki SS. Boric Acid Irrigation as an Adjunct to Mechanical Periodontal Therapy in Patients With Chronic Periodontitis: A Randomized Clinical Trial. *Periodontol* 2013; 84:1297-1308
- Sahebjam A, Moradi HJ, Khoshhal MA, Khodadoostan A, Gholami L. Clinical Effect of Periodontal Pocket Irrigation with H₂O₂. *DJH* 2011; 3 (1): 53-59.
- Stegeman DF, Blok JH, Hermens HJ, Roeleveld K. Surface EMG models: Properties and applications. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000;10(5):313-326
- Slots, J. & Pallasch, T. J. Dentist's role in halting antimicrobial resistance. *Journal of Dental Research* 1996; 75, 1338–1341
- Stabholz A, Nicholas AA, Zimmerman GJ, Wikesjo UM. Clinical and antimicrobial effects of a single episode of subgingival irrigation with tetracycline HCl or chlorhexidine in deep periodontal pockets. *J Clin Periodontol* 1998; 25: 794-800.
- Shiloah J and Hovious LA. The Role of Subgingival Irrigations in the Treatment of Periodontitis. *J Periodontol.* 1993;9: 835-843
- Soskolne W A, Heasman P A, Stabholz A. Sustained local delivery of chlorhexidine in the treatment of periodontitis: A multi center study. *J Periodontol.* 1997; 68:32-38.
- Soh LL, Newman HN, Strahan JD. Effects of subgingival. Chlorhexidine irrigation on periodontal inflammation. *J Clin Periodontol* 1982; 9:66-74.
- Wang L, Bassiri M, Najafi R, Najafi K, Hypochlorous Acid as a Potential Wound Care Agent Part I. Stabilized Hypochlorous Acid: A Component of the Inorganic Armamentarium of Innate Immunity. *Journal of Burns and Wounds.* 2007; 11, 65-79
- Wennstrom JL, Heijl L, Dahlen G, Grondahl K. Periodic subgingival antimicrobial irrigation of periodontal pockets: Clinical observations. *J Clin Periodontol* 1987;14:541–550.