

EFFECTO BACTERICIDA DEL LÁSER DE Er,Cr:YSGG  
EN EL INTERIOR DEL CONDUCTO RADICULAR.

**Tesis Doctoral**

Josep Arnabat Domínguez

**Directores**

Prof. Leonardo Berini Aytés

Prof. Miguel Viñas Ciordia

DEPARTAMENT D'ODONTOESTOMATOLOGIA

FACULTAT D'ODONTOLOGIA

UNIVERSITAT DE BARCELONA



A la meva dona Montse

A les meves filles Cristina i Marta

Als meus mestres

Als meus amics



La ciencia es todo aquello sobre lo cual cabe siempre discusión.

La ciencia es sólo un ideal. La de hoy corrige la de ayer, y la de mañana la de hoy.

José Ortega y Gasset.

Agradecimientos:

A mis padres Josep y Rosa y mi tía María, que en paz descansen, ya que ellos fueron los que velaron en mis inicios y espero que todo aquello que me enseñaron lo haya podido aplicar en la vida diaria.

A mis amigos, por haber estado siempre a mi lado, ayudándome y dándome ánimos para poder realizar este trabajo.

A mis todos mis antiguos profesores de Universidad, por todas sus enseñanzas. En particular a los Drs. Josep Maria Doménech Mateu y al Dr. Ramòn Segura que fueron los que durante los primeros años universitarios me dieron más oportunidades para poder mejorar los estudios.

A todo el Servicio de Microbiología del Departamento de Patología y Terapéutica experimental del Campus de Bellvitge de la Universidad de Barcelona. Sin ellos hubiera sido imposible poder realizar una tesis como ésta en la cual ha habido mucha gente que ha trabajado con nosotros. A César, a Pilar, a todos ellos muchas gracias por todo vuestro esfuerzo.

A la empresa Biolase, puesto que desde el primer momento nos han apoyado para poder realizar este estudio en nuestra Universidad. Todo el staff directivo nos ha dado muestras de apoyo y ha colaborado con nosotros en todo. En especial agradecer al Sr. Pedro Morales y al Sr. Javier Cano de Biolase España por su apoyo incondicional.

A todos los alumnos del Máster de Cirugía i Implantología bucofacial que siempre han estado dispuestos a prestar ayuda en todo momento.

A todos los profesores del Máster de Cirugía i Implantología Bucofacial; sus consejos y desinteresada colaboración hace que el esfuerzo sea gratamente recompensado.

A Eva Capdevila secretaria del Máster de Cirugía i Implantología bucofacial ya que su ayuda en la confección del manuscrito final de esta tesis ha sido del todo excelente. Su espíritu y su trabajo han sido de gran valor.

Al Dr. Eduardo Valmaseda por su ayuda en la realización del estudio estadístico de esta tesis. Sus conocimientos han sido decisivos para poder elaborar los resultados estadísticos.

Al Dr. Mario Trelles por haberme aconsejado y aclarado algunos de los temas. Sus enseñanzas sobre distintos aspectos del láser en medicina, han sido de gran provecho y sus puntualizaciones han mejorado nuestros conocimientos sobre el láser.

Al Dr. Antonio España, amigo y compañero desde hace más de 22 años. El fue quien hace más de 17 años inició la andadura con el láser en nuestra Facultad de Odontología. Sus conocimientos han sido siempre fundamentales y seguramente sin su apoyo esta tesis no se hubiera podido realizar.

Al Dr. Cosme Gay Escoda, Catedrático de Patología Quirúrgica Bucal y Maxilofacial y Director del Máster de Cirugía Bucal y Implantología bucofacial. Sus enseñanzas siempre han sido esenciales, sin embargo aún mas importante ha sido poder estar a su lado como colaborador durante más de 20 años. Su espíritu de trabajo logra hacer mella en todos aquellos que están a su alrededor. Estar a su lado es siempre sinónimo de su frase más evocada: trabajo, trabajo, trabajo y más trabajo.

A los directores de esta tesis:

Al Dr. Miquel Viñas Catedrático de Microbiología de la Universidad de Barcelona, por su incondicional ayuda en la elaboración de este estudio. Desde el primer día (ya hace algunos años) que le presenté los objetivos de esta tesis, siempre ha colaborado con nosotros y ha estado dispuesto a trabajar para poder alcanzar los objetivos.

Al Dr. Leonardo Berini Aytés, Profesor Titular Universidad de Barcelona. Ha sido el principal valedor de esta tesis. Sus consejos científicos y su ayuda en la fase de redacción de esta tesis han sido fundamentales para que pudiera llegar a un buen fin. Su gran capacidad de trabajo y sus conocimientos me han ayudado en todas las fases de la elaboración de esta tesis.

Finalmente a mi familia, mi mujer Montse y mis hijas Cristina y Marta, por todo su soporte, comprensión y por saber esperar pacientemente la finalización de esta tesis doctoral.

## ÍNDICE

---



## ÍNDICE

1. JUSTIFICACIÓN.....	9
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	15
2.1 Objetivos.....	17
2.1.1. Objetivo principal.....	17
2.1.2. Objetivos secundarios.....	17
2.2 Hipótesis.....	17
2.2.1. Hipótesis principal.....	17
2.2.2. Hipótesis secundarias.....	18
3. INTRODUCCIÓN.....	19
3.1. Infecciones del conducto radicular.....	21
3.1.1. Anatomía y contenido del conducto radicular y de la región periapical.....	22
3.1.2. Vías de invasión microbiana del conducto radicular.....	29
3.1.3. Condiciones favorecedoras para la infección del conducto radicular.....	33
3.1.4. Microorganismos relacionados con las infecciones del conducto radicular.....	37
3.2. Infecciones de la región periapical.....	42
3.2.1. Vías de invasión microbiana de la región periapical.....	44
3.2.2. Condiciones favorecedoras para la infección de la región periapical.....	46
3.2.3. Microorganismos relacionados con las infecciones de la región periapical.....	50

---

3.3. Tratamiento de las infecciones del conducto radicular y de la región periapical.....	58
3.3.1. Objetivos del tratamiento endodóncico.....	61
3.3.2. Técnicas de desinfección del conducto radicular.....	63
3.3.2.1. Instrumentación del conducto.....	64
3.3.2.2. Agentes antimicrobianos utilizados en irrigación.....	66
3.3.2.3. Agentes antimicrobianos utilizados como medicación intraconducto.....	72
3.3.2.4. Agentes físicos.....	76
3.3.3. El papel del <i>Enterococcus faecalis</i> en los fracasos del tratamiento endodóncico.....	79
3.3.4. Cirugía periapical y endodoncia.....	82
3.4. Introducción al Láser.....	87
3.4.1. Historia y evolución del láser.....	87
3.4.2. Principios físicos de la luz láser.....	90
3.4.3. Componentes del láser.....	96
3.4.4. Propiedades de la luz láser.....	99
3.4.5. Tipos de láser.....	103
3.4.5.1. Láseres sólidos.....	105
3.4.5.2. Láseres de gas.....	110
3.4.5.3. Láseres de semiconductores.....	113
3.4.5.4. Láseres líquidos.....	115
3.4.5.5. Láseres de electrones libres.....	115
3.4.6. Aplicaciones del láser.....	116
3.4.6.1 Aplicaciones del láser en general.....	116
3.4.6.2 Aplicaciones de los diferentes láseres en odontología.....	118
3.4.7. Efectos biológicos del láser.....	130

3.4.7.1. Parámetros físicos del láser. ....	131
3.4.7.2. Propiedades ópticas de los tejidos. ....	140
4. MATERIAL Y MÉTODO.....	146
4.1. Material.....	148
4.1.1. Dientes.....	148
4.1.2. Cepa bacteriana: <i>Enterococcus faecalis</i> CETC 10541.....	148
4.1.3. Medios de cultivo.....	149
4.1.4. Aparatología para medir el incremento de temperatura.....	153
4.1.5. Láser de Er,Cr:YSGG.....	155
4.2. Método.....	159
4.2.1. Preparación de los dientes.....	159
4.2.2. Método de inoculación.....	161
4.2.3. Método de irradiación.....	162
4.2.4. Método de contaje.....	166
4.2.5. Método para evaluar el incremento de temperatura.....	168
4.2.6. Análisis estadístico.....	170
4.2.6.1. Introducción de datos.....	171
4.2.6.2. Estrategia de análisis.....	173
5. RESULTADOS.....	177
5.1. Estudio del incremento de temperatura.....	179
5.2. Estudio sobre la actividad bactericida.....	181
5.2.1 Datos obtenidos.....	181
5.2.2 Análisis exploratorio de los datos respecto a la variable porcentaje de muerte bacteriana.....	182

---

5.2.2.1. Distribución de frecuencias.....	182
5.2.2.2. Descripción basada en momentos.....	189
5.2.2.3. Descripción basada en ordenaciones.....	193
5.2.2.4. Comprobación de la Normalidad y de la homogeneidad de variancias.....	199
5.2.3. Análisis de la relación entre variables (referido al porcentaje de muerte bacteriana) .....	207
5.2.3.1. Comparación entre medias.....	207
5.2.3.2. Comparación entre grupos.....	209
5.2.4. Análisis exploratorio de los datos respecto a la variable índice bactericida.....	211
5.2.4.1. Distribución de frecuencias.....	211
5.2.4.2. Descripción basada en momentos.....	219
5.2.4.3. Descripción basada en ordenaciones.....	223
5.2.4.4. Comprobación de la Normalidad y de la homogeneidad de variancias.....	227
5.2.5. Análisis de la relación entre variables (referido al índice bactericida) .....	235
5.2.5.1 Comparación entre medias.....	235
5.2.5.2. Comparación entre grupos.....	238
6. DISCUSIÓN.....	241
6.1. Discusión sobre la metodología empleada en otros estudios.....	243
6.1.1. Tipo de dientes.....	243
6.1.2. Conservación y esterilización de los dientes.....	244
6.1.3. Tipos de bacterias.....	246
6.1.4. Cantidad de bacterias inoculadas.....	249

6.1.5. Inoculación de las bacterias.....	254
6.1.6. Tiempo de crecimiento bacteriano.....	255
6.1.7. Recolección de las bacterias.....	257
6.1.8. Modo de contar las bacterias.....	259
6.1.9. Presencia de grupo control.....	262
6.2. Discusión sobre el hipoclorito sódico como agente desinfectante.....	263
6.2.1. Actividad bactericida del hipoclorito sódico según la concentración empleada.....	263
6.2.2. Actividad bactericida del hipoclorito sódico utilizado en asociación.....	265
6.2.3. Inconvenientes del hipoclorito sódico.....	267
6.3. Discusión sobre los diferentes tipos de láser como desinfectante en el tratamiento endodóncico.....	273
6.3.1. Láser de Nd:YAG .....	273
6.3.2. Láser de Nd:YAP.....	283
6.3.3. Láser de diodo.....	285
6.3.4. Láser de Ho:YAG.....	288
6.3.5. Láser de CO <sub>2</sub> .....	289
6.3.6. Láser de Er:YAG .....	296
6.3.7. Láser de Er,Cr:YSGG.....	302
6.4. Discusión sobre los parámetros de utilización de los láseres.....	304
6.4.1. Efectos sobre las bacterias.....	304
6.4.2. Efectos sobre las estructuras dentales.....	307
6.4.3. Efectos sobre las estructuras periodontales.....	311
6.4.4. Sinergia láser y desinfectantes.....	318
6.4.5. Fibras y puntas utilizadas.....	319

6.5. Discusión sobre la utilización de los diferentes tipos de láser en cirugía periapical.....	322
7. CONCLUSIONES.....	327
8. BIBLIOGRAFÍA.....	331