

Barodontalgias. Estudio experimental en perros

R. García Rebollar¹, JM. Vega del Barrio², JC. Lorenzo Bueno³

Sanid. mil. 2008; 64 (3): 167-176

RESUMEN

Introducción: Las Barodontalgias son entidades clínico-nosológicas muy características del medio militar, cuya fisiopatología y tratamiento son todavía hoy día muy controvertidos. **Objetivos:** Describir la respuesta dentino-pulpar del diente sano de perro Beagle con y sin obturaciones de amalgama y resinas compuestas en medio ambiente hipobárico. **Material y Método:** Se estudian 308 dientes de perro Beagle divididos en tres grupos: sin obturaciones, con obturaciones de amalgama y con obturaciones de resinas compuestas, sometidos a un cambio hipobárico en cámara de baja presión ETC/APTF10M, siguiendo un perfil de vuelo militar simulado estándar (OTAN STANAG 3114) frente a un grupo control que no vuela, para valoración histológica en dos periodos de tiempo (3 horas y 21 días) siguiendo las normas ISO/TR7405. **Resultados:** En el estudio microscópico efectuado de forma inmediata (3 horas) tras el barotrauma, los cambios hipobáricos que genera el vuelo ocasionan respuesta histológicas pulpares significativas ($p < 0,05$); pero no existen diferencias entre muestras sin obturar u obturadas con distintos materiales. Además los cambios observados, desaparecen cuando el estudio histológico se efectúa tras un periodo de latencia de 21 días. **Conclusiones:** Existen diferencias histológicas en la respuesta dentino-pulpar de dientes de perro que vuelan respecto a un grupo control que no vuela, pero la respuesta es similar estén o no obturados con amalgama o resinas compuestas. Todos los cambios observados son reversibles con el tiempo.

INTRODUCCIÓN

Los barotraumas dentales de los pilotos aparecen desde el comienzo de la aviación. Ya en 1932 Garsaux y Strhol¹ mencionan cuadros clínicos de «aerodontalgia» y Dreyfos y Armstrong introducen el término de «aerodoncia» para nominar los violentos y muy incapacitantes dolores dentales que aparecían durante el vuelo en algunos pilotos y eran reproducibles experimentalmente en cámara de descompresión.

El término actual de barodontalgia (B) que define estos trastornos, fue introducido por Adler² en 1964 haciendo referencia a la posibilidad de aparición de estos cuadros tanto en ambiente hiperbárico como hipobárico (subacuático y aeronáutico).

A pesar de que la clínica, semiología y pautas diagnósticas de las B. están muy bien descritas y determinadas, la etiopatogenia y fisiopatología de estas alteraciones no han pasado aún hoy día del estado de hipótesis sin confirmar³, siendo el diente la única víscera no hueca que sufre barotraumas dentro del organismo. La tendencia al aumento de la frecuencia de barotraumas dentales, es más netamente perceptible en el medio militar, dados los avances crecientes de los aparatos de combate con condiciones de vuelo cada vez más al límite de la fisiología humana. Pero además, hay cada vez mayor número de personas que en sus viajes, actividades deportivas, pro-

fesionales y tratamientos médicos (oxigenoterapia hiperbárica) se someten a cambios en la presión barométrica, bebiéndose por ello considerar a las B. como afecciones con consecuencias muy peligrosas, en especial para la seguridad de vuelo⁴.

Los estudios clínicos y trabajos experimentales que han aparecido sobre esta temática en las últimas décadas son en su mayor parte estudios observacionales, con una muy detallada recopilación de datos semiológicos pero sin adentrarse en buscar las necesarias confirmaciones histopatológicas que pudieran dar luz a esta patología^{3,4}.

Existen además importantes discrepancias con respecto a técnicas y materiales a utilizar en el tratamiento conservador de los dientes que sufren barotraumas, basadas en estudios epidemiológicos retrospectivos y con terapéuticas trasnochadas de hace varias décadas.

La falta total y absoluta de estudios histopatológicos sobre respuesta pulpar de dientes sometidos a cambios hipobáricos en condiciones estándar, nos ha llevado a realizar este trabajo de experimentación animal en cámara de baja presión (CBA) con los siguientes objetivos:

1. Determinar experimentalmente la respuesta inmediata del complejo dentino-pulpar frente a un estímulo hipobárico en dientes de perro obturados con materiales de uso habitual en clínica como son la amalgama y las resinas compuestas junto a su adhesivo dentinario.

2. Comparar, tras realizar un cambio hipobárico, los hallazgos anatomopatológicos encontrados de forma inmediata, con aquellos hallazgos que aparecen después de un periodo de latencia estándar (21 días), tanto en piezas obturadas como en piezas libres de tratamiento.

MATERIAL Y MÉTODO

La metodología del estudio ha estado basada en todo momento en un diseño estándar, perfectamente reproducible y aceptado por la comunidad científica como son las normas ISO 7405 facilitadas por

* Trabajo que mereció el Premio Nacional al mejor artículo publicado en la Revista del Ilustre Colegio de Odontólogos y Estomatólogos de España (RCOE, 2006; 11(2): 161-173). Reproducido con autorización de autores y editores. (Véase Sanid mil. 2008; 64 (1), 59).

¹ Cte. Odontólogo. Escuela Militar de Sanidad.

² Médico Estomatólogo. Profesor Titular de Materiales Odontológicos del Departamento de Odontología. Conservadora de la U.C.M.

³ Cte. Odontólogo. Base de Manises (Valencia).

Dirección para correspondencia: Rafael García Rebollar. Escuela Militar de Sanidad. Departamento de Odontología. Camino de los Ingenieros, nº 6. 28047 - MADRID.

Recibido: 31 de marzo de 2008

Aceptado: 8 de abril de 2008

la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) y que hacen referencia a los estudios de respuesta del complejo dentino-pulpar frente a agentes extremos y materiales de obturación⁵.

La realización del trabajo experimental fue aprobada por los Comités de Ensayos Clínicos y Experimentación animal del Hospital Central de la Defensa, La Escuela Militar de Sanidad y el Centro de Instrucción en Medicina Aeroespacial del MINISDEF.

Se utilizaron 12 perros de raza «Beagle» del Bioterio del Servicio de Medicina y Cirugía Experimental del HMC de la Defensa «Gómez Ulla» de peso comprendido entre 7-11 Kgs. y 1-2 años de edad sin patología orodental ni sistémica, adecuadamente desparasitados.

Dada la condición de partida de salud de los animales y la naturaleza de la intervención, los animales se consideran Clase ASA I, por lo que se practicó una evaluación preanestésica y un protocolo anestésico convencional inhalatorio mediante intubación endotraqueal.

Las piezas a utilizar fueron los caninos, premolares y molares superiores e inferiores, aprovechando 26 dientes por animal y 308 muestras en total.

Se realizaron cavidades en la superficie vestibular con fresa nueva de diamante de cono invertido con turbina de aire KAVO «Super Torque» modelo 640 Multiflex. A 300.000 rpm y presión 2,2 bares. Se refrigera con triple spray de H₂O estéril a un volumen de 18-20 mL/min. Para asegurar que la profundidad de la preparación estuviera dentro del tercio medio de dentina remanente, se utilizó el control visual de la parte activa de la fresa y la confirmación con una sonda periodontal, cambiando la fresa por una nueva (n.º 557 de Maillefer-Dentsply) cada 4 cavidades.

La elección del material a utilizar en cada diente se hizo de forma aleatorizada, mediante el empleo de unas tablas de números aleatorios, de tal forma que resultaron la misma cantidad de piezas sanas, piezas obturadas con amalgama y piezas obturadas con resinas compuestas. Como resina compuesta se utilizó Spectrum TPH« (DENTSPLY Detrey) junto a PRIME & BOND« (DENTSPLY Detrey) y como amalgama se eligió una aleación ternaria de alto contenido en cobre y de partícula no esférica: Inibsalloy« (INIBSA), colocada previa desinfección de la cavidad con CHX, sin barnices ni adhesivos.

Todas las cavidades, fueron obturadas con los materiales seleccionados, siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante y teniendo un especial cuidado en evitar el atrapamiento de aire durante la colocación de ambos materiales.

Tras la recuperación anestésica y a las 36 horas de realizadas las obturaciones, los animales fueron trasladados en jaulas protegidas desde su bioterio hasta la Cámara de baja presión (CBP) del Centro de Instrucción en Medicina Aeroespacial de Madrid (CIMA). Antes del vuelo en CBP se inyectó a los animales 0,2 mg/kg de Butorfanol i.m. como medicación ansiolítica suave.

A continuación se efectuó el cambio hipobárico. El tipo de vuelo seleccionado para este estudio, se hizo de acuerdo con los perfiles de vuelo convencionales de una aeronave militar (F-18) con tiempos y dinteles de presurización habituales, siguiendo directrices OTAN de entrenamiento fisiológico para pilotos militares en CBP, STANAG 3114 «Aeromedical Training of flight personnel» recogidas en la normativa española vigente: OM 74/92, BOD nº 204 de 19 de Diciembre de 1999 para pilotos de las Fuerzas Armadas Españolas.

Los puntos más relevantes de los vuelos realizados podemos resumirlos de la siguiente forma:

a) Primera subida a 1.520 m (5.000 pies), realizada para comprobar la buena equalización de presiones entre cavidades, mediante la observación de no existencia de cambios en el comportamiento de los animales objeto del estudio.

b) Descenso hasta el nivel del suelo.

c) Segunda subida con los siguientes parámetros alcanzados:

– Altura máxima alcanzada: 21.200 pies (6.444 m).

– Tiempo a máxima altura: 30 minutos.

– Velocidad de ascenso: 2.500 pies/minuto (760 m/min.).

– Velocidad de descenso (hasta los 10.000 pies): 10.000 pies/minuto (3.040 m/min)

– Velocidad de descenso (hasta el nivel suelo) 2.500 pies/minuto. (760 m/min).

– Tiempo total del vuelo: 43 minutos.

– Duración del ascenso: 8 minutos

– Duración del descenso:

• 1 minuto (hasta los 10.000 pies) (3.040 m.).

• 4 minutos (hasta el nivel suelo) (Fig. 1).

Durante los 43 minutos del vuelo se anotaron todos aquellos cambios observables en el comportamiento de los animales dentro de su jaula en la CBP.

Finalizado el vuelo fueron de nuevo trasladados los animales al Centro de Medicina y Cirugía Experimental del H.C. D. «Gómez Ulla».

Los animales fueron sacrificados en 2 periodos de tiempo postoperatorio. Un primer periodo de 3 horas (6 animales de los que se obtendrán un total de 156 muestras) y un segundo periodo de 21 días (otros 6 animales de los que se obtendrán 152 muestras).

Se sacrificaron los animales utilizando 10 mL. de Pentobarbital sódico (Euta-Lender) por vía intravenosa rápida que permite un logro del efecto inmediato.

Antes de la obtención de los dientes, se observó el estado de las obturaciones para ver si habían sufrido alguna alteración.

Seccionamos ambos maxilares a nivel retromolar, individualizando posteriormente cada uno de los dientes mediante cortes interproximales. Con ello evitamos fractura de las piezas, que ocurrirían siempre, si intentáramos la exodoncia simple, dada la longitud

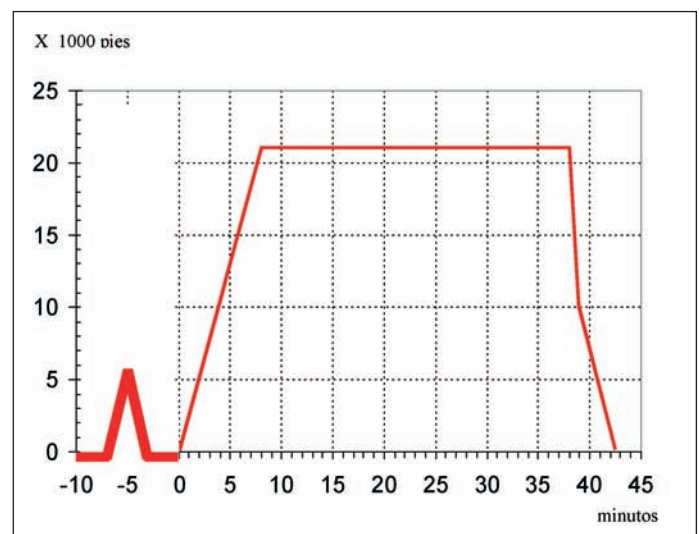


Figura 1. Perfil de vuelo utilizado (STANAG 3114).



Figura 2. Sección Macroscópica de premolar donde se aprecia la cavidad practicada.

y curvatura de las raíces de los caninos y las raíces divergentes de premolares y molares, que precisarían odontosecciones y el consecuente deterioro de las muestras.

Los bloques obtenidos se introdujeron en botes estériles con formaldehído al 10% para procesado y estudio en el Laboratorio General de Anatomía Patológica (Servicio 1) del Hospital Clínico de San Carlos (Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid) y posteriormente en el Laboratorio del Servicio de Anatomía Patológica del Hospital Central de la Defensa (Inspección General de Sanidad, Ministerio de Defensa).

Tras tener las muestras en formaldehído al 10% durante 24 horas, se decalcifican, se cortan con micrótopo en secciones de 6m buscando conseguir en un mismo corte zona de obturación y tejido pulpar adyacente. Finalmente las muestras se tiñeron con Hematoxilina-Eosina y Tricromico de Masson para la evaluación celular general con un microscopio óptico NIKON por 2 anatomopatólogos independientes de los Servicios antes citados (Fig. 2).

Para valorar las preparaciones histológicas se siguieron los criterios que a continuación expresamos, basados en las recomendaciones hechas para la evaluación histológica de la respuesta dentino-pulpar frente a agentes externos y materiales (ISO7405), introduciendo el criterio de «respuesta vascular pulpar» para poder valorar estos cambios, tan trascendentes para el estudio de lesiones barotraumáticas, estableciendo así los siguientes parámetros en cada uno de los 2 periodos postoperatorios analizados. (3 horas, 21 días):

1. Margen oscuro en la dentina del piso o pared cavitarias:

- Grado 0 No se observa.
- Grado 1 Vestigios.
- Grado 2 Capa dispersa o discontinua.
- Grado 3 Capa continua.

2. Respuesta celular pulpar:

- Grado 0 No existe respuesta en ninguna capa.
- Grado 1 Alteraciones sólo en la capa odontoblástica.
- Grado 2 Alteraciones en la capa odontoblástica, capa de Weil y capa celular.
- Grado 3 Alteraciones graves en toda la estructura celular pulpar, con necrosis de al menos el tercio coronal pulpar.

3. Respuesta de la capa odontoblástica:

- Grado 0 No hay cambios en la capa odontoblástica.
- Grado 1 Desestructuración mínima de la empalizada odontoblástica y sus prolongaciones y/o aspiración de núcleos.
- Grado 2 Degeneración estructural de los citoplasmas odontoblásticos.
- Grado 3 Rotura celular, necrosis.

4. Respuesta vascular pulpar:

- Grado 0 No hay cambios.
- Grado 1 Presencia de cambios en el calibre de los vasos y/o edema.
- Grado 2 Aparición de aire intra y extravascular sin rotura capilar.
- Grado 3 Aire intra y extravascular con rotura capilar y extravasación sanguínea.

5. Depósito de Dentina restauradora:

- Grado 0 No hay aumento adicional ni anormal del espesor de dentina que rodea la pulpa (por debajo de los túbulos cortados).
- Grado 1 Vestigios de dentina terciaria bajo la cavidad.
- Grado 2 Puente incompleto dentinario o al menos formación de tejido duro difuso por debajo de la cavidad.
- Grado 3 Puente completo de alrededor de un milímetro de espesor debajo de los túbulos cortados.

6. Presencia o no de bacterias en las paredes o piso de la cavidad:

- Grado 0 No hay.
- Grado 1 Vestigios.
- Grado 2 Capa dispersa.
- Grado 3 Capa continua

7. Grado de inflamación:

- Grado 0 No aparece.
- Grado 1 Ligera. Aparecen algunas células inflamatorias sobre todo linfocitos y células plasmáticas en la vecindad del material.
- Grado 2 Moderada. Marcada reacción inflamatoria pulpar adyacente al material con linfocitos, células plasmáticas, neutrófilos, macrófagos y células gigantes multinucleadas junto a alteraciones circulatorias con estasis y trombos.
- Grado 3 Grave. Igual al grado 2 pero cubriendo toda la pulpa coronal.

En este trabajo se han definido variables de tipo cualitativo por lo que los resultados descriptivos se expresan mediante frecuencias relativas, es decir, el cociente entre el número de casos que cumplen las características, dividido por el número total de muestras estudiadas.

Desde el punto de vista de la Estadística Analítica, la prueba utilizada será el test de la Chi cuadrado de Pearson y en aquellos casos en los que algún valor expresado de la tabla 2×2 sea menor de 5 se utilizará el test exacto de Fisher.

Con estos test estadísticos evaluamos de forma genérica la presencia o ausencia de asociación entre las distintas variables estudiadas.

Además se realizará una inferencia sobre la ODDS RATIO (OR) a partir de una tabla 2×2 como estimador del efecto de las variables.

Se analizarán los datos recogidos en los dos periodos de tiempo estudiados: muestras de 3 horas y muestras de 21 días.

El análisis de estos datos se realiza a partir del programa estadístico Statistical Package Social Sciences. (SPSS) empleando en todos los casos un nivel de significación estadística del 95% ($\alpha=0,05$)⁶.

RESULTADOS

Como hemos referido se efectúa el estudio experimental utilizando 12 animales de experimentación de los que se obtienen un total de 308 piezas dentales para dividir en dos periodos de estudio: un periodo inicial de tres horas en el que evaluamos la respuesta inmediata dentino-pulpar frente al vuelo tanto en piezas íntegras como obturadas y un segundo periodo estándar de sacrificio a los 21 días para observar los cambios celulares tardíos que permanecen como secuelas del trauma disbárico.

Periodo inicial (Sacrificio a las 3 horas del vuelo)

Se utilizaron 6 animales de experimentación, de los que obtuvieron un total de 156 muestras.

Se desecharon un total de 12 dientes, 6 de cada grupo (vuelo y control), todos ellos por defectos en la técnica histológica e imposibilidad de una correcta evaluación con microscopio óptico.

Se evaluaron así para este periodo un total de 144 dientes, divididos en dos grupos:

- 72 piezas sometidas a vuelo (casos)
- 72 piezas no sometidas a vuelo (controles).

En cada grupo existía la siguiente distribución:

- 25 piezas íntegras
- 24 obturadas con amalgama
- 23 obturadas con resinas compuestas

Aplicados los criterios histológicos descritos en cada uno de los dientes, estos determinan 7 variables histológicas cualitativas

Periodo tardío (Sacrificio a los 21 días del vuelo)

Se utilizaron un total de 152 muestras obtenidas de otros 6 animales de experimentación, desechándose un total de 8 dientes por defectos en la obtención y preparación de las muestras, evaluándose así para este periodo un total de 144 piezas, con el fin de tener igual número de muestras que en el primer periodo.

Se dividieron al igual que en el periodo inicial en 2 grupos (casos y controles) con la misma distribución de preparaciones. (Fig. 3).

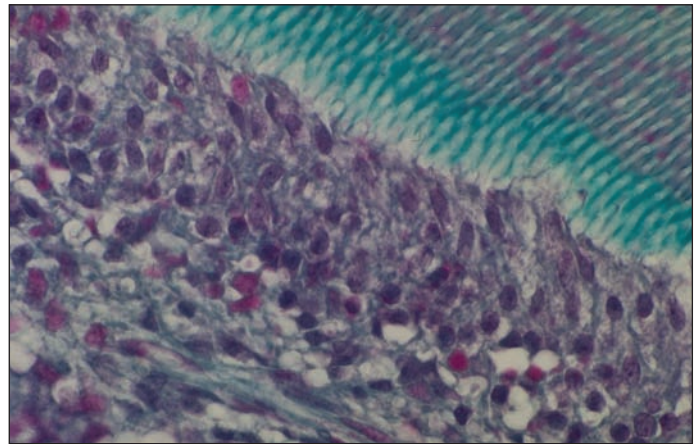
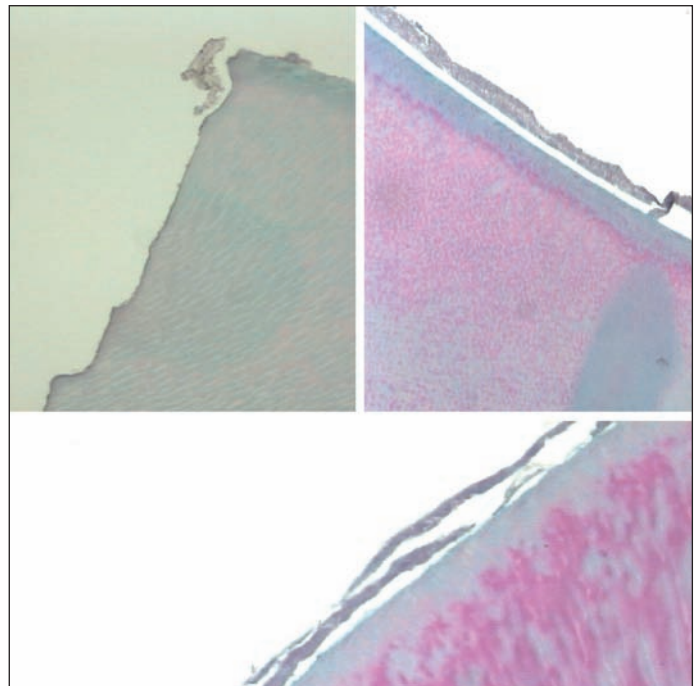


Figura 3. Grupo control. Complejo dentino-pulpar normal del diente de perro Beagle donde se aprecia la predentina y la característica capa de odontoblastos en «empalizada». Tricómico de Masson $\times 400$.

Asimismo se estudiaron las mismas variables, con los mismos criterios.

De toda la evaluación de estadística descriptiva y analítica es destacable de forma general que no existe ninguna respuesta grado 2 en ambos periodos de estudios (3 horas y 21 días) y en todas las muestras estudiadas respecto a los criterios histológicos estudiados:

- Margen oscuro.
- Depósito de dentina terciaria.
- Presencia de bacterias.
- Grado de inflamación (Figs. 4,5,6).



Figuras 4, 5 y 6. Periodo inicial. Grupo de Vuelo. Límites cavitarios de distintas preparaciones con ausencias de bacterias, margen oscuro ni dentina reparadora. Se observan restos de materiales de obturación. Tricómico de Masson $\times 200$.



Figura 7. Existen diferencias estadísticamente significativas en la respuesta celular de las piezas dentales de perros que vuelan respecto a los que no vuelan.

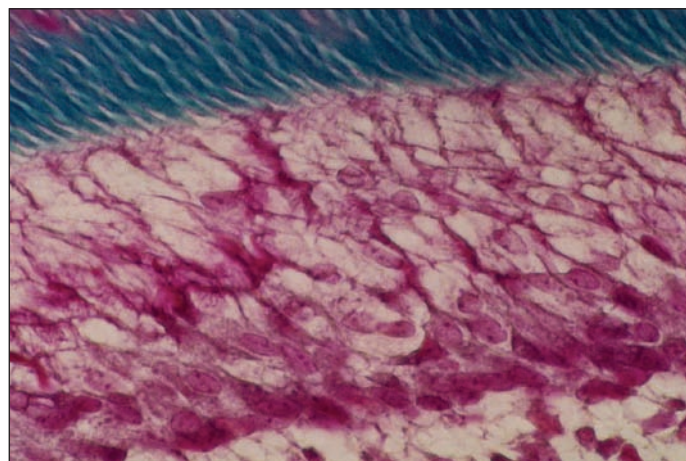


Figura 10. Periodo Inicial. Grupo de Vuelo. Sacrificio a las tres horas de haber realizado el vuelo. Se observa vacualización edematosa de la capa odontoblástica con alargamiento de las prolongaciones odontoblásticas como consecuencia del vuelo. Tricrómico de Masson x400.

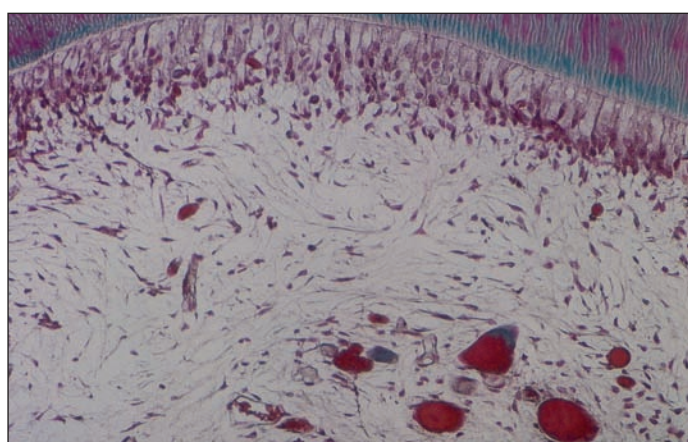


Figura 8. Periodo Inicial. Grupo de Vuelo. Predentina, capa de Weil y tejido pulpar característico donde se observa desorganización de la empalizada odontoblástica normal y congestión vascular en capas pulpares más internas. Todo ello como consecuencia del cambio hipobárico sufrido. Tricromico de Masson x200.

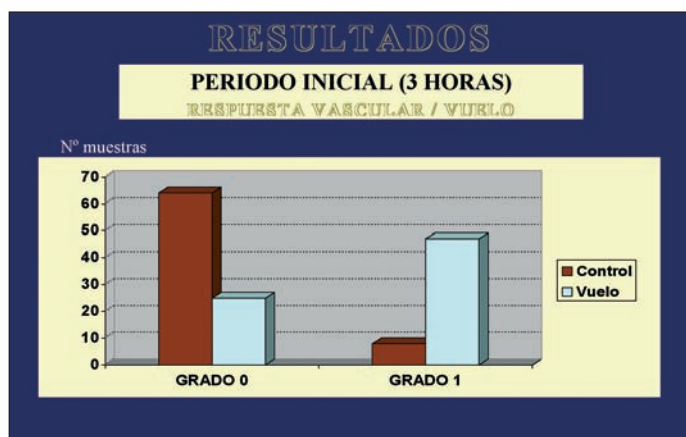


Figura 11. Existen diferencias estadísticamente significativas en la respuesta vascular de las piezas dentales de perros que vuelan respecto a los que no vuelan.

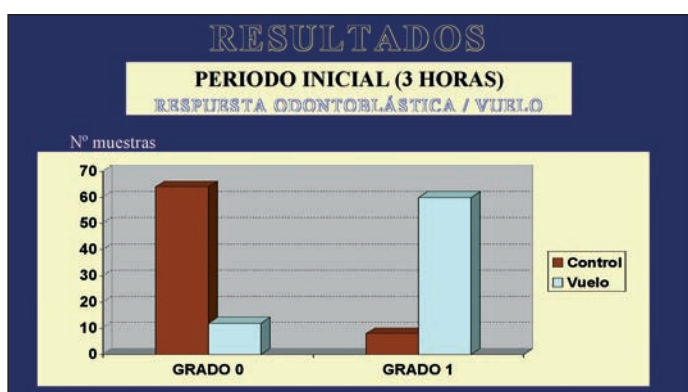


Figura 9. Existen diferencias estadísticamente significativas en la respuesta odontoblástica de las piezas dentales de perros que vuelan respecto a los que no vuelan.

Además, respecto del resto de criterios histológicos evaluados con respuesta, cuando esta ha existido, nunca ha superado un carácter leve (grado 1).

De toda la estadística analítica es destacable en el periodo inicial (3 horas del vuelo), al evaluar como variable la respuesta celular/vuelo, que existen diferencias estadísticamente significativas en la respuesta celular de piezas dentales de perros que vuelan respecto a los que no vuelan (Fig. 7), siendo el riesgo de presentar respuesta celular 40 veces mayor en perros que vuelan respecto a los que no vuelan (Fig. 8).

Al valorar la respuesta odontoblástica frente al vuelo, en ese periodo inicial de sacrificio a las 3 horas del vuelo, nos encontramos también con diferencias significativas, siendo la posibilidad de presentar respuesta odontoblástica 40 veces mayor en perros que vuelan respecto a los que no vuelan (Figs. 9 y 10).

Por lo que respecta a la respuesta vascular frente al vuelo también existen diferencias estadísticamente significativas, siendo el riesgo de presentar respuesta vascular 15 veces mayor en animales sometidos al cambio hipobárico que en aquellos que no entraron en CBP (Figs. 11 a 13).

Entrando dentro de las comparaciones intragrupo en el periodo inicial de estudio, al comparar dentro del grupo de animales que vo-

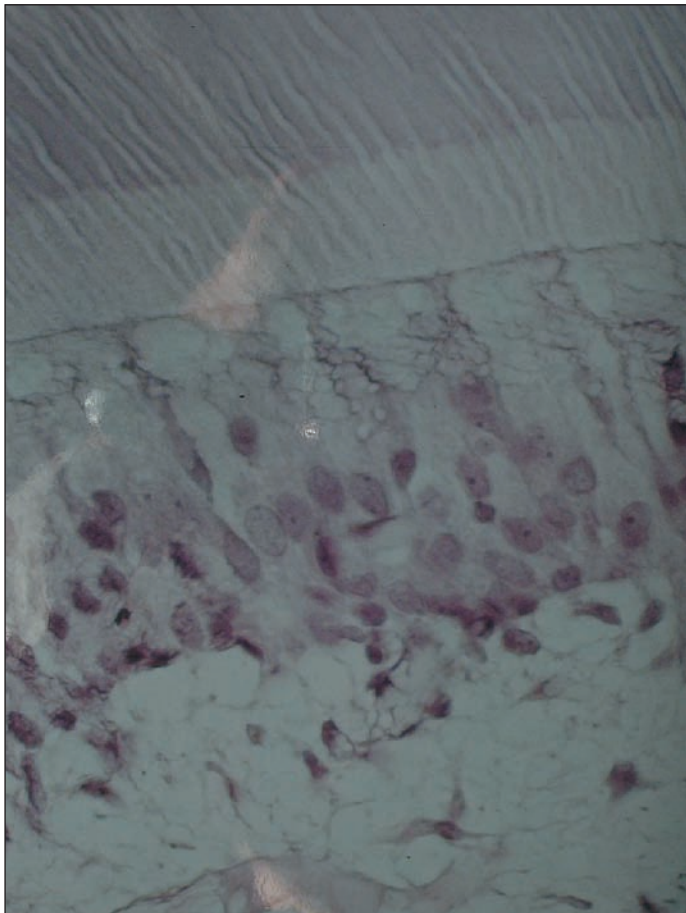


Figura 12. Periodo inmediato. Grupo de Vuelo. Desorganización odontoblástica con alargamiento de las prolongaciones odontoblásticas «en sacacorchos». Hematoxilina-Eosina x400.

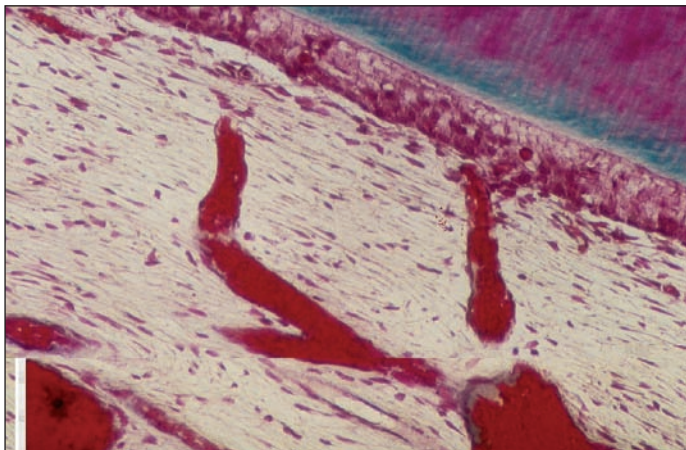


Figura 13. Periodo Inicial. Grupo de Vuelo. Sacrificio a las 3 horas del vuelo. Se observa congestión vascular sin rotura capilar. Ausencia de aire intra o extravascular; (característico de la enfermedad descompresiva) sin extravasación de Hematíes. Ello indica la levedad del trastorno ocasionado en el diente por el disbarismo. Tricómico de Masson x400.

laron, las piezas con obturaciones frente a las piezas íntegras sin obturaciones se observó que no existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la respuesta celular o la respuesta odon-



Figura 14. No existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la respuesta dentino-pulpar, entre piezas sin obturación y piezas obturadas tras un cambio hipobárico.

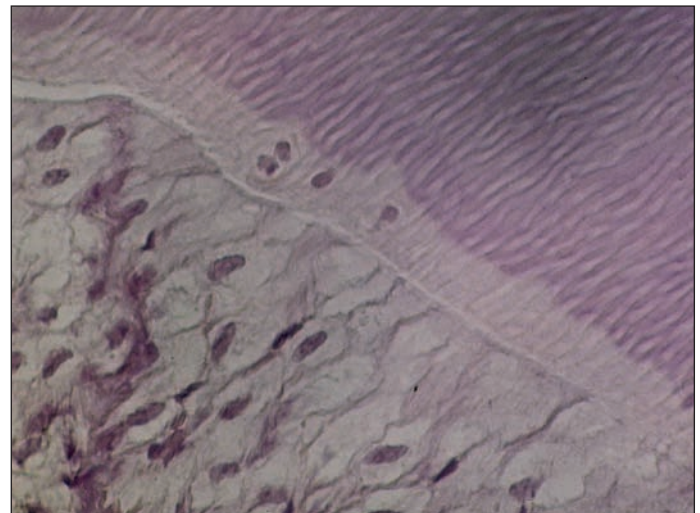


Figura 15. Periodo Inicial. Grupo de Vuelo. Sacrificio a las tres horas del vuelo. Aspiración de núcleos de odontoblastos en predentina por efecto del barotraumatismo. Única imagen de aspiración obtenida de todas las muestras estudiadas. En cualquier caso tiene un carácter leve según las normas ISO estudiadas. Hematoxilina-Eosina x400.

oblástica entre piezas obturadas y piezas sin obturar, todas ellas sometidas a un cambio hipobárico. (Figs. 14 y 15).

Asimismo dentro de las comparaciones intragrupo, si comparamos dentro solamente de los animales que vuelan, el comportamiento dentino-pulpar de aquellas piezas obturadas con amalgama frente a las obturadas con resinas compuestas, comprobamos que no existen diferencias estadísticamente significativas, aunque en valores absolutos aparece una menor respuesta dentino-pulpar en diente obturados con resinas compuestas que en las obturadas con amalgama (Fig. 16).

Dentro del periodo de estudio tardío (sacrificio de los animales a los 21 días de haber sido sometidos al cambio hipobárico en CBA) se elaboraron tablas con los mismos grupos de variables que en el periodo inicial estudiando los grupos de piezas que volaron con respecto al grupo control que no voló, así como aquellas comparaciones intragrupo de vuelo entre piezas obturadas frente a las no obtu-

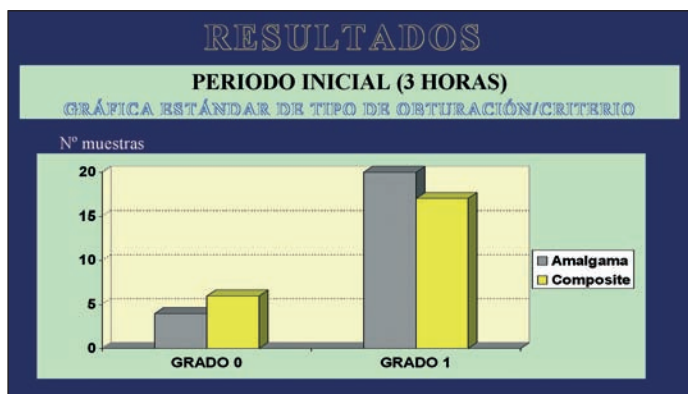


Figura 16. Aunque no existan diferencias significativas, en valores absolutos aparece una menor respuesta dentino-pulpar en dientes obturados con resinas compuestas que en los obturados con amalgama tras un cambio hipobárico.

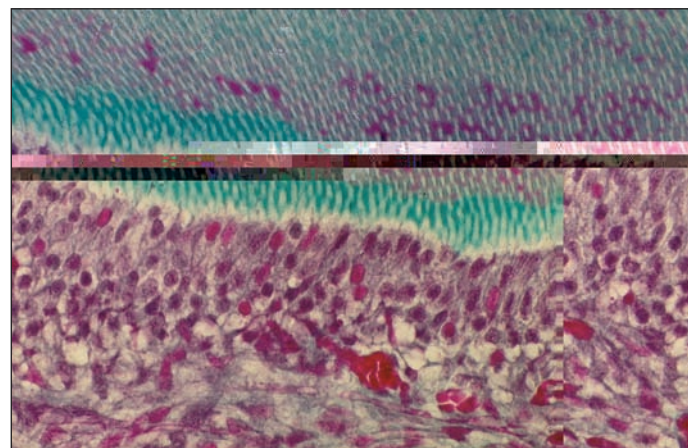


Figura 19. Periodo Tardío. Grupo de Vuelo/ Grupo Control. En la Dentina, Predentina y Capa odontoblástica no se observa ningún cambio histológico con respecto al control que no ha sufrido disbarismo lo que demuestra la reversibilidad de los cambios histológicos generados por el vuelo, con el paso del tiempo (muestras observadas a los 21 días). Comparar con figuras 8, 9 y 10, Tricómico de Masson x400.

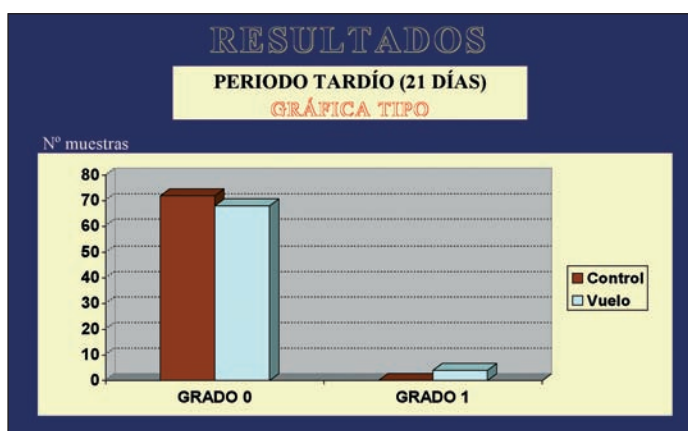


Figura 17. En aquellos animales sacrificados tras un periodo de latencia de 21 días, no existen diferencias estadísticamente significativas en la respuesta dentino-pulpar, de aquellos dientes de animales que vuelan respecto a los que no vuelan, estén o no obturados y respecto a todos los criterios histológicos empleados en el estudio.

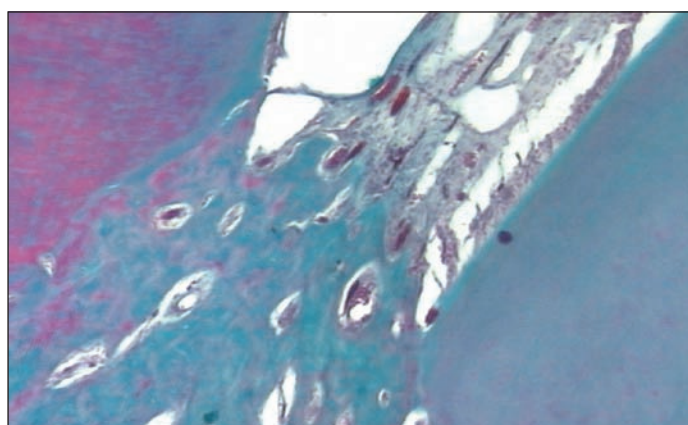


Figura 18. Periodo Tardío. Grupo de vuelo/Grupo Control. Foramen apical con paquete vasculonervioso apical normal. Tricómico de Masson x-400.

radar o de piezas obturadas con amalgama frente a obturadas con resinas compuestas frente a todos los criterios histológicos descritos, observándose siempre que en aquellos animales sacrificados

tras un periodo de latencia de 21 días tras el vuelo, no existen diferencias estadísticamente significativas en la respuesta dentino pulpar, entre dientes de animales que vuelan respecto a los que no vuelan, estén o no obturados y respecto a todos los criterios histológicos empleados en el estudio⁶ (Figs. 17 y 18).

DISCUSIÓN

El barotrauma dental ha sido muy poco estudiado a lo largo de la historia. Los estudios sobre el tema, aparte de escasos son en su mayor parte antiguos.

Sorprendentemente y a pesar de ser una parcela científica, en la que queda «casi todo» por investigar, el interés parece decaer en las últimas décadas, si lo comparamos con la mucho más abundante bibliografía de los años 1930-1960.

Otra característica que ha dificultado mucho la elección de un método a seguir es la falta absoluta de estandarización de los pocos estudios experimentales realizados, muchos de ellos además, solo incluidos en documentos publicados en revistas o folletos de difusión muy limitada, como lo son las publicaciones militares, no incluidas en el *Index of dental literature*. Por ello, hemos aplicado en nuestro trabajo, las normas ISO/TR 7405, con el fin de utilizar una metodología estándar, aceptada por toda la Comunidad Científica, respecto a estudios de respuesta pulpar⁷.

Todos los trabajos experimentales sobre biocompatibilidad de materiales se dan en medio ambiente de presión atmosférica estándar (1 atmósfera) mientras que en nuestro estudio hemos tratado fundamentalmente de conocer la respuesta biológica del complejo dentino-pulpar, en un medio hostil: el medio hipobárico. Todo ello en dientes sanos y obturados, con materiales de utilización habitual en clínica como son la amalgama y las resinas compuestas.

Para todo ello se ha utilizado la Cámara hipobárica ETC, APTF 10M como medio físico de experimentación que permite reproducir

fielmente las variaciones barométricas de cualquier perfil de vuelo convencional.

Entre los factores que intervienen en el daño pulpar, durante la preparación de cavidades están a parte de la profundidad, la velocidad rotacional, el tamaño, la forma y composición de la fresa, la magnitud y dirección de la presión sobre el instrumento de corte, el grado de humedad en el campo operatorio, la dirección y tipo de refrigeración usados y el tiempo de contacto entre el instrumento y el tejido⁸.

Así pues, aunque realizamos el tallado cavitario con suficiente spray de agua dirigido hacia la parte activa de la fresa, se evaluó la existencia o no de un margen oscuro en la dentina del piso y paredes cavitarias que aparece en casos de sobrecalentamiento de la misma. En nuestro estudio no apareció ninguna muestra con grado I de margen oscuro, lo que indica una buena refrigeración durante la preparación cavitaria.

Por lo que respecta a los datos consultados sobre terapéutica conservadora en casos de barotraumas dentales, (que como hemos descrito están relacionados en más de un 80% con caries u obturaciones recientes en dientes posteriores), casi todos los autores, se decantan por la utilización de obturaciones de amalgama bien condensadas, algunos utilizando bases de hidróxido de calcio u óxido de zinc-eugenol. Estos materiales utilizados clásicamente como bases cavitarias, han sido puestos muy en entredicho en la última década.

La Sección Militar de la FDI sigue aconsejando desde 1984 hasta la actualidad no utilizar obturaciones de resinas compuestas ni adhesivos dentinarios para tratamiento de Barodontalgias por sus múltiples inconvenientes, en especial la contracción y la microfiltración consiguiente, la presencia de aire en su composición aunque sea en pequeña cantidad y el más fácil atrapamiento del mismo durante la colocación del material compuesto, con respecto a las amalgamas.

Sin embargo curiosamente autores como Sangal, ya en 1967 obtenía mejores resultados con las obturaciones de silicato (no utilizadas desde hace décadas) que con las de amalgama para tratar barodontalgias⁹.

En cualquier caso la utilización, en nuestro estudio experimental en medio hipobárico de resinas compuestas además de amalgama, ha estado basada en que como hemos comentado, la práctica clínica diaria utiliza las resinas compuestas en sectores posteriores, cada vez con más frecuencia, y los últimos estudios de respuesta histológica dentino-pulpar frente a distintos materiales de obturación de uso habitual, no ofrecen diferencias significativas en sus resultados^{7,8,10}.

Esta práctica es también frecuente en el personal militar, incluido el personal de riesgo que se somete a bruscos cambios de presión ambiente como el piloto de caza o el buceador de combate, a pesar de las recomendaciones de la Sección Militar de la FDI.

La elección de un medio físico de experimentación hipobárico, no ofrece ninguna otra opción, más que la utilización de una cámara de baja presión (CBP).

Con respecto a trabajos con animales, sólo existen algunos trabajos con ratas en cámara hiperbárica^{12,13} y en cámara hipobárica^{14,15}. Todos ellos adolecen fundamentalmente de falta de estandarización en los perfiles de presión a los que se somete a los animales objeto del experimento.

Por ejemplo Gersh y Retarsky mantienen los animales durante 25 días a 25.000 pies, mientras que Pfister y Frank utilizan varios gru-

pos con experiencias repetidas a muy diversas alturas sobrepasando en todas ellas los límites de hipoxia y de enfermedad descompresiva lo que desvirtúa claramente los resultados histológicos¹⁶.

En nuestro trabajo se ha utilizado un perfil de vuelo estándar convencional que reproduce las condiciones de trabajo habituales de una aeronave militar, siguiendo el patrón estricto de perfil OTAN para entrenamiento fisiológico en CBP.

Las alturas alcanzadas en el experimento, la meseta a máxima altura y la velocidad de ascenso y descenso se eligieron siguiendo los criterios conocidos de ensayos clínicos contrastados con personal de vuelo en CBP, eligiendo aquel perfil en el cual la incidencia de cuadros sintomáticos de barotraumas dentales es mayor (Mas del 90% de cuadros de B se dan por debajo de los 23.000 pies (7.000 m) y con velocidades de ascenso menores de 2.500 pies/min. (760 m/min.)¹¹.

El método elegido de eutanasia es el reconocido y aceptado en la legislación que regula la investigación con modelos animales (RD 233/1988) habiendo elegido un bioterio del Centro de Medicina y Cirugía Experimental del H.C.D. «Gómez Ulla», que cumple todos los criterios legales obligatorios, con control veterinario especializado, y un protocolo científico aceptado por la Comisión de Investigación y el Comité de experimentación con modelos animales de las Fuerzas Armadas.

Los resultados en el periodo inicial o precoz permiten estudiar la reacción causada por la preparación cavitaria, la técnica de obturación y muy especialmente por el perfil de vuelo elegido en la experimentación sobre la pulpa. Posteriormente estudiamos si las respuestas celulares iniciales aumentan ó disminuyen con el tiempo, mediante la observación de las mismas en el periodo tardío.

El primer parámetro que vamos a analizar es la presencia de margen oscuro en la superficie dentinaria. En nuestro trabajo, no hemos encontrado ninguna muestra que presente margen oscuro en la superficie cavitaria, lo que nos hace pensar que nuestra técnica de realización de la cavidad, en cuanto a refrigeración y corte se refiere, ha sido hecha de forma correcta y no ha influido en los resultados del estudio con respecto a la respuesta pulpar tal como refieren las normas ISO.

En segundo lugar analizaremos los parámetros relacionados con el daño y capacidad de respuesta de las estructuras celulares pulpares, muy especialmente la respuesta encontrada en la capa odontoblástica y vasos subyacentes.

Desde el inicio de los trabajos experimentales sobre barodontalgias, se especuló con la presencia de aire en el tejido pulpar, como el causante de trastornos durante su expansión en altitud. Los estudios en este sentido han sido muy contradictorios¹⁸.

Mientras autores como Harvey o Pfister describen algunas burlas gaseosas en el tejido pulpar de ratas sometidas a cambios hipobáricos, en otros trabajos se descarta la aparición de éste fenómeno como el origen de barotraumas dentales, y las justifican, (en el escaso número en que aparecen), como artefactos de la preparación histológica^{13,14,16}.

No cabe duda de que los resultados obtenidos en nuestro trabajo, donde se aprecian alteraciones en la capa odontoblástica con diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre grupo experimento y grupo control, son debidas al fenómeno disbárico que siguiendo la teoría hidrodinámica, produciría contracciones y expansiones del fluido dentinario, originando un movimiento de dicho fluido que como explica Ezquerro²⁶ podría provocar choques

del cuerpo celular odontoblástico contra los túbulos, con desorganización celular odontoblástica, edema etc¹⁹.

Es muy destacable en nuestro trabajo experimental, la ausencia de diferencias histológicas, entre los 3 grupos experimentales que volaron (dientes íntegros, obturados con amalgama, obturados con composite), lo que demuestra que la presencia o no de obturación o el tipo de material utilizado no son determinantes en los cambios celulares pulpares que se observaron en el estudio, ya que aunque la respuesta celular y vascular es mayor en diente obturados que en dientes íntegros (en términos absolutos) la diferencia no fue estadísticamente significativa entre dientes sanos y dientes obturados.

Esto confirmaría el concepto actual del comportamiento del diente íntegro como una membrana filtrante semipermeable desechando las antiguas teorías que consideraban al esmalte, como una barrera rígida e impermeable a todo tipo de sustancias o fluidos²⁰.

Otro parámetro estudiado, en el que se encontraron resultados con diferencias estadísticamente significativas fue el de respuesta vascular. Aunque las diferencias encontradas en términos absolutos fueron menores que en el caso de la respuesta celular y odontoblástica, se puede apreciar en las tablas como existen diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en la respuesta vascular, entre los grupos experimentales (sometidos a vuelo) y los grupos control (no volaron).

Es destacable también en las tablas que muestran las respuestas a los distintos tratamientos, la ausencia de diferencias significativas en las respuestas celular, odontoblástica y vascular entre los tres grupos de dientes que vuelan, ya sean dientes íntegros, obturados con amalgama u obturados con composite.

Es de reseñar también que no existe ninguna respuesta vascular en dientes íntegros que vuelan, mientras que siempre existe respuesta vascular en los dientes obturados que vuelan, y esta es mayor en los dientes obturados con amalgama que en los obturados con composite, aunque esto último no tenga significación estadística.

La levedad de las respuestas vasculares en nuestro estudio, muy probablemente se puedan achacar a la realización de cavidades poco profundas (en 1/3 medio de dentina) frente a la mayor parte de estudios que implican grupos experimentales con exposiciones pulpares yatrogénicas.

Además, como ya se ha comentado, en la mayor parte de los trabajos consultados, los cambios de presión ambiente aplicados son muy importantes, lo que conlleva un grado de hipoxia y narcosis nitrogenada que tiene su traducción automática siempre en la respuesta de la microcirculación pulpar y que incluso se utiliza para el sacrificio del animal de experimentación en muchos de los estudios. Todo ello, a nuestro entender, desvirtúa los resultados de un estudio experimental sobre disbarismos y permite explicar como en nuestro estudio, (en el que se utilizó un perfil de vuelo estándar que no implica grados de hipoxia valorables, ni se sobrepasa el umbral para enfermedad descompresiva), no aparezcan respuestas vasculares graves, rotura vascular, ni burbujas de aire intra y/o extracelular.

Dentro de nuestro trabajo, otro de los criterios a valorar fue el grado de inflamación como respuesta del tejido pulpar frente a la agresión externa.

En los resultados de nuestro trabajo, se puede apreciar presencia de edema en todas las muestras procedentes de dientes que volaron, obturadas o no.

Dicho edema se valora dentro del criterio de respuesta vascular en el grado 1 junto al aumento de permeabilidad circulatoria. Res-

pecto a este factor del edema, existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimentales (vuelo) y los grupos control (no vuelo).

Sin embargo no apareció en ninguna muestra, ningún grado de celularidad inflamatoria, tanto de grupos de estudio como control.

Un factor a tener en cuenta para explicar esta ausencia de respuesta inflamatoria es la poca profundidad de las preparaciones cavitarias (tercio medio dentinario), sin exposiciones pulpares ni agresiones yatrogénicas directas en pulpa ni dentina profunda, lo que siempre conlleva una menor respuesta celular inflamatoria.

En el periodo final (21 días) de nuestro estudio no se encontró tampoco ninguna muestra con células inflamatorias crónicas lo que está en consonancia con la falta de pulpitis aguda y celularidad inflamatoria aguda en el periodo inicial.

Otro parámetro a valorar fue la presencia o no de bacterias en el piso o paredes cavitarias y su posible influencia en la respuesta del tejido pulpar.

En nuestro estudio no se ha encontrado ninguna muestra con bacterias teñidas en ninguno de los grupos experimentales, en ambos periodos de estudio.

La explicación a ello la podemos encontrar, en haber utilizado animales de un bioterio con dientes perfectamente sanos, sin caries y limpios antes de iniciar las cavidades junto a un procedimiento experimental meticuloso, evitando en todo momento la contaminación externa.

Además la extracción y preparación de las muestras para el estudio histológico fue muy rápida (menos de 40 horas desde que se efectúan las obturaciones), lo que dificulta la microfiliación de bacterias por microdefectos de adaptación del material de obturación a las cavidades, que ocurre con el paso del tiempo.

Hay autores que asocian poder antibacteriano a los modernos sistemas adhesivos para explicar la ausencia de bacterias teñidas en sus estudios de respuesta pulpar y otros que achacan la ausencia de dichas bacterias a que pueden perderse durante las distintas fases de procesamiento, corte y tinción de las muestras^{7, 21}.

En cualquier caso los resultados de nuestro estudio, con ausencia de bacterias en la totalidad de las muestras está en consonancia con la falta de células inflamatorias de aparición ayuda y/o crónica, en todas las muestras, como comentábamos anteriormente, lo que confirma la íntima relación existente entre inflamación pulpar y microfiliación bacteriana en Odontología Conservadora.

El último criterio a valorar es el depósito de dentina terciaria que como sabemos se desarrolla como respuesta a la agresión o irritación de agentes externos a la pulpa.

En el estudio realizado, no aparece ninguna muestra con formación de tejido duro en el periodo inicial, y muy pocas muestras con algún vestigio de dentina terciaria en el periodo tardío. Esto es lógico, en el periodo inicial (3-4 horas), ya que no ha dado tiempo suficiente para que comience la formación de dentina reparativa, por lo que no es observable su presencia.

Se tarda aproximadamente 20 días en conseguir la diferenciación de los odontoblastos, y por lo tanto, este es el tiempo mínimo para que se empiece a formar dentina reparativa o terciaria. De hecho se necesitan aproximadamente 60 días para poder obtener una capa dentinaria detectable radiológicamente (60 días \times 1,5 micras = 90 micras de espesor)²².

Esto explica la práctica ausencia (tan sólo algún vestigio) de dentina reparativa en todas las muestras de nuestro estudio, incluso

en el periodo tardío (21 días) en consonancia con la falta de células inflamatorias y odontoblastoides que acompañan a este proceso y que no se encuentran tampoco en ninguna de las muestras.

Para finalizar, es preciso comentar que la utilización de dientes sanos intactos para probar los materiales de restauración dental limita la aplicación clínica de los datos al tipo de dientes probados. Por tanto serían necesarios ensayos clínicos en pacientes portadores de obturaciones utilizando las técnicas y materiales actuales, con el fin clínico habitual de tratar la caries o las distintas enfermedades y lesiones dentarias, que corroboren estos resultados en la pruebas de altitud o de entrenamiento fisiológico de rutina en CBP.

BIBLIOGRAFÍA

1. Garsaux P, Strhol A. La vitesse d'ascension et de descense en avion. Les effects sur l'organisme. *Rev. Aeronaut. Intern.* 1932; 6: 67-475.
2. Adler H.F. Barodontalgia. *Aeromed. Rev.* 1964; 15: 1-166.
3. García Rebollar R. Fisiopatología Clínica de las Barodontalgias. Tesina de Licenciatura. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Odontología. Madrid, 1992.
4. González MM, Martínez-Sauquillo A, Bullón P. Prevalencia de las Barodontalgias y su relación con el estado bucodental en el personal con responsabilidad en vuelo militar. *Med. Oral.* 2004; 9: 92-105.
5. AENOR. Norma ISO 7.405. Odontología, evaluación preclínica de la biocompatibilidad de los productos sanitarios usados en odontología. Métodos de ensayo para materiales dentales. Enero 1999. 433-55.
6. García Rebollar R. Respuesta pulpar del diente de perro íntegro y obturado en el medio hipobárico. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Odontología. Madrid, 2004.
7. Kitsano Y, Nakajima M, Pereira PN et al. Monkey pulpal response and microtensile strength beneath a one-application resin bonding system in vivo *J. Dent.* 2000; 28: 193-8.
8. Akimoto N, Momoi Y, Kohno A et al. Biocompatibility of Clearfil liner Bond 2 an Clearfil AP-X system on nonexposed and exposed primate teeth. *Quintessence Int.* 1998; 29: 177-88.
9. Sangal A. Aerodontalgia. *J. Indian Dent. Assoc.* 1967; 49: 557-60.
10. Mjör IA. Biología pulpodentinaria en odontología restauradora (II): reacciones iniciales a la preparación de dientes para procedimientos restauradores. *Quintessence (ed. esp.)*. 2004; 16: 1-21.
11. Kollmann W. The incidence and causes of dental pain during simulated high altitude flights. *J. Endod.* 1993; 19: 154-9.
12. Carlsson OG, Halverson BA, Tripplett RG. Dentin permeability under hyperbaria conditions as a possible cause of barodontalgia. *Undersea Biomedical. Res.* 1983; 10: 23-8.
13. Seoane JM, Agudado A, Romero MA. Barodontalgia: Estado actual. *Interes odontoestomatológico. Rev. Act. Odont. Esp.* 1990; 50: 39-43.
14. Harris N, Mefferd R, Restivo S. Dental changes induced in rats by prolonged exposure to adverse environments. *Amer. J. Physiol.* 1960; 198: 476-80.
15. Debruge JM, Franck R, Pfister A. Contribution a l'estude des aerodontalgies dans les conditions actuelles de vol. *Rev. Stomatol Chir. Maxillofac.* 1971; 72: 738-42.
16. Gersh S, Retarski JJ. The effects of simulated altitudes upon the incisor of the rat. *Anat. Rec.* 1944; 90: 191-5.
17. Blanchard JP. Aerodontalgia in dental practice. *Rev. Odontostomatol. Midi. Fr.* 1975; 4: 236-43.
18. Goodis HE, Marshall GW Jr, White JM. The effects of storage after extraction of the teeth on human dentine permeability in vitro. *Arch. Oral. Biol.* 1991; 36: 561-6.
19. Ezquerro E, Plaza A. La hipersensibilidad dental. *Noticias odontoestomatológicas.* 1996; 1: 1-3.
20. Mjör I.A. La biología de la pulpa-dentina en la odontología. Quinta parte: Manejo clínico y cambios tisulares asociados al desgaste y el traumatismo. *Quintessence (ed. esp.)* 2003; 16: 144-62.
21. Mjör IA. Biología pulpodentinaria en odontología restauradora (VII): pulpa expuesta. *Quintessence.* 2004; 17: 83-106.
22. Llamas R, Bonilla V, Pastor C. Separation of enamel and dentin in non cavitated enamel caries in 96 proximal surfaces of 74 teeth. *RCOE.* 1998; 3: 111-26.