

Estimulación del crecimiento condíleo mandibular en conejos utilizando corrientes eléctricas

Cap. 1o. C.D. Fernando García Delgado,* Tte. Cor. C.D. Elvia Cruz Ruiz,** Tte. Cor. C.D. Elvia Edith Delgado Villalobos,*** Myr. C.D. Joel Omar Reyes Velázquez****

Hospital Central Militar y Unidad de Especialidades Odontológicas

RESUMEN. Se desarrolló un estudio prospectivo en 8 conejos con edad de 4 semanas que se clasificaron en dos grupos, de 5 y 3 respectivamente. Al grupo de 5 se les estimuló con corriente eléctrica, 2.5 mA, 15 segundos, 2 veces al día por 4 semanas en la articulación temporomandibular derecha con el objeto de investigar su efecto sobre el crecimiento y la densidad del cóndilo mandibular. Se encontró que el índice comparativo para los cóndilos estimulados fue de 10.7 mm mientras que en los no estimulados fue de 8.8 mm. El índice comparativo de densitometría mediante TAC para los cóndilos estimulados fue de 1,388 U. Hounsfield y para el grupo control 1,364.

Ambos datos se consideran de valor significativo.

Palabras clave: mandíbula, cóndilo, crecimiento, estimulación, electricidad

El estudio de los mecanismos que intervienen en la remodelación condílea ha significado durante muchos años un apasionante campo de estudio para la Ortodoncia.

La respuesta del tejido condíleo a la terapia con aparatos funcionales tiene varios aspectos sujetos a discusión y se necesitan más investigaciones clínicas y en animales de laboratorio para tener conclusiones definitivas.

Los experimentos en animales han arrojado evidencias de la remodelación de la fosa articular en los modelos sujeto a avance mandibular.¹⁴ La naturaleza única del cartílago secundario del cóndilo, desde el punto de vista filogenético y ontogénico, lo hacen fisiológicamente dis-

SUMMARY. This is a prospective trial that was carried out in 8 rabbits aged 4 weeks, which were classified in two groups of 5 and 3 animals respectively. To the first group rabbits, the right temporomandibular joint was electrically stimulated by 2.5 mA, 15 seconds, twice a day by 4 weeks in order to investigate its result on the stimulation of condilar bone growth and, density. Results demonstrated that comparative index for stimulated condyles was 10.7 mm while it was 8.8 mm for the non stimulated. As well densitometric index by CT for stimulated condyles was 1,388 Hounsfield units while it was 1,364 for the non-stimulated side. In both cases the obtained figures are considered with significant value.

Key words: mandible, condile, growth, stimulation, electricity.

tinto del cartílago primario que se ve en las diáfisis, en las epífisis, en los cartílagos de la base de cráneo y en el tabique nasal.¹⁴

Crece por división de células indiferenciadas y su crecimiento es regulado en mayor medida por factores locales que por hormonas de crecimiento; de aquí se puede desprender el porqué Enlow echó por tierra la creencia de que el cóndilo era un centro maestro del crecimiento mandibular.⁵

El crecimiento condíleo es una expresión de la homeostasis localmente estructurada por el establecimiento de un sistema estomatognático funcionalmente coordinado. La activación de los músculos es la clave para regular el crecimiento condíleo y es bien sabido que la estimulación eléctrica del tejido muscular conduce a una hiperactividad que podría acelerar el fenómeno de remodelación condílea.⁵

Si los cóndilos mandibulares se ven afectados por una alteración congénita o una lesión perinatal o más tardía, puede producirse asimetría facial.

Es importante diferenciar que en los casos de asimetría facial por falta de crecimiento, el problema es la falta de tejido, (ej. microsomía hemifacial). Ello no significa ausencia de potencial de crecimiento, siendo esta una función que puede ser estimulada mediante mecanismos de naturaleza física o química.

* Residente de 2o. año de Ortodoncia, E.M.G.S. México, D.F.
** Jefe del Servicio de Ortodoncia, U.E.O., México, D.F.
*** Adscrita al Servicio de Ortodoncia, U.E.O., México, D.F.
**** Jefe del Servicio de Cirugía Maxilofacial, H.C.M., México, D.F.

Correspondencia:
Tte. Cor. C.D. Elvia Cruz Ruiz. Unidad de Especialidades Odontológicas. Av. Industrial Militar 1113. Col. Lomas de Tecamachalco Naucalpan, Edo. de México.

En los problemas post-lesionales, el potencial de crecimiento es normal, pero la restricción del movimiento provocada por la cicatrización y fibrosis de la zona lesionada impide la expresión del mismo.⁶

En vista de lo anteriormente expuesto, surge este trabajo de investigación con base en el interés por determinar si la aplicación de un estímulo externo, en este caso eléctrico, sobre las estructuras musculares y óseas del área condílea, nos producirá una respuesta lo suficientemente significativa para considerarla como un indicativo de su posible empleo como una opción terapéutica coadyuvante en el uso tanto de aparatos funcionales como en el tratamiento de las hipoplasias condíleas y los problemas post-lesionales que restringen el crecimiento del cóndilo mandibular.

Material y métodos

Como material se emplearon 8 conejos de cuatro semanas de edad, colocados en 8 jaulas metálicas equipadas individuales. Rojo de alizarina, generador de corriente con medidor marca IMORY, electrodos de superficie marca Medtronic, pasta conductora marca Lectron II, cronómetro marca Casio, hidrocloreto de xilocaína (ROMPUN), ketamina (Ketalar de uso veterinario), tomógrafo marcar Toshiba Mod. XGL-300 (propiedad del Hospital Central Militar), rastrillos, tela adhesiva, 32 jeringas para insulina, 8 jeringas de 5 ml, complemento alimenticio para conejos (conejina), dieta de zanahoria, lechuga, alfalfa y agua. Calibrador dental marca Dentaurum.

Método

Selección de la muestra. Se formaron dos grupos de conejos: el grupo A o el grupo estudiado se utilizó con 5 a los que se les sometió a estímulo eléctrico del área articular témporo-mandibular derecha y con ingesta del marcador vital rojo de alizarina, los que fueron denominados BUGS, BUGS I, BUGS II, BUGS VI Y BUGS VII.

El grupo B se integró con 3 conejos que sirvieron como grupo de control (sin estimulación eléctrica ni ingesta de rojo de alizarina).

Se denominaron BUGS III, BUGS IV y BUGS V.

Ambos grupos se integraron bajo los siguientes criterios de inclusión: conejos machos, cuatro semanas de edad al inicio de la fase de estimulación, sin alteraciones del macizo craneofacial a la observación y exploración física y buen estado de salud general.

Los criterios de exclusión fueron los siguientes: modelos animales de más de cuatro semanas de edad al inicio de la fase de estimulación que por haber rebasado su pico de crecimiento quedaban fuera de los propósitos de este estudio; modelos animales que presentaron alteraciones del macizo craneofacial y modelos animales con datos que sugirieran alteraciones en su estado de salud general.

Fases del experimento. 1. Ambos grupos se sometieron a la misma dieta, los conejos fueron alimentados dos veces al día con cantidades idénticas tanto de alimento como de agua.

Antes de iniciar la fase experimental se procedió a rasurar el pelo de la región facial derecha de los cinco modelos que iban a ser estimulados, para que los electrodos de superficie pudieran adaptarse.

2. El siguiente paso consistió en colocar los electrodos marca Medtronic en el área articular témporo-maxilar derecha, localizada mediante exploración con la asesoría del Jefe del Departamento de Cirugía Maxilofacial y del Jefe del Departamento de Cirugía Experimental, procediendo previamente a aplicarles pasta conductora marca Lectron II, y a fijarlos con tela adhesiva para una mejor adaptación a la piel de los conejos.

3. El inicio de la fase de experimentación o de estimulación consistió en la aplicación de corrientes eléctricas de 2.5 mA de intensidad y de 110 Voltios, por 15 segundos dos veces al día, (con doce horas de diferencia), en las áreas articulares derechas de los conejos del grupo de estudio, dicha estimulación se realizó por medio de un generador de corriente con medidor y la colocación de un cable de corriente con terminación en pinza de caimán para adaptarse con mayor facilidad a la terminación del electrodo en el área articular.

El cable para hacer tierra se colocaba entre las patas delanteras de los conejos en contacto con su pecho.

El tiempo de estimulación se midió por medio de un cronómetro, la duración de la fase de estimulación fue de cuatro semanas, en el inicio de cada semana se les colocó en su agua de consumo tres gotas del marcador vital rojo de alizarina, el cual tenía por objeto marcar las zonas de actividad celular, en este caso de precursores óseos en la zona condílea, mismo que fue consumido sin producir reacciones de rechazo en los modelos de estudio.

Los tres modelos del grupo de control no recibieron estimulaciones eléctricas, tampoco se les administró rojo de alizarina, continuando únicamente con su alimentación normal igual a la del grupo de estudio.

Fases de recolección de información. La primera fase de recolección de la información consistió en someter a los ocho modelos animales a un estudio de tomografía axial computarizada en un tomógrafo marca Toshiba modelo XGL/300, mediante la técnica de cortes axiales, realizados en el Departamento de Tomografía del Hospital Central Militar; con el objeto de determinar en las imágenes la densidad ósea en el área condílea tanto del grupo de estudio como del grupo control, para determinar las variaciones en ambos grupos. Así como entre los cóndilos estimulados y no estimulados del grupo de estudio.

La segunda fase de recolección de información consistió en un inicio, en el sacrificio de los modelos animales mediante una inyección intramuscular de 2 mililitros de hidrocloreto de xilazina (ROMPUN) y 2 mililitros de ketamina para uso veterinario.

Posteriormente, en el Departamento de Cirugía Experimental del Hospital Central Militar y con la colaboración del Jefe del departamento de Cirugía Maxilofacial del mismo nosocomio, se procedió a realizar condilectomías bila-

terales a los ocho modelos mediante disección por planos.

Con éstos se procedió a valorar a través de la observación y medición clínica directa, los cambios de las estructuras macroscópicas condíleas, obteniéndose mediciones anteroposteriores y mediciones transversales a nivel de la superficie articular condílea tanto del grupo control como del grupo de estudio, con el objeto de determinar si existía variabilidad en las dimensiones condíleas entre ambos grupos, así como entre el cóndilo estimulado y el no estimulado del grupo de estudio; y además para valorar durante el acto quirúrgico las observaciones clínicas al momento de efectuar las disecciones, en cuanto a consistencia de tejidos blandos y estructuras musculares y tendinosas adyacentes a la articulación cráneo-mandibular de los conejos.

Una vez terminada las condilectomías y las mediciones directas, los cóndilos obtenidos fueron colocados en frascos con formol previamente rotulados con la clave de cada modelo animal para su estudio histopatológico.

3. La tercera y última fase de recolección de información consistió en descalcificar las muestras colocándolas en una solución de ácido fórmico y citrato de sodio, para posteriormente obtener y fijar los cortes histológicos con el fin de observar los cambios microscópicos de las estructuras condíleas y determinar el grado de variabilidad en la proliferación y maduración celular de los cóndilos del grupo de estudio con respecto a la variabilidad entre los cóndilos del grupo control.

Resultados

A. La tomografía axial computarizada arrojó los siguientes resultados: a) el índice de densitometría de los cóndilos del grupo de estudio tuvo un promedio para los cóndilos derechos de 1,388 unidades Hounsfield y para el cóndilo izquierdo de 1,364, lo que no fue de significancia estadística según el análisis (Figura 1).

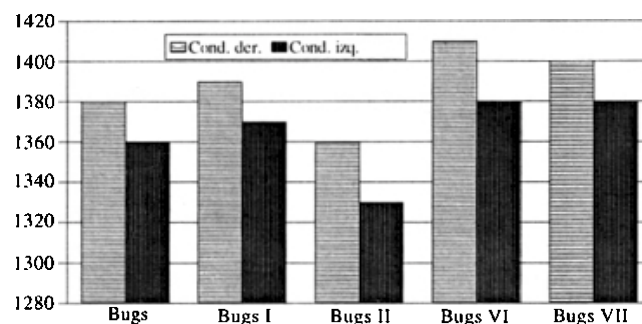
b) El índice de densitometría de los cóndilos del grupo control tuvo un promedio para el cóndilo derecho de 1,346 unidades Hounsfield y para el cóndilo izquierdo de 1,330 lo que no fue de significancia estadística según el análisis (Figura 2).

c) El índice comparativo de densitometría entre el cóndilo derecho del grupo de estudio y el cóndilo derecho del grupo control, nos dio un promedio para el grupo de estudio de 1,388 unidades Hounsfield y para el grupo control de 1,364, lo que sí fue de significancia estadística según el análisis (Figura 3).

B. Las condilectomías arrojaron los siguientes resultados:

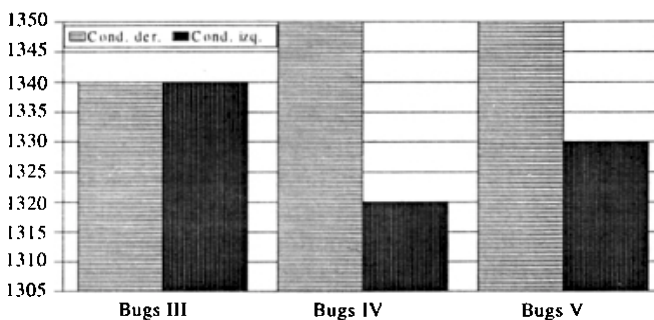
a) Las dimensiones anteroposteriores de los cóndilos del grupo de estudio tuvieron un promedio para el cóndilo derecho de 10.7 mm y para el cóndilo izquierdo de 9.7 mm en el grupo de estudio; esto representó significancia estadística (Figura 4).

b) Las dimensiones transversales de los cóndilos del grupo de estudio tuvieron promedio para el cóndilo derecho de 3.8 mm y para el cóndilo izquierdo de 3.1 mm, lo que sí fue de significancia estadística según el análisis (Figura 5).



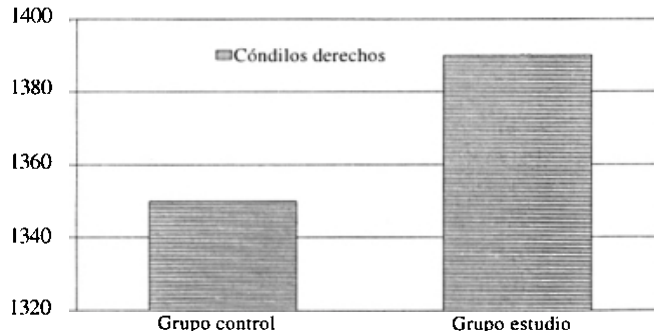
Fuente directa $P > 0.05$

Figura 1. Índice de densimetrías en los cóndilos del grupo de estudio (conejos machos de 8 semanas de edad).



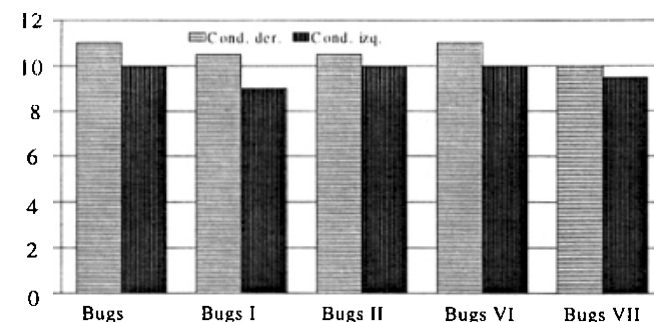
Fuente directa $P > 0.05$

Figura 2. Índice de densimetrías en los cóndilos del grupo de control (conejos machos de 8 semanas de edad).



Fuente directa $P < 0.05$

Figura 3. Índice de densimetrías entre los cóndilos derechos de los grupos de estudio y control.



Fuente directa $P < 0.05$

Figura 4. Mediciones anteroposteriores de los cóndilos del grupo de estudio.

c) Las dimensiones anteroposteriores de los cóndilos del grupo control tuvieron un promedio de 8.8 mm para el cóndilo derecho y de 8.6 mm para el cóndilo izquierdo lo que no fue de significancia estadística según el análisis (Figura 6).

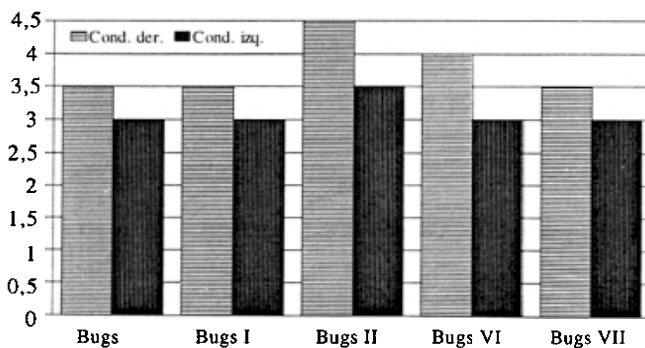
d) Las dimensiones transversales de los cóndilos del grupo control tuvieron un promedio de 3.1 mm. para ambos cóndilos lo que no fue de significancia estadística según el análisis (Figura 7).

e) El índice comparativo de los diámetros anteroposteriores de los cóndilos derechos de ambos grupos tuvo un promedio de 10.7 para el grupo de estudio y de 8.8 mm para el grupo control, lo que sí fue de significancia estadística según el análisis (Figura 8).

f) El índice comparativo de los diámetros transversales de los cóndilos derechos de ambos grupos tuvo un promedio de 3.8 mm para el grupo de estudio y de 3.1 mm para el grupo control lo que sí fue de significancia estadística según el análisis (Figura 9).

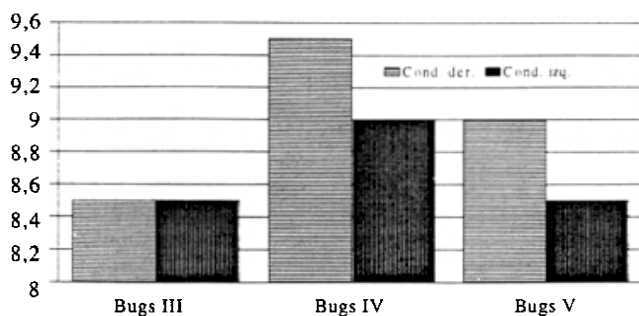
Hallazgos clínicos. Invariablemente se pudo apreciar mayor resistencia de los tejidos blandos al corte desde la piel hasta el periostio en las áreas articulares donde estaba colocado el electrodo para la conducción eléctrica (grupo de estudio).

Las estructuras musculares son análogas a las del hombre (maseteros, pterigoideos), encontrándose hipertrofia muscular en el masetero del lado estimulado.



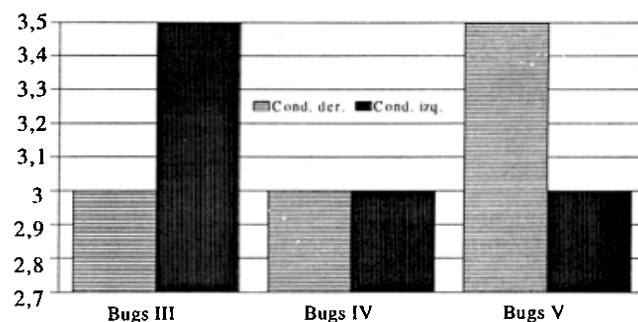
Fuente directa $P < 0.05$

Figura 5. Mediciones transversales de los cóndilos del grupo de estudio.



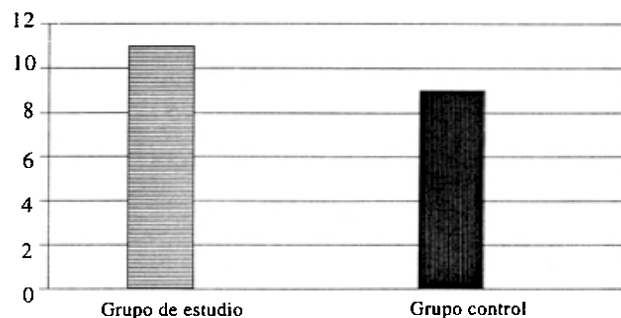
Fuente directa $P > 0.05$

Figura 6. Mediciones anteroposteriores del grupo control.



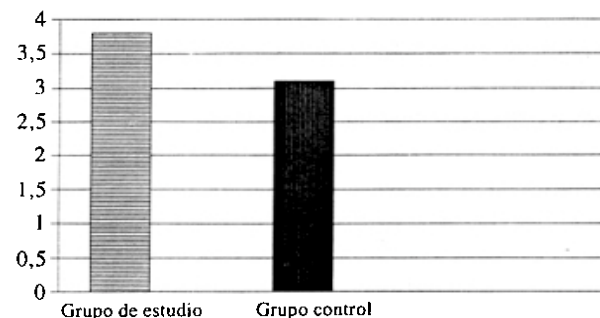
Fuente directa $P > 0.05$

Figura 7. Mediciones transversales de los cóndilos del grupo control.



Fuente directa $P < 0.05$

Figura 8. Valores comparativos de los diámetros anteroposteriores de los cóndilos derechos del grupo de estudio (estimulado) y grupo control.



Fuente directa $P < 0.05$

Figura 9. Valores comparativos de las mediciones transversales de los cóndilos derechos del grupo de estudio (estimulado) y grupo control.

Al observar las estructuras óseas se notó una coloración más oscura en el hueso mandibular, cuello y cabeza del cóndilo así como parte de la rama ascendente del mismo, al parecer debido a un mayor aporte sanguíneo.

No se encontró cápsula articular, líquido sinovial ni disco articular.

Al observar directamente la estructura condílea, se pudo apreciar un aumento de tamaño del cóndilo estimulado en comparación con el contralateral no estimulado, particularmente más marcado en la superficie articular.

Se observó la presencia de un tejido de consistencia cartilaginosa en mayor cantidad en las áreas estimuladas que en las no estimuladas.

Discusión

Los fenómenos de remodelación ósea son un proceso en el cual pueden intervenir los estímulos físicos y mecánicos, siendo la ortopedia maxilar un campo de la ortodoncia que tradicionalmente se ha ocupado de los aspectos mecánicos, en el presente estudio se consideró interesante el definir el comportamiento de las estructuras condíleas al recibir un estímulo externo en este caso eléctrico.

En nuestro estudio encontramos que el total de la muestra del grupo de estudio al cual le fue estimulada el área articular derecha (2.5 mA x 15 seg) dos veces al día, todos los especímenes presentaron aumento en su densidad ósea, valorado por medio de tomografía axial computarizada, el cual fue estadísticamente significativo, al compararlo con el comportamiento estadístico del grupo control.

Resulta interesante que en el grupo de estudio aumentaron los valores de densidad ósea en ambos cóndilos, lo que no fue de significancia estadística al hacer un índice comparativo. Sin embargo, al compararlo en forma conjunta con el índice de densidad promedio del grupo control sí fue de significancia estadística; esto podría interpretarse como que de alguna manera el estímulo eléctrico condujo a una hiperactividad muscular que se manifestó obviamente en los hallazgos clínicos encontrados en el área periarticular estimulada (fibrosis muscular, aumento de la vascularidad, etc.,) lo que se reflejó en el patrón de

comportamiento alimenticio de los conejos estimulados, ya que consumían sus alimentos de una manera más rápida después del estímulo, a diferencia del grupo control, pudiendo esto haber causado el aumento de la densidad ósea encontrada en el grupo de estudio para los dos cóndilos (estimulados y no estimulados).

Asimismo cabe mencionar, que las dimensiones antero-posterior y transversal aumentadas de los cóndilos estimulados, fueron obvias en la observación clínica directa y estadísticamente significativas, lo que nos indica un proceso de remodelación y aposición ósea en las estructuras condíleas, manifestado en su aspecto macroscópico.

Referencias

1. Ham Mc. Cormack. Histología médica. 6a. Edición. Ed. Interamericana 1986 págs. 385, 386, 394, 612.
2. Fukawa E, Yasuda I. Piezoelectric affect on the bone. J Physiol Soc Jpn 1957; 12: 1158.
3. Basset C. Generation of electric potentials by bone in response to mechanical stress. Science 1962; 137: 163.
4. Becker RO. The electronic solid state properties of bone. Clin Orthop 1965; 43: 251.
5. Enlow. Crecimiento craneomaxilar. 2a. Ed. Edit. Interamericana 1990; págs. 184-190.
6. Mc-Namara SA Jr. Functional adaptability of the temporomandibular joint. Dent Clin North Am 1975; 19: 459.
7. Mc-Namara SA Jr. Functional determinants of craniofacial size and shape. Am J Orthod 1980; 2: 131.
8. Meikle MC. The objectives of skeletal and alveolar remodeling. Am J Orthod 1980; 77: 184.
9. Baume LL. Is the condylar growth responsive to orthodontic therapy? An experimental study in Macaca mulata. J Oral Surg 1984; 14: 347.
10. Bjork A. The principles of the Andresen method of orthodontic treatment. Am J Orthod 1971; 37:437.