

Ultraestructura de la superficie articular del complejo temporomandibular en algunos roedores

Lourdes Juárez-Mosqueda¹, Lisela Moreira Carmona² y Olga Arroyo Gutiérrez²

¹ Depto. Histología y Anatomía, Fac. Med. Veterinaria y Zootecnia, Cd. Universitaria, México D.F.

² Unidad de Microscopia Electrónica, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Abstract: An histological and ultrastructural morphological analysis was carried out to compare the articular surface of the Temporomandibular Joint (TMJ) from different rodents: rat, guinea pig, hamster and rabbit. The main components of the TMJ in mammals are: condyl, capsule and articular disk and these structures are organized as follow: an external layer of undifferentiate cells, a second layer of fibroblasts, under which one can find a fibrous cartilage followed by bone structure. In the case of disk, its structure is free of bone. We observed qualitatively that the articular surfaces from components of TMJ have not the same wide in its total long, probably due to changes induced by mechanical forces in certain areas. Although in the TMJs of a guinea pig analyzed we found histological alteration as had been reported by others resulting from pathological cases. The main goal of the present study is to add information about normal composition through the finest details of the articular surfaces for the components of the TMJ.

Key words: Articulación temporomandibular (ATM), superficie articular, disco ATM, cóndilo ATM, fosa ATM

La articulación temporomandibular (ATM) consiste del cóndilo mandibular, parte de la porción escamosa del hueso temporomandibular (la parte anterior de la cavidad glenoidea, más el tubérculo articular) y un disco intermedio. Estos tres componentes están rodeados por una cápsula de ligamentos reforzada con una serie de bandas de tejido conectivo que constituyen los ligamentos intrínsecos de la articulación. Además, el músculo pterigoideo se inserta en el cóndilo, el cuello condilar y el disco (Bermejo-Fenoll *et al.* 1987) (Fig. 1). El margen periférico del disco está incorporado al ligamento capsular y divide la articulación en dos: la porción superior o meniscotemporal y la porción inferior o condilomeniscal, cada uno con su propio compartimento sinovial e independientes uno del otro. En la porción anterior, el componente capsular es laxo y suelto, lo cual permite que el disco se desplace libremente hacia adelante con el cóndilo. En la segunda porción, el componente capsular es fibroso, muy

denso y normalmente permite sólo movimientos rotacionales del cóndilo. Por tanto, los movimientos mandibulares son el resultado de la composición de los movimientos que toman lugar en ambas articulaciones temporomandibulares. Es así como la suma de los movimientos mandibulares (elevación y descenso, ante- y retroimpulsión, además de los movimientos laterales) hacen que la mandíbula se comporte como un hueso articulado con el cráneo, tanto funcional como morfológicamente (Bermejo-Fenoll *et al.* 1987).

Durante el desarrollo embrionario tardío y postnatal temprano de muchos mamíferos, el cartilago secundario del cóndilo mandibular funciona principalmente como un cartilago de crecimiento. Este eventualmente avanza mediante aposición y contribuye al desarrollo de la mandíbula y a su articulación (Livne *et al.* 1987, Copray y Liem 1989), dando además origen al disco articular (Smeele 1988, 1989). Al aumentar la actividad oral y los movimientos

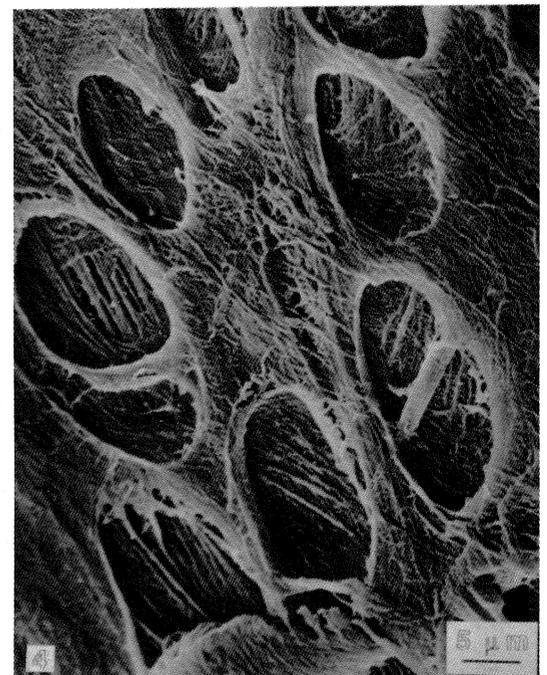
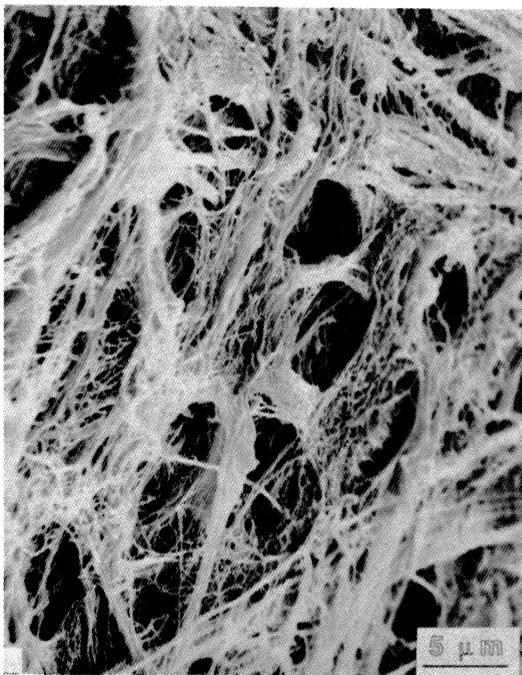
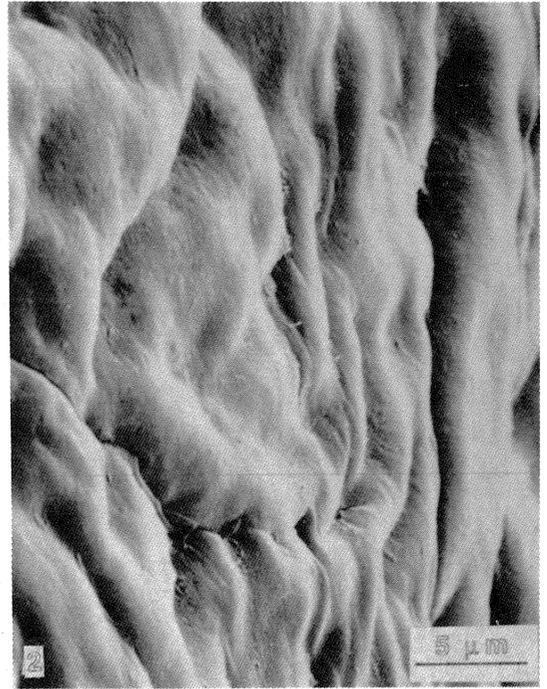


Fig. 1: Principales componentes estructurales de la articulación temporomandibular (ATM) de rata (*R. norvegicus*), así como de las otras especies estudiadas (MEB).

Fig. 2: Superficie articular del cóndilo de la ATM de rata (*R. norvegicus*) (MEB).

Fig. 3: Trama fibrilar observada al remover la superficie articular del cóndilo de conejo (*O. cuniculus*) (MEB).

Fig. 4: Trama fibrilar bajo la superficie articular del cóndilo de conejo (*O. cuniculus*) (MEB).

mandibulares, el cartílago condilar gradualmente cambia a articular. Las adaptaciones estructurales en el cóndilo que acompañan estos cambios funcionales durante el destetamiento, están relacionados a los hábitos alimenticios y el comportamiento oral de las diferentes especies. En roedores, la actividad articular aumentada por el roimiento y la masticación transforma la cabeza del cóndilo de una forma redonda y regular a una de apariencia torcida (Campos y Cruz 1985, Copray y Liem 1989).

Gran parte del cartílago se encuentra localizado a lo largo de la región posterosuperior del cóndilo. En el desarrollo postnatal éste se ve expuesto en forma intensa al deslizamiento y a las fuerzas compresivas durante la alimentación y el roimiento. Durante la ingesta de gran cantidad de alimento, esta porción del cóndilo se desliza a lo largo de la fosa glenoide de proyección mandibular y produce la carga en la mordida incisiva. El cambio local en la carga funcional articular del cóndilo mandibular induce un proceso de remodelamiento que resulta en adaptaciones locales estructurales llenando las necesidades funcionales específicas (Coprav y Liem 1989).

Las evidencias histológicas indican un remodelamiento interno continuo de esta articulación como respuesta a las zonas de carga marcadas que se ejercen sobre ella y que si exceden de lo normal, contribuyen al desarrollo de una desviación de la forma (Bont *et al.* 1985, Hansson 1986, Pullinger *et al.* 1990).

La desviación de la forma del cóndilo o del disco de la ATM son parte de las causas que generan los desórdenes temporomandibulares (DTM). El término DTM se acuñó para encasillar varios problemas clínicos que involucran la musculatura masticatoria y la ATM. Los problemas se caracterizan por dolor en la región preauricular que con frecuencia se agudiza durante el funcionamiento de la mandíbula. El dolor es con frecuencia acompañado de otros tipos de manifestaciones entre ellos: cefalea, limitación en los movimientos de la mandíbula, sonidos en la articulación (chasquidos o crepitaciones), sensibilidad al palpar la musculatura o la articulación (Fricton 1991, Mohl y Ohrbach 1992). Gran cantidad de estudios se desarrollan para conocer la ATM, así como para contribuir al entendimiento y atención clínica de los DTM.

En el presente estudio se analiza la superficie articular de los componentes de la ATM en varios roedores frecuentemente utilizados como modelos experimentales, con el propósito de aportar detalles ultraestructurales de la triada articular y contar con patrones comparativos.

MATERIAL Y METODOS

Para el estudio comparativo se emplearon adultos jóvenes de cobayo (*Cavia porcellus*), conejo (*Oryctolagus cuniculus*), hamster (*Mesocricetus auratus*) y rata (*Rattus norvegicus*), elegidas por la gran actividad mandibular que presentan debido a sus hábitos alimenticios. Los animales fueron suministrados por el Instituto Clodomiro Picado y la Unidad de Bioterios de la Universidad de Costa Rica, constituyendo un total de 18 articulaciones temporomandibulares. Se analizaron tanto el cóndilo mandibular, la fosa articular y el disco de las ATM de las cuatro especies.

Los animales fueron sacrificados mediante la administración intraperitoneal de pentobarbital sódico al 5%, procediéndose a la disección inmediata de las regiones de la ATM y mantenidas sumergidas en fijador (paraformaldehído al 3% en amortiguador de fosfatos 0.1 M, pH 7.2) mientras se eliminaba el tejido circundante hasta obtener el área de estudio para luego dejar en la solución fijadora a 4°C durante 24 h. Las piezas fueron lavadas con el mismo amortiguador y se descalcificaron en ácido tricloroacético al 5%. Posteriormente, fueron separados los componentes de la ATM, primero se cortó longitudinalmente la articulación para luego procesarlos para microscopía electrónica de transmisión (MET) y de barrido (MEB).

Las muestras para MEB fueron posfijadas en tetraóxido de osmio (OsO_4) al 1%, amortiguado con fosfatos 0.1 M pH 7.2, durante una hora. La deshidratación se logró a través de un gradiente ascendente de etanol y embebidas en alcohol terbutílico. Posteriormente, se secaron con el método de sublimación con un VFD-20 (Vacuum Device, Japón). Las muestras fueron cubiertas con una capa de oro de aproximadamente 30 nm, en un coberter iónico Eiko (Japón) IB-3. Los especímenes fueron observados empleando un microscopio Hitachi S-570.

Las muestras para MET se posfijaron empleando OsO_4 al 1% amortiguado con fosfatos 0.1 M, pH 7.2. La deshidratación se logró a través de un gradiente ascendente de etanol para ser luego incluidas en resina epóxica (fórmula de Spurr). Los tejidos fueron cortados con cuchilla de vidrio con un ultramicrotomo Sorvall MT-2B. Las secciones se tificaron con acetato de uranilo al 4% en solución etanólica (50%) y citrato de plomo al 1% en solución acuosa. La observación y registro se realizó en el microscopio Hitachi H-7000.

RESULTADOS

Al MEB, la superficie articular de todos los componentes del complejo de la ATM de las cuatro especies estudiadas a bajos aumentos se muestran como superficies lisas. Sin embargo, al observar a ampliificaciones mayores el cóndilo de las especies incluidas se hacen evidentes ondulaciones irregulares con depresiones acentuadas (Fig. 2). Al remover esta capa de tejido lo que se observa son redes continuas de fibras entrelazadas con diversas orientaciones (Fig. 3) mostrando áreas en las que las depresiones u hoyuelos dan apariencia de cráteres (Fig. 4) que contienen en su interior algunos canales vasculares y pequeñas áreas con poca actividad osteoclástica.

La superficie articular de la fosa (Fig. 5) presenta plegamientos regulares y menos pronunciados a los observados en la superficie articular del cóndilo. De igual manera al remover la superficie articular se observa la trama de fibras semejantes a las del cóndilo.

Cubriendo ambas superficies articulares del disco, se observan ondulaciones pronunciadas (Fig. 6) y por debajo de éstas se encontró la trama característica de fibras entrelazadas.

Sobre cada una de las superficies articulares estudiadas (disco, cóndilo y fosa) se observaron precipitados o corpúsculos de formas irregulares que corresponden a restos de líquido sinovial (Fig. 7).

Al MET se observó el componente articular del cóndilo conformado por una capa de fibras colágenas organizadas en tres estratos de los cuales, tanto el externo como el interno se disponen en la misma orientación, mientras que el estrato medio se orienta en forma diferente y aparenta ser menos compacto (Fig. 8). La segunda capa del componente articular está cons-

tituida por células mesenquimatosas inmersas en tejido conectivo (Fig. 9). Finalmente, encontramos un estrato de fibras colágenas. Por debajo de la capa articular se encuentra el tejido cartilaginoso (Fig. 10). En la cual los fibroblastos mostraron la configuración alargada típica, con disposición paralela a la superficie articular y los condrocitos presentaron en su mayoría forma poligonal (Fig. 11) siendo característico el retículo endoplásmico liso muy desarrollado (Fig. 12). Por debajo de éstos encontramos al hueso organizado en capas concéntricas.

Respecto al componente articular de la fosa se observó que contiene los mismos tipos celulares y la organización descrita para la superficie articular del cóndilo.

La superficie articular del disco consiste principalmente de tejido conectivo fibroso seguido de una delgada capa de fibroblastos (Fig. 13). Por debajo de ella existe cartílago fibroso, formado por abundantes condrocitos, aislados o en grupos separados por la matriz intercelular (Fig. 14). Solamente los extremos de anclaje del disco mostraron la presencia de tejido conjuntivo laxo que contiene vasos sanguíneos y terminaciones nerviosas.

En uno de los cobayos empleados en este estudio se detectaron cambios ultraestructurales caracterizados por la desorganización de las fibras de colágeno en cuyo caso la superficie articular presentó desprendimiento de la trama de dichas estructuras (Fig. 15). La presencia de células inflamatorias señala un proceso degenerativo importante en el mismo espécimen (Fig. 16). Sin embargo, las superficies articulares al MEB se observaron siempre con ondulaciones suaves.

De acuerdo a nuestras observaciones el grosor y la población celular de la superficie articular de los tres componentes de la ATM cualitativamente varían en las especies observadas.

DISCUSION

Wampler *et al.* (1980) en un estudio al MEB sobre la superficie articular del cóndilo de ATMs, obtenidas de cadáveres humanos embalsamados, concluyeron que ésta en muchas áreas era lisa (sin ondulaciones) mientras que otras mostraban depresiones u hoyuelos poco profundos. Las superficies de los cóndilos observados por nosotros mostraron el aspecto liso al que se refiere Wampler *et al.* (1980), pero a

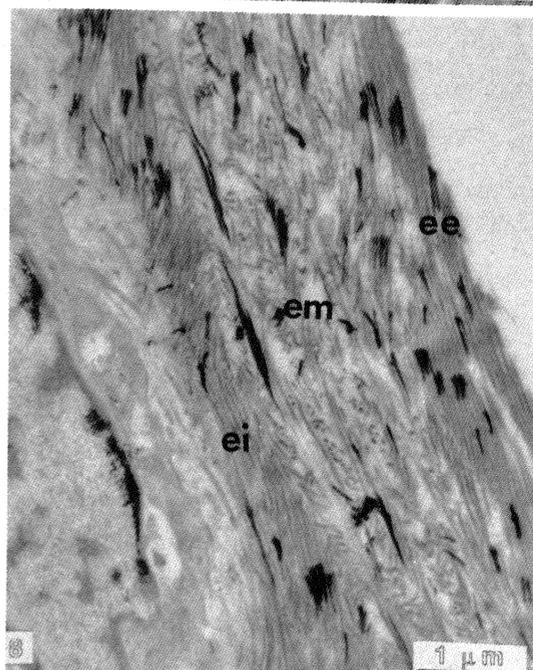
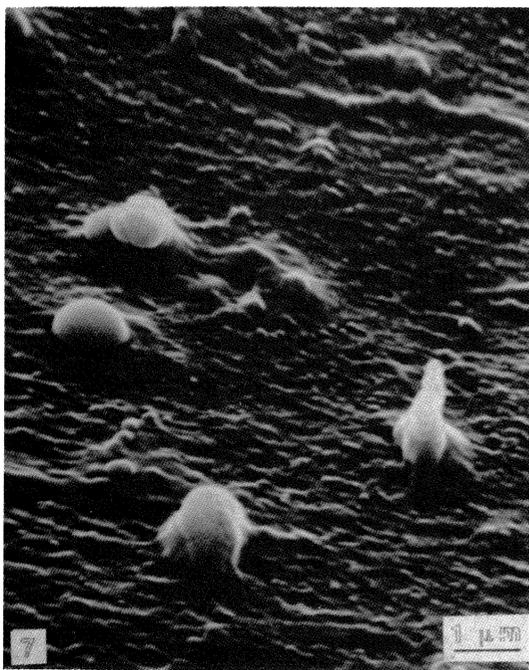
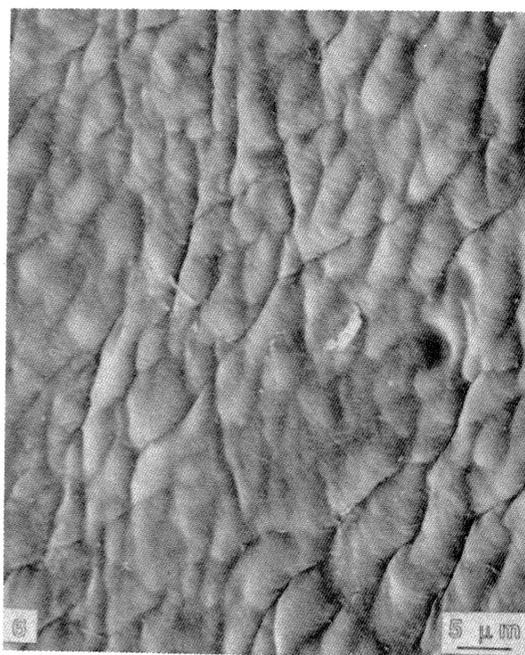


Fig. 5: Plegamientos de la superficie articular de la fosa en ATM de cobayo (*C. porcellus*) (MEB).

Fig. 6: Superficie de la articulación del disco de la ATM de conejo (*O. cuniculus*) (MEB).

Fig. 7: Restos de líquido sinovial observados sobre las superficies articulares de los componentes de la ATM de conejo (*O. cuniculus*) y sobre las demás especies estudiadas (MEB).

Fig. 8: Superficie articular del cóndilo de la ATM de hamster (*M. auratus*). Los estratos externos (*ee*) e interno (*ei*) corren con la misma orientación, mientras que el estrato medio (*em*) muestra orientación en apariencia perpendicular a los anteriores (MET).

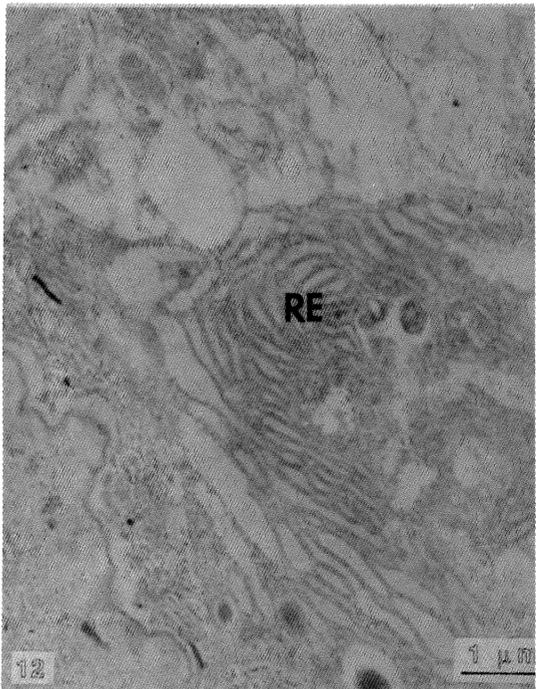
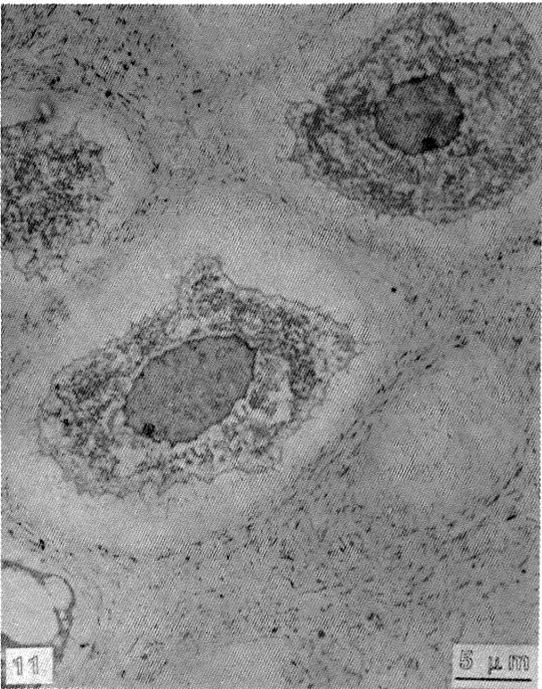
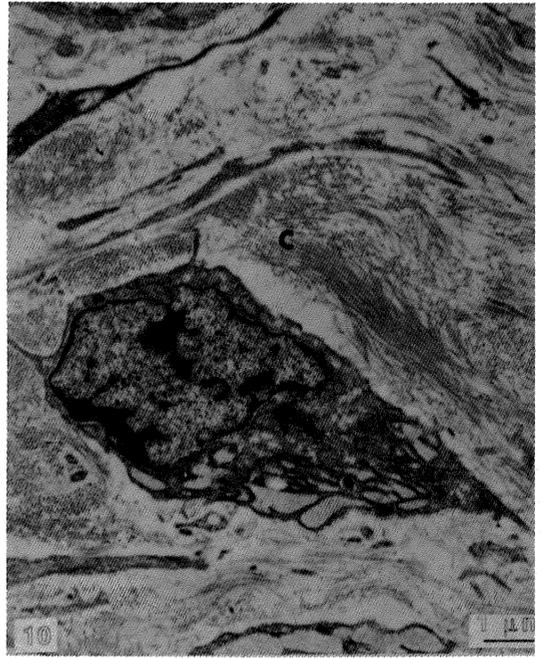
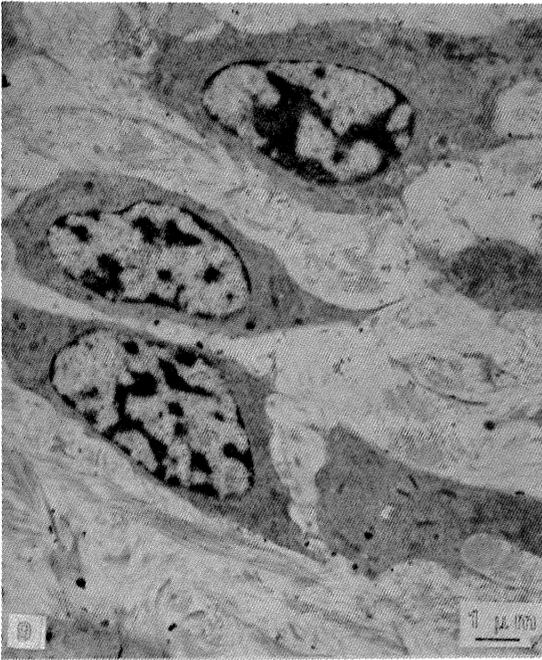
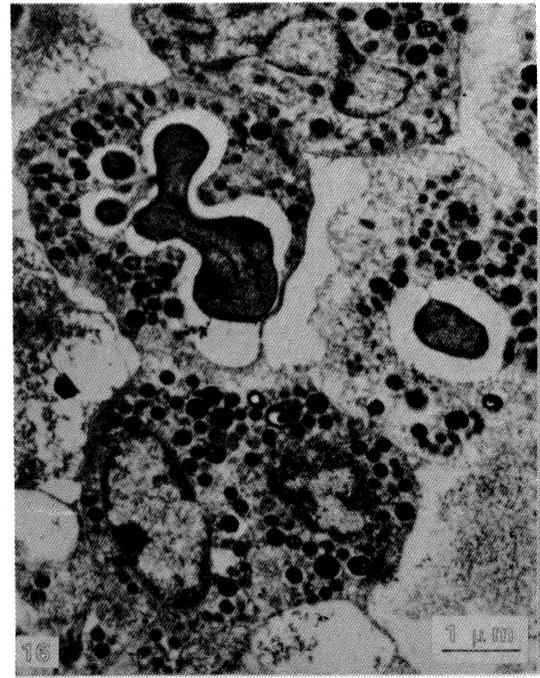
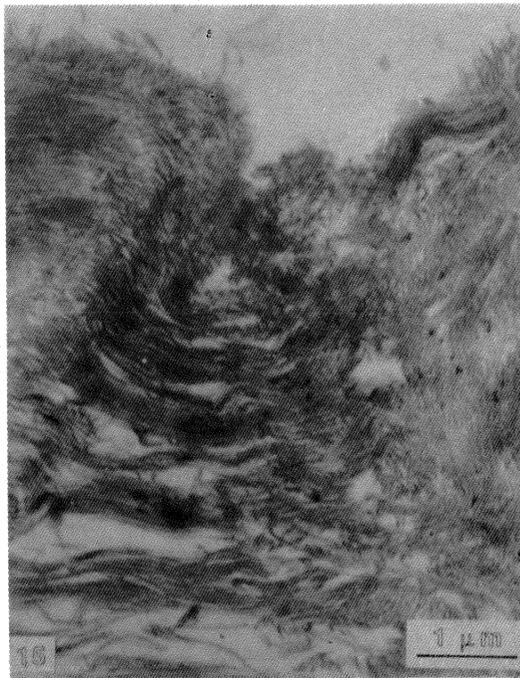
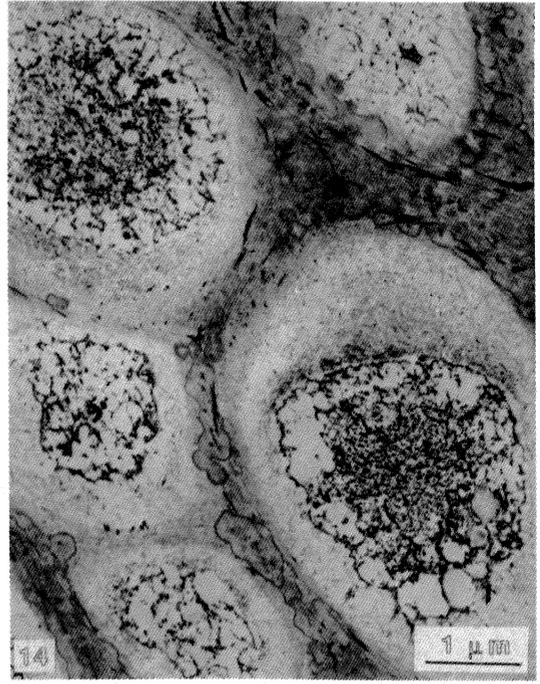
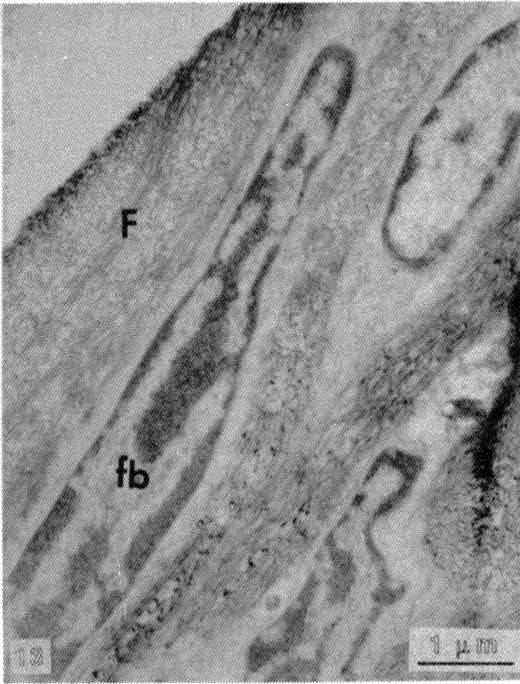


Fig. 9: Células mesenquimatosas, segundo estrato de la superficie articular del cóndilo en ratas (*R. norvegicus*) (MET).

Fig. 10: Fibroblastos de la superficie articular del cóndilo mandibular de cobayo (*C. porcellus*) (MET).

Fig. 11: Condrocitos del cartilago fibroso de la superficie articular del cóndilo de la ATM de hamster (*M. auratus*) (MET).

Fig. 12: Detalle del reticulo endoplásmico liso (RE) en los condrocitos del cartilago fibroso de la superficie articular del cóndilo de la ATM de cobayo (*C. porcellus*) (MET).



- Fig. 13: Superficie articular del disco de la ATM de rata (*R. norvegicus*), bajo las fibras (F) se observan fibroblastos (fb) (MET).
- Fig. 14: Condrocitos de la superficie articular del disco de la ATM de cobayo (*C. porcellus*) (MET).
- Fig. 15: Fibras colágenas alteradas en la superficie articular del cóndilo de la ATM de un cobayo (*C. porcellus*) (MET).
- Fig. 16: Células inflamatorias presentes en la superficie articular de la ATM de un cobayo (*C. porcellus*) con proceso degenerativo (MET).

diferencia de este grupo de investigadores la amplificación empleada nos permitió observar las ondulaciones suaves de toda la superficie del cóndilo (Fig. 2), del disco (Fig. 5) y de la fosa (Fig. 6) en las especies en estudio. La presencia a bajos aumentos de depresiones u hoyuelos mencionados por Wampler *et al.* (1980) pueden haber resultado de un período autolítico entre el tiempo de muerte de los individuos y el momento de embalsamado, sin embargo nada se menciona al respecto.

Los estratos celulares en la superficie articular del cóndilo y del hueso temporal de las especies estudiadas ultraestructuralmente son los mismos, en ellos predomina una capa externa de células indiferenciadas seguida de una capa compuesta por fibroblastos para finalmente encontrar un estrato de cartílago fibroso, el cual es seguido de una capa ósea.

En el caso del disco, éste se encuentra compuesto por una capa fibrosa, otra de fibroblastos, a las que siguen una capa de condrocitos. Una composición celular muy parecida fue encontrada en la superficie articular de ATM de humanos "saludables" por Toller y Wilcox (1978) y Bont *et al.* (1985), así como por Milan *et al.* (1991) en los cartílagos articulares de las ATM de mandriles (*Papio cynocephalus*). Para Milan *et al.* (1991) las superficies articulares del cóndilo como de la fosa muestran un patrón de cuatro capas celulares, mientras que el disco presenta solamente colágeno y condrocitos. Mientras que para la rata, Luder *et al.* (1988) establecieron cinco capas celulares para el cóndilo. Por otra parte, Fujita y Hoshino (1989) mencionan que el disco articular de rata se encuentra constituido por fibras colágenas, la matriz extracelular y condrocitos. En nuestro caso, encontramos que los discos estudiados poseen además un estrato de fibroblastos entre la capa fibrosa y la de condrocitos. En cuanto a la vascularización e inervación del disco, nuestros datos concuerdan también con los de Milan *et al.* (1991), ya que estos elementos se observan solo en el tejido de anclaje del disco (lados anterior y posterior).

Encontramos concordancia a lo descrito por otros autores con respecto a la variación cualitativa del grosor (Hansson y Nordström 1977, Hansson 1986, Pullinger *et al.* 1990), el cual aparentemente no se mantiene constante a lo largo de la superficie articular del complejo de la ATM, fenómeno que se explica como pro-

ducto de la respuesta celular a las fuerzas mecánicas que se ejercen sobre ella. En el cóndilo, como se mencionó anteriormente, el cartílago articular se ve expuesto al deslizamiento y a las fuerzas compresivas por los hábitos de alimentación y roimiento (Coprav y Liem 1989). El cambio local en la carga funcional del cóndilo induce remodelamiento en la superficie articular resultando en adaptaciones locales para llenar las necesidades funcionales (Gazit *et al.* 1987, Coprav y Liem 1989).

En las ATM de uno de los cobayos incluidos en este estudio, se encontraron alteraciones que coinciden con algunas descritas en procesos osteoartríticos, en donde se ha informado desorganización del cartílago fibroso (Bont *et al.* 1985). También se presentaron alteraciones a nivel de los condrocitos, principalmente gran cantidad de vesículas con apariencia de sustancia hialina y la presencia de gran número de células inflamatorias. Sin embargo, ninguna muestra de alteración se observó al MEB.

Finalmente, concluimos que histológica y ultraestructuralmente la superficie articular de los componentes de la ATM, es semejante entre las especies con las que se realizó este estudio.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos el apoyo brindado por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica (UCR), mediante el proyecto 810-91-266. A la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA) por el convenio existente con la UCR que permitió a una de las autoras (LJM) realizar el Curso Regional de Microscopía Electrónica.

A la Ing. Ruth Vargas, Coordinadora de la Unidad de Bioterios de la U.C.R. y al eficiente personal a su cargo por el apoyo que siempre nos brindan facilitando nuestras actividades docentes y de investigación. Al personal de la UME, especialmente a la Sra. Jéssica Coto Arce y al Sr. Guillermo Vargas Herrera por su excelente colaboración.

RESUMEN

Un estudio comparativo de la histología y la ultraestructura fue desarrollado en la superficie articular del complejo temporomandibular

(ATM) en diferentes especies de roedores: rata, cobayo, hamster y conejo. El esquema de la superficie articular del cóndilo y la fosa de la ATM se encuentran muy relacionados, siendo este: una capa externa de células indiferenciadas, una segunda capa de fibroblastos; bajo esta última se ubica una capa de cartilago fibroso seguida de la estructura ósea. En el caso del disco su estructura se encuentra libre de hueso. Cualitativamente se notó que la superficie articular de los componentes de la ATM varía en grosor a lo largo de los mismos, probablemente como respuesta a las fuerzas mecánicas inducidas en ciertas áreas. En un cobayo las ATM analizadas mostraron alteraciones histológicas descritas para patologías que han sido asociadas con cefaleas, ruidos o crepitaciones y entrambamientos.

REFERENCIAS

- Bermejo-Fenoll, A., A. Puchades, F. Sánchez, A. Panchon & M. Herrera. 1987. Morphology of the meniscotemporal part of the temporomandibular joint and its biomechanical implications. *Acta Anat.* 129: 220-226.
- Bont, L.G., R.S. Liem & G. Boering. 1985. Ultrastructure of the articular cartilage of mandibular condyle: aging and degeneration. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 60: 631-641.
- Campos, M.N. & A.R. Cruz. 1985. Morphometric study of the mandibular condyle of the rat during postnatal development. *Acta Anat.* 123: 189-194.
- Copray, J. & R. Liem. 1989. Ultrastructural changes associated with weaning in the mandibular condyle of the rat. *Acta Anat.* 134: 35-47.
- Fricton, J.R. 1991. Recent advances in temporomandibular disorders and orofacial pain. *JADA.* 122: 25-32.
- Fujita, S. & K. Hoshino. 1989. Histochemical and immunohistochemical studies on the articular disk of the temporomandibular joint in rats. *Acta Anat.* 134: 26-30.
- Gazit, D., J. Ehrlich, Y. Kohen & I. Bab. 1987. Effect of occlusal (mechanical) stimulus on bone remodelling in rat mandibular condyle. *J. Oral Pathol.* 16: 395-398.
- Hansson, T.L. & B. Nordström. 1977. Thickness of the soft tissue layers and articular disk in temporomandibular joints with deviations in form. *Acta Odont. Scand.* 35: 281-288.
- Hansson, T.L. 1986. Current concepts about the temporomandibular joint. *J. Prosth. Dent.* 55: 370-371.
- Livne, E., C. Oliver & M. Silbermann. 1987. Further characterization of the chondrogenitor zone in mandibular condyles of suckling mice. *Acta Anat.* 129: 231-237.
- Luder, H.V., C.P. Leblond & Kuonder Mark. 1988. Cellular stages in cartilage formation as revealed by morphometry, radioautography and type II collagen immunostaining of the mandibular condyle from weanling rats. *Am. J. Anat.* 182:197-214.
- Milan, S.B., R.G. Triplett & D. Herbert. 1991. Characterization of the extracellular matrix of the primate temporomandibular joint. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 49: 381-391.
- Mohl, N.D. & R. Ohrbach. 1992. The dilemma of scientific knowledge versus clinical management of temporomandibular disorders. *J. Prosthet. Dent.* 67: 113-120.
- Pullinger, A.G., F. Baldioceda & C.A. Bibb. 1990. Relationship of TMJ articular soft tissue to underlying bone in young adult condyles. *J. Dent. Res.* 69: 1512-1518.
- Smeele, L.E. 1988. Ontogeny of relationship of human middle ear and temporomandibular (squamosmandibular), joint in mammals. Morphology and ontogeny in man. *Acta Anat.* 131: 338-341.
- Smeele, L.E. 1989. Ontogeny of relationship of middle ear and temporomandibular (squamosmandibular), joint in mammals. II Morphology and ontogeny in insectivores. *Acta Anat.* 134: 62-66.
- Toller, P.A. & J.H. Wilcox. 1978. Ultrastructure of the articular surface of the condyle in temporomandibular arthropathy. *Oral Surg.* 45: 232-245.
- Wampler, H.W., H.G. Tebo & G.J. Pinero. 1980. Scanning electron microscopic and radiographic correlation of articular surface and supporting bone of the mandibular condyle. *J Dent Res.* 59: 754-761.