

TRABAJO DE FIN DE GRADO
Grado en odontología

**ESTRUCTURA Y DESARROLLO DE LA
MANDÍBULA: LA MASTICACIÓN QUE
NOS PERMITIÓ OÍR**

Madrid, curso 2022/2023

Número identificativo: 21

RESUMEN:

Introducción: en los mamíferos, la formación del oído medio ha sido un proceso asociado a la mandíbula, donde descubrimos que ambas estructuras han evolucionado juntas. Esto explica por qué ciertas enfermedades bucales afectan a los oídos en diversos grados y a la inversa; para ello, revisamos diferentes trastornos temporomandibulares y alteraciones en el oído, así como de las estructuras anatómicas correspondientes; **Objetivos:** los objetivos principales de esta revisión, son establecer las relaciones evolutivas entre ambas estructuras; relacionar la articulación temporomandibular, la clínica de la masticación, con los problemas auditivos, la clínica del oído; investigar las ondas de la audición con la mandíbula y cómo se han desarrollado técnicas basadas en esa relación ; **Material y método:** se ha realizado una búsqueda sistemática en diferentes bases de datos, como Pubmed, Medline y Scopus, usando una serie de palabras claves y empleando operadores booleanos; **Resultado:** se han buscado artículos usando una serie de criterios de inclusión y exclusión, que se refleja en un diagrama de flujo, obteniendo 32 artículos incluidos en el estudio, de los cuales 16 son usados en la discusión, aparte se ha elaborado una tabla poniendo la información más relevante de cada uno de ellos (referencia, palabras clave, título y objeto); **Conclusión:** se ha constatado que ambas estructuras han sufrido una evolución paralela y complementaria, desarrollándose la mandíbula al igual que el sistema de audición. Esto también ha sido demostrado debido a los trastornos que comparten. Otras ideas aclaradas en este trabajo es que el sonido se puede transportar por los huesos, además de la evolución y progreso que han sufrido los implantes osteointegrados, ya que se ha desarrollado un sistema menos invasivo.

PALABRAS CLAVE: odontología; mandíbula; anatomía; oído; evolución.

ABSTRACT:

Introduction: in mammals, the formation of the middle ear has been a process associated with the mandible, where we discovered that both structures have evolved together. This explains why certain oral diseases affect the ears to varying degrees and vice versa; to do this, we review different temporomandibular disorders and ear disorders, as well as the corresponding anatomical structures; **Objectives:** the main objectives of this review are to establish the evolutionary relationship between both structures; relate the temporomandibular joints, the mastication clinic, with hearing problems, the ear clinic; investigate the waves of hearing with the jaw and how techniques based on that relationship have been developed; **Material and method:** a systematic search has been carried out in different databases, such as Pubmed, Medline and Scopus, using a series of keywords and using Boolean operators; **Result:** articles have been searched using a series of inclusion and exclusion criteria, which is reflected in a flow diagram, obtaining 32 articles included in the study, of which 16 are used in the discussion, apart from a table has been prepared putting the most relevant information of each of them (reference, keywords, title and object); **Conclusion:** it has been verified that both structures have undergone a parallel and complementary evolution, developing the mandible as well as the hearing system. This has also been shown due to the disorders they share. Other ideas clarified in this work is that sound can be transported through the bones, in addition to the evolution and progress that osseointegrated implants have undergone, since a less invasive system has been developed.

KEYWORDS: odontology; mandible; anatomy; ear; evolution.

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN:	1
1.1 Mandíbula:	1
1.2 Temporal:.....	2
1.3 Articulación temporomandibular:	2
1.4 ¿Qué es el cartílago de Meckel?	4
1.5 ¿Qué significa articulación gínglimoartrodial?	4
1.6 Oído:.....	4
1.7 ¿Cómo se transmite el sonido?	8
1.8 Divulgación del sonido por el hueso:	9
1.9 Audífonos osteointegrados:	9
1.10 Evolución:	9
1.11 Trastorno temporomandibular y alteraciones del oído:	10
1.12 Desarrollo en el tiempo de la mandíbula y el oído:	10
1.13 Justificación:.....	11
2. OBJETIVOS:.....	12
3. MATERIAL Y MÉTODOS:.....	12
4. RESULTADOS:	14
5. DISCUSIÓN:.....	18
5.1 La mandíbula actual:	18
5.2 Desarrollo en el tiempo de la mandíbula y el oído:	18
5.3 Evolución:	19
5.4 Trastorno temporomandibular y alteraciones del oído:.....	20
5.5 Divulgación del sonido por el hueso:	21
5.6 Audífono osteointegrado:	21
5.7 Estudios de Tonndorf:	23
6. CONCLUSIONES:.....	24
7. BIBLIOGRAFÍA:	25

1. INTRODUCCIÓN:

En los mamíferos la evolución del oído medio ha sido un proceso en el que se han visto implicados los huesos de la mandíbula. Esto aclara el motivo de que algunos trastornos de la boca afecten en diferente medida al oído. Podemos apreciar esta relación durante el desarrollo embrionario del feto humano, donde se forman yunque y martillo en el primer arco faríngeo al igual que la mandíbula y el maxilar (1), siendo inervados por la división mandibular y maxilar del nervio trigémino. En el oído medio de los mamíferos se creó una cadena de huesecillos o también conocido como osículos auditivos (martillo, yunque y estribo) que lo convierte en una peculiaridad que solo comparten el phylum de los mamíferos. La evolución de los tres huesecillos en los mamíferos ocurrió a partir de los huesos de la mandíbula de los reptiles (1). En la actualidad, estos huesecillos del oído medio están conectados con la mandíbula por el cartílago de Meckel, en vez de, de forma directa, como ocurría en las especies más primitivas o en nuestros ancestros (mamíferos) (1). También están conectados por la inervación de los músculos que unen los huesecillos, el estapedio por el nervio facial y en tensor del velo del paladar por el nervio trigémino (1).

1.1 Mandíbula:

Comenzamos hablando de la anatomía de la mandíbula, que es la estructura ósea que se encuentra en la parte superior del cuello. La forman el cuerpo de la mandíbula, que es la parte horizontal anterior, y de él salen verticalmente las ramas de la mandíbula, que son dos, una en cada extremo. La unión de ambas partes forma el ángulo de la mandíbula (2). Dentro del cuerpo podemos diferenciar dos partes, la base, que presenta la protuberancia mentoniana o sínfisis, la cual incluye el mentón y los incisivos inferiores (3), al lado de las cuales, se encuentran los tubérculos mentonianos, que son elevaciones óseas (4), y la porción alveolar, que es donde se localizan los dientes. La mandíbula presenta el agujero mentoniano, que lo podemos ver en su parte lateral en medio de la longitud entre el margen inferior de la base y el margen superior de la porción alveolar, seguido de este se encuentra la línea oblicua, la cual sirve de fijación para los músculos que descienden el labio situado en la parte inferior de la boca (2,5). De igual forma, en el extremo superior de las ramas mandibulares

tienen lugar la apófisis condilar y la apófisis coronoides. El cóndilo junto con el hueso temporal conforma la articulación temporomandibular (ATM) (6).

1.2 Temporal:

El hueso temporal forma la pared lateral del cráneo. La superficie plana que está en la parte anterior y superior del temporal recibe el nombre de porción escamosa. La apófisis cigomática es una parte del temporal que se presenta como una proyección ósea inferior que se encuentra bajo la porción escamosa, esta se enlaza con la apófisis temporal del cigomático dando lugar al arco cigomático. Inferior a la apófisis cigomática está el sector timpánico, en su parte superficial el orificio auditivo externo conecta con el conducto auditivo externo. La porción mastoidea situada en la zona de atrás del hueso temporal, la cual junto a la porción petrosa o peñasco forma la porción petromastoidea. La apófisis mastoides se encuentra en el borde inferior de la porción mastoidea y sirve como fijación de varios músculos, medial a esta vemos la apófisis estiloides. En la incisura mastoidea se inserta el vientre posterior del músculo digástrico. En la porción petrosa se halla una estructura de cuña de cúspide anteromedial. Está limitado con el ala mayor del esfenoides en la parte anterior y posteriormente con la porción basilar del hueso occipital. Su cúspide da lugar a uno de los márgenes del agujero rasgado, abertura ocupada por un cartílago. Este se halla con la brecha redonda del conducto carotídeo. En medio del ala mayor del esfenoides y la sección petrosa del temporal aparece una zanja para el grupo cartilaginosa de la trompa faringotimpánica (trompa auditiva). La fosa mandibular es una concavidad donde se articula el cóndilo de la mandíbula con la base del cráneo, de esta articulación destaca el tubérculo articular que trata de una extensión inferior del extremo delantero de la fosa (5).

1.3 Articulación temporomandibular:

Tenemos dos articulaciones temporomandibulares y gracias a ellas podemos abrir y cerrar la apertura bucal, además de poder realizar la función de masticar y mover hacia los lados la mandíbula. Es una articulación sinovial recubierta de fibrocartílago y se instaura en medio del cóndilo de la mandíbula y la fosa articular y el tubérculo articular del hueso temporal. Por medio de un disco articular fibroso se separa en (6):

- La zona de debajo de la articulación que permite principalmente los movimientos de depresión, de elevación mandibular y los de bisagra (6).
- La parte de arriba de la articulación que tolera que el cóndilo se mueva hacia adelante (propulsión) hacia el tubérculo articular y para atrás (retropulsión) en la fosa mandibular (6).

Los elementos involucrados en la propulsión y depresión son los que intervienen en la apertura bucal. La acción de propulsión posibilita una depresión superior de la mandíbula al no dejar realizar el movimiento posterior del ángulo de la mandíbula a las estructuras del cuello (6).

Las zonas no articulares de las cavidades de la articulación están tapizadas por la membrana sinovial de la cápsula articular y se introduce en los límites del disco articular. La membrana fibrosa de la cápsula articular envuelve el complejo de la ATM entero. El contorno del disco articular se halla adherido a la zona de dentro de la membrana fibrosa (6).

La ATM está asociada con tres ligamentos extracapsulares:

- El ligamento lateral, el más cercano a la articulación, a un lado de la cápsula y orientado diagonalmente en sentido posterior yendo desde el margen del tubérculo articular hasta el cuello de la mandíbula (5).
- El ligamento esfenomandibular medial a la articulación, se dirige desde el hueso esfenoides, concretamente desde la espina hasta la línula del espacio medial de la rama mandibular (5).
- El ligamento estilomandibular se extiende en medio de la apófisis estiloides del hueso temporal y el margen posterior y el ángulo de la mandíbula (5).

El trastorno de la articulación temporomandibular es un vocablo común para una variedad de problemas clínicos que alteran a los músculos que usamos para masticar, la ATM y los elementos relacionados. La enfermedad posee una etiología procedente de varios factores y se cree que las costumbres con función oral anormal son un cofactor importante. Entre estos hábitos, se piensa que el bruxismo es el responsable de la manifestación y/o conservación de los trastornos de la articulación temporomandibular (7), entendiéndose por bruxismo una acción rítmica de los músculos encargados de masticar, cuya característica

es apretar y rechinar los dientes (8). Esta condición puede causar síntomas dolorosos en el oído (7).

1.4 ¿Qué es el cartílago de Meckel?

El desarrollo o crecimiento de la mandíbula se debe, principalmente, a los cartílagos primarios y secundarios. En este caso, el cartílago de Meckel, se trata de un cartílago primario que cuenta con forma de barra y atraviesa el proceso mandibular del primer arco faríngeo, actuando como una plantilla para la osificación membranosa del cuerpo mandibular (9).

1.5 ¿Qué significa articulación gínglimoartrodial?

La articulación temporomandibular se trata de una articulación sinovial y compleja que biomecánicamente ejecuta los movimientos de bisagra, desplazamiento con deslizamiento y rotación, por lo tanto, se cataloga como articulación gínglimoartrodial (10).

1.6 Oído:

De igual forma, debemos conocer la naturaleza del oído; es el órgano que realiza la función de la percepción auditiva y de la estabilidad. Se distribuye en diferentes porciones, la fracción más superficial es el oído externo (OE), que a su vez se divide en un par de estructuras, la oreja o pabellón auricular (pinna) que se encuentra a un lado y a otro de la cara y cumple la función de percibir los sonidos. Las orejas no cuentan con un papel sustancial para el objeto de estudio de esta tesis, por lo que no se desarrollará la explicación de su naturaleza. El conducto auditivo externo (CAE) surge de la zona más honda de la concavidad central, o concha de la oreja. La elevación anterior del CAE se denomina trago. El antitrigo es otra elevación que se localiza superior al lóbulo y el antihélix otro reborde anterior al hélix, que es la única parte de la oreja que carece de cartílago. Y el CAE que es el conducto que sigue hacia dentro, empieza en la concha y va hasta la membrana timpánica, formado por cartílagos y huesos. El tercio exterior lo forman amplitudes cartilaginosas de los cartílagos auriculares, mientras que los dos tercios internos se relacionan con un canal óseo originado en el hueso temporal. Todo el conducto se encuentra cubierto por piel, también posee glándulas que son las encargadas de producir el cerumen (5,11).

La membrana timpánica es la encargada de separar el CAE del oído medio (OM). La forma un conjunto de tejido conjuntivo tapizado por piel en su parte externa, la interna está cubierta por una membrana mucosa. Esta membrana se mete en el sector del hueso temporal, concretamente en la porción timpánica, mediante un anillo fibrocartilaginoso durante el costado periférico. Podemos observar una concavidad en el centro de la membrana por la fijación en el espacio interno del límite inferior del mango del martillo, formando esta fijación el ombligo de la membrana del tímpano. En la fijación de las demás partes del mango del martillo, en el extremo más alto hay una pequeña elevación de la membrana que coincide con la apófisis lateral del martillo encima del espacio timpánico interno. De este abultamiento surgen los pliegues maleolares anterior y posterior. La membrana es gruesa y tirante (porción tensa) en toda la membrana salvo encima del espacio interno de la membrana superior a los pliegues que es delgada y escasamente tirante (porción flácida) (5,11).

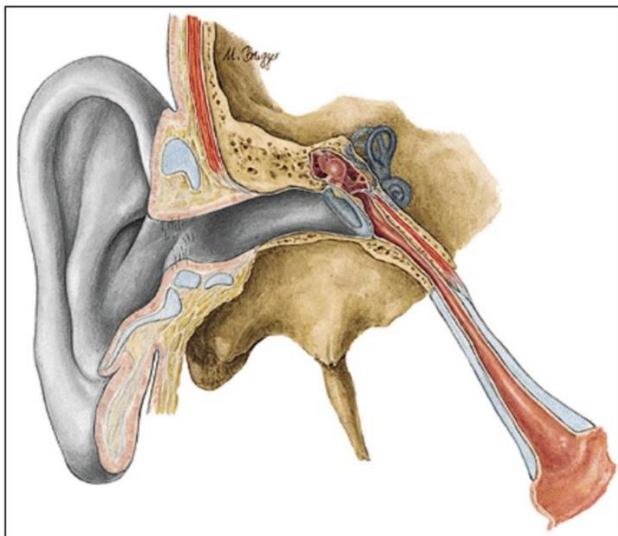


Figura 1. Estructura del oído compuesta por el oído externo, medio e interno (11).

Esta estructura recoge, a su vez, el oído medio que consiste en una cavidad del hueso temporal cubierta de una membrana mucosa y que está ocupada por aire. Su límite lateral es la membrana timpánica mientras que el medial es el oído interno (OI), a través de tres huesecillos movibles, los cuales están interconectados como se puede ver en la figura 2. Estos huesecillos son el

martillo, que se encuentra conectado con la membrana timpánica, el yunque unido al anteriormente mencionado a través de una articulación sinovial, y por último el estribo unido al yunque a través de una articulación sinovial y con la pared lateral del OM mediante la ventana oval (5,12). Se pueden apreciar su forma en la figura 2 (11).

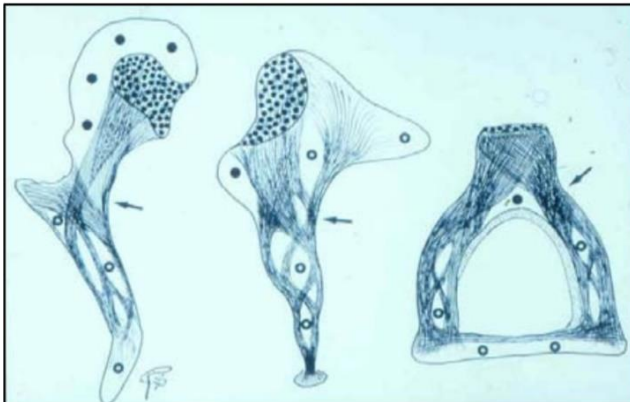
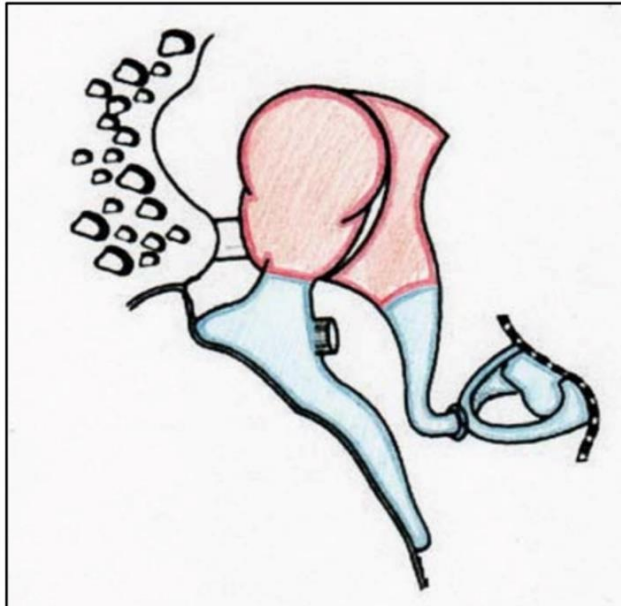


Figura 2. Huesecillos del oído. Martillo, yunque y estribo de forma independiente (11).

Los músculos agrupados a los huesecillos son:

- Músculo tensor del tímpano: localizado encima de la trompa faringotimpánica en un conducto óseo. Su origen está en el grupo cartilaginoso de esta trompa, el ala mayor del esfenoides y en el individual

canal óseo, se encamina posteriormente por medio de su canal insertándose en el manubrio del martillo por medio de un tendón redondeado. La inervación de este músculo se debe a un ramo del nervio mandibular V3. Al contraerse arrastra el mango del martillo en dirección medial, estirando la membrana timpánica y disminuyendo la energía de las vibraciones en contestación a sonidos fuertes (5,12).

- Músculo estapedio es diminuto con origen dentro de la eminencia piramidal. Su tendón sale del ápex de la eminencia piramidal y continua para introducirse en el espacio posterior del cuello del estribo. Su inervación es por el VII ramo del nervio facial. Se contrae como consecuencia de sonidos intensos, arrastra el estribo hacia atrás y evita la oscilación de exceso (5,12).

Por último, el oído interno con una colección de concavidades óseas (el laberinto óseo), del mismo modo que una serie de canales membranosos y sacos (el laberinto membranoso) localizados dentro, podemos ver en la figura 3 el esquema. Localizado en la superficie petrosa del hueso temporal, en medio del OM (lateralmente) y el conducto auditivo interno (CAI) (medialmente). El laberinto óseo lo forma el vestíbulo, los tres canales semicirculares y la cóclea, todas estas partes se encuentran cubiertas por el periostio y comprenden un líquido transparente, la perilinfa. Dentro de la perilinfa encontramos el laberinto membranoso, y está constituido por los canales semicirculares, el canal coclear, y dos sacos (el utrículo y el sáculo), ocupadas por endolinfa, fluido que contiene albúmina el cual cubre el laberinto membranoso del OI (). Los componentes del oído interno son los encargados de transportar la información de la audición y del equilibrio al cerebro. El laberinto óseo tiene el vestíbulo que es el encargado de la audición, y de él sale un canal estrecho, el acueducto vestibular, el cual cruza el hueso temporal y se abre en el espacio posterior de la zona petrosa del hueso temporal. Los canales semicirculares anterior, posterior y lateral siguen un trayecto de dos terceras partes de la circunferencia unida por los dos extremos al vestíbulo, estando uno de ellos agrandado para crear la ampolla. La cóclea es la encargada de la audición y tiene estructura de espiral ósea con $2\frac{1}{2}$ o $2\frac{3}{4}$ vueltas alrededor de una columna ósea central, el modiolo. Próximo a la ventana redonda hay un conducto de tamaño pequeño, el canalículo coclear, el cual cruza

el hueso temporal y crea una apertura en el espacio inferior, en la fosa craneal posterior (5,13).

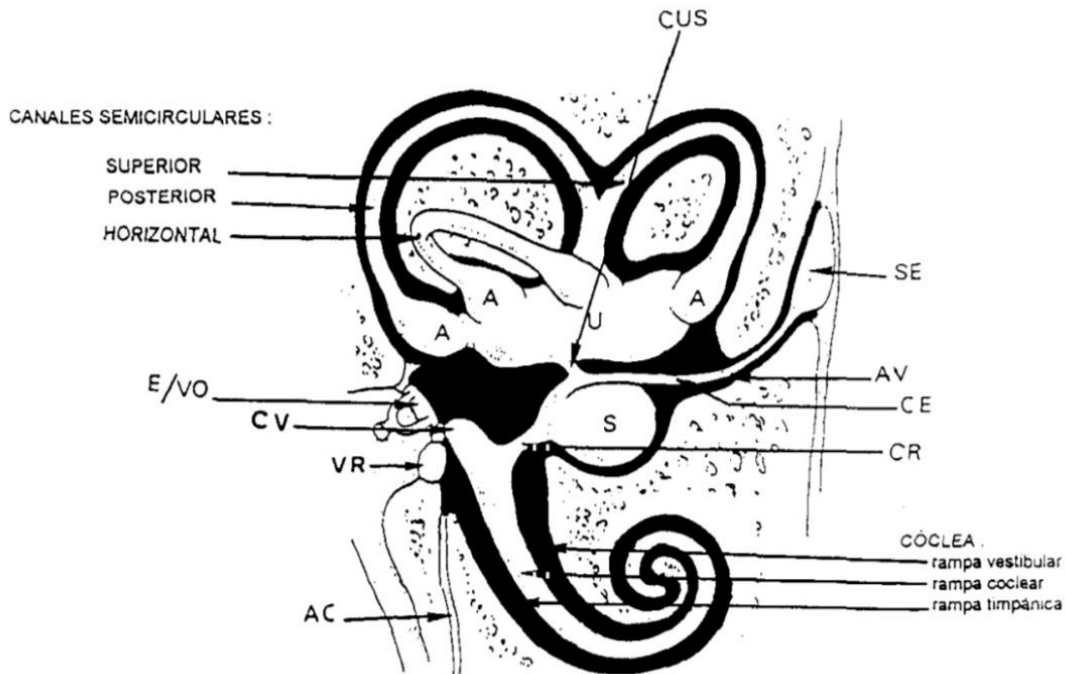


Figura 3. Esquema del laberinto óseo y laberinto membranoso del OI. (E/VO) estribo apoyado en la ventana oval, (CV) ciego vestibular, (VR) ventana redonda, (A) ampolla, (U) utrículo, (S) sáculo, (CUS) conducto utrículo-sacular, (SE) saco endolinfático, (AV) acueducto del vestíbulo, (CE) conducto endolinfático, (CR) canalis reuniens de Hensen (13).

1.7 ¿Cómo se transmite el sonido?

Las ondas que entran al CAE llegan a la membrana timpánica y la mueven hacia el interior. El movimiento de la membrana junto con el de otros órganos produce que la onda acústica de baja intensidad y gran amplitud, la cual hace temblar la membrana, la convierta en una oscilación de baja extensión y alta energía en la ventana oval, que como último fin causa una ondulación en el líquido que ocupa la rampa vestibular de la cóclea. Esta onda procede de la perilinfa de la rampa vestibular y es trasladada por la cóclea provocando un bulto hacia el exterior de

la membrana timpánica secundaria cubriendo la ventana redonda en el borde inferior de la rampa timpánica. Como consecuencia se obtiene la vibración de la membrana basilar, que es una porción del conducto auditivo que se encarga de examinar las frecuencias, al mismo tiempo que estimula a las células receptoras del órgano espiral. Estas células mandan impulsos que regresan al encéfalo mediante la parte coclear del nervio vestibulococlear y ahí son comprendidas como sonido. Cuando el sonido es excesivamente fuerte que provoca una actividad enorme de la membrana, el músculo tensor del tímpano y el músculo estapedio son contraídos para disminuir las vibraciones en los huesecillos y reducir la intensidad en las vibraciones que llegan a la ventana oval (5).

1.8 Divulgación del sonido por el hueso:

La agitación o exaltación de la cóclea mientras se produce la excitación auditiva por transporte óseo involucra la emisión de las ondas por los huesos del cráneo hasta llegar al hueso temporal petroso. A través de los dientes se adquiere excitación de la cóclea (14).

1.9 Audífonos osteointegrados:

Los audífonos anclados al hueso fueron nombrados anteriormente implantes osteointegrados de titanio y eran utilizados en el hueso temporal. Consiste en una clase de implantes cuyo funcionamiento lleva al transporte de las vibraciones sonoras al hueso temporal. Desde el año 1977 se han llevado a cabo muchos estudios que han podido argumentar de forma específica las tasas de supervivencia de estos implantes a largo plazo varían entre el 81,5% y el 98,4% (15). Con el paso del tiempo los implantes han ido transformando su diseño obteniendo diámetros más amplios, ayudándose de las ventajas aportadas por los implantes dentales conocidas en odontología. Visto desde la biomecánica usar implantes dentales con mayor anchura ayuda a una distribución más adecuada de las fuerzas y un incremento del agarre al hueso. Pero la utilización de estos implantes en odontología está limitada a la anchura del hueso cortical y a la estética (15,16).

1.10 Evolución:

En los mamíferos el progreso de la mandíbula seguido del OM es uno de los eventos que han cogido más importancia en la vida de los vertebrados, por el motivo de que facilitó el suministro de los bienes imprescindibles para la

existencia del individuo adaptando el organismo a las condiciones ambientales. Al estar ambas estructuras estrechamente relacionadas se desarrolló el sistema auditivo al mismo tiempo que la mandíbula (1). Uno de los rasgos más característicos de los mamíferos es que el OM presenta 3 huesecillos (martillo, yunque y estribo), citados anteriormente, mientras que las aves y reptiles presentan solo un huesecillo, la columela o el semejante al estribo en los mamíferos (17).

1.11 Trastorno temporomandibular y alteraciones del oído:

Los trastornos que involucran a la articulación temporomandibular, los músculos involucrados en la masticación y las estructuras asociadas. Podemos destacar los síntomas más comunes de la ATM como son la acción de bloquear la mandíbula con restricción de abrir la boca y los ruidos articulares, también dolor tanto facial, de cabeza, como mandibular. Aparte de referirse como síntomas fundamentales además los incluye como un síndrome. Además, se ha verificado la validez de conexión entre los problemas otológicos y los trastornos temporomandibulares. Entre los que cabe destacar otalgia, tinnitus, vértigos, mareos, hiperacusia, disminución de la presión auditiva, sensación de plenitud auricular (18,19).

Con tinnitus nos referimos a la captación de un silbido, sonido o zumbido con la ausencia externa de estos. Se puede dar de forma tanto unilateral como bilateral, igual que de forma continua o discontinua. Es a causa de una estimulación de la corteza auditiva que se provoca que el paciente se encuentre intranquilo e indispuerto. Se puede asociar el tinnitus a los síntomas de una alteración otológica, como puede ser una infección del OE, otitis media u otosclerosis y síndrome de Meniere. Al igual que está relacionado con trastornos neurológicos como el neuroma acústico o en relación con alteraciones de la ATM (20).

1.12 Desarrollo en el tiempo de la mandíbula y el oído:

En los mamíferos la ATM está formada por los huesos escamosos y dentario, a diferencia de los vertebrados no mamíferos cuya ATM está desarrollada por los huesos cuadrangulares y articulares. El hueso dentario fue creciendo de dimensión y la mandíbula, que en los mamíferos actuales es un solo hueso, en los cynodontes pre-mamíferos constaba de siete huesos. Simultáneamente a esta variación algunos componentes de la ATM se han agregado a una cadena

de huesos formando el OM con una configuración que puede reconocer sonidos más sensibles (21).

En los mamíferos el oído medio, el que contiene los huesecillos, que comunica el externo con el interno se halla en un hueco lleno de aire. El manubrio del martillo traslada la vibración obtenida de la membrana timpánica al yunque y al estribo. Este al mismo tiempo guía las vibraciones al OI por la membrana oval. El anillo timpánico, que es un hueso membranoso, está creado por la unión entre el martillo y el cartílago de Meckel (1).

El cartílago de Meckel se desarrolla por un equipo de células neuroectodérmicas de acelerada multiplicación y de células progenitoras procedentes del mesodermo y participa en el desarrollo de la mandíbula. Se manifiesta con un par de barras de cartílago hialino, las cuales cruzan la zona lateral de la mandíbula. Su progreso comienza con la adición de las células mesenquimales procedentes de la cresta neural craneal en la zona molar. Este cartílago también juega una función importante en el desarrollo de los huesecillos del oído, la ATM y el paladar blando (22). En la mandíbula se amplifica por un lado hasta la parte antero central (inframandibular) y por otro hasta la zona posterior, asociada con la formación del cóndilo mandibular y la oreja (22).

Durante la gestación, entre la semana 16 y 30 (mes cuarto-séptimo) la porción caudal del cartílago de Meckel se amplía hasta llegar a la oreja, formando el martillo y el yunque mediante la formación de tejido óseo endocondral. La primera osificación mandibular la podemos apreciar entre la sexta y la séptima semana (22).

En embriones en el cuarto mes (19mm) podemos observar cómo se esparce el hueso desde el centro de formación de tejido óseo en la porción de delante del cartílago de Meckel. Entre el cuarto y quinto mes (22mm) apreciamos el desarrollo de una gran porción de hueso en concreto en la lateral del cartílago. Podemos fijarnos desde el día 51 (un mes y tres semanas) en que la porción anterior a todo el cartílago está envuelta por la mandíbula (22).

1.13 Justificación:

Este trabajo incluye un análisis exhaustivo de las diferentes estructuras anatómicas que establecen una relación entre la naturaleza de la mandíbula y la

transmisión del sonido en los mamíferos. Para ello se ha desarrollado un estudio evolutivo de las distintas partes que facilitan este proceso. Además, este documento recoge la explicación del uso que se lleva a cabo de alternativas o ayudas externas para el éxito de esta causa, como son los aparatos de SoundBite. Por último, este ensayo expone los distintos trastornos mandibulares que pueden ser diagnosticados como consecuencia de alteraciones en el oído y su inversa.

2. OBJETIVOS:

1. Establecer las relaciones evolutivas entre las estructuras óseas de la mandíbula y los elementos óseos del oído.
2. Conocer o relacionar la articulación temporomandibular, la clínica de la masticación, con los problemas auditivos, la clínica del oído.
3. Investigar la audición de las ondas sonoras con el hueso de la mandíbula.
4. Cómo se han desarrollado técnicas basadas en esa relación.

3. MATERIAL Y MÉTODOS:

Para la preparación del presente trabajo se ha efectuado una revisión bibliográfica sistematizada a través de una investigación electrónica en las bases de datos: PubMed, Medline, Scopus, Biblioteca Crai UEM (CRAI DULCE CHACÓN) y contamos también con la ayuda de libros y atlas de anatomía.

Se usaron las siguientes palabras clave en inglés: "anatomy", "mandible", "ear", "head and neck", "temporomandibular joint", "bruxism", "human", "Meckel's cartilage"; y en español: "anatomía", "mandíbula", "oído", "cabeza y cuello", "articulación temporomandibular", "bruxismo", "humano", "cartílago de Meckel".

Para la búsqueda se emplearon varias de las palabras claves con los operadores booleanos correspondientes:

- "anatomy" AND "head and neck".
- "temporomandibular joint" AND "bruxim".
- "mandible" AND "ear".

A la hora de seleccionar los artículos escogidos, se determinaron los criterios de inclusión y exclusión que se muestran en la siguiente tabla (Tabla 1).

Tabla 1. Criterios de selección.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Artículos completos	Artículos incompletos o con difícil acceso
Artículos actualizados	Artículos con fecha inferior a 1998
Artículos referidos a los mamíferos o su evolución	Artículos que tratan de otras especies a los mamíferos
Textos en inglés, español o posible traducción	Textos que no tengan traducción
Artículos o libros científicos	Artículos de divulgación general

4. RESULTADOS:

Utilizando las palabras claves en las diferentes bases de datos, con los booleanos citados en materiales y métodos, obtenemos un total de 7.783 artículos. Mediante criterios de exclusión e inclusión descartamos 6.025 registros. Leyendo un total de 1.848 títulos y resúmenes, eliminamos 1.752, obteniendo 96 artículos, acabando con un total de 32 estudios incluidos.

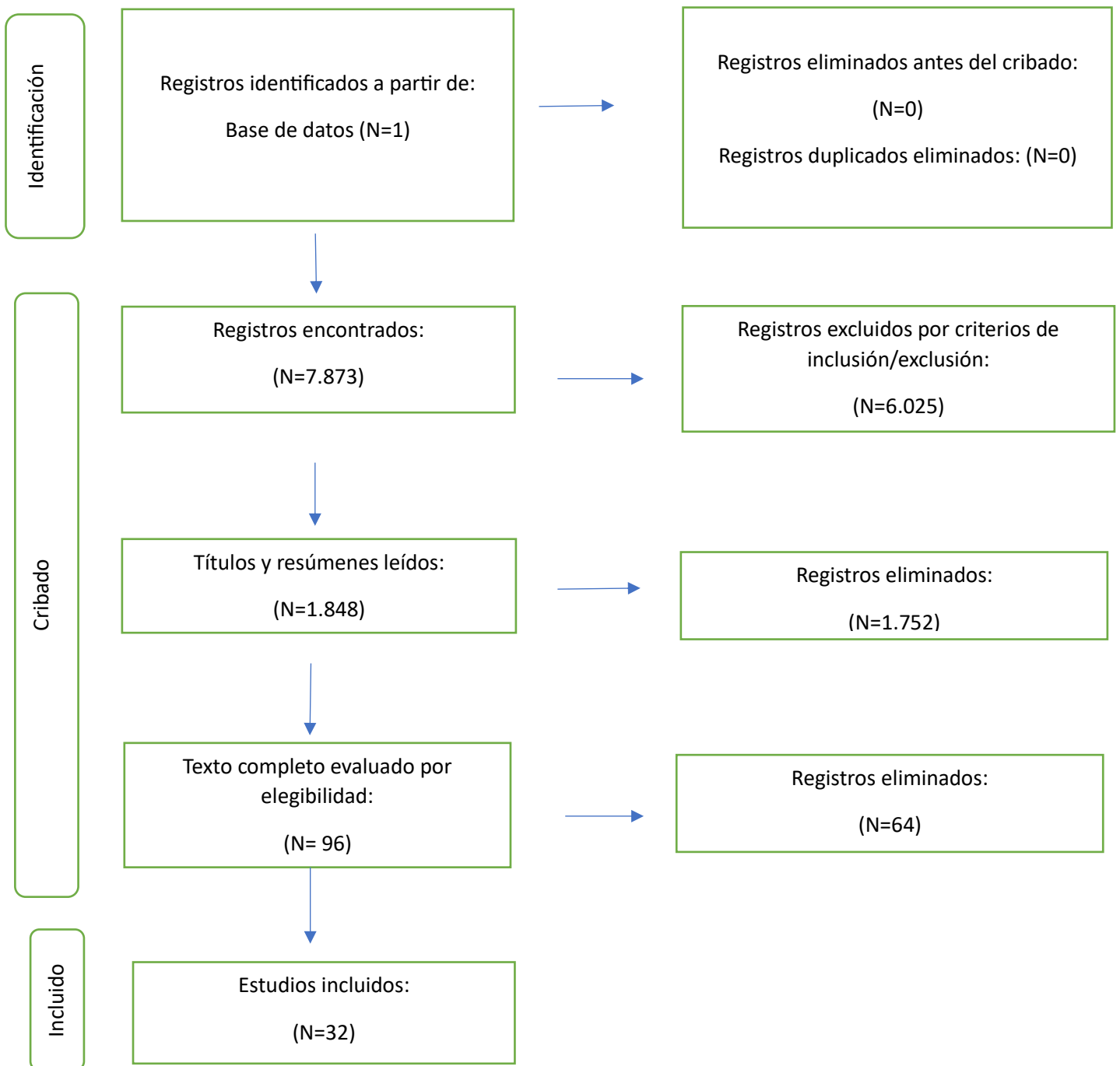


Figura 4. Diagrama de flujo (23).

La información relevante de los artículos usados en la discusión se refleja en la siguiente tabla (Tabla 2).

Tabla 2. Información de los artículos

REFERENCIA	PALABRAS CLAVE	TÍTULO	OBJETO
Maier W (2016)	Evolución, mamíferos, ATM, mandíbula, oído	Evolution of the mammalian middle ear: A historical review (1)	Desarrollo de la evolución de los mamíferos
Lipski M (2013)	Anatomía, desarrollo, mandíbula	Mandible-clinically revisited (4)	Desarrollo de la evolución
Gurgel RK (2013)	SoundBite, audífono, osteointegrado	The SoundBite hearing system: Patient-assessed safety and Benefit study (16)	Descripción audífonos osteointegrados
Stocum DL (2018)	Evolución, mamíferos, ATM, mandíbula, oído	Part I: Development and Physiology of the Temporomandibular Joint (17)	Desarrollo de la evolución de los mamíferos
Saldanha ADD (2012)	Trastorno temporomandibular, alteraciones oído, tinnitus	Are temporomandibular disorders and tinnitus associated? (18)	Trastornos que involucran a la ATM
Badel T (2011)	Trastorno temporomandibular, alteraciones oído, tinnitus	Temporomandibular joint development and functional disorders related to clinicalotologic symptomatology (19)	Trastornos que involucran a la ATM

Lipski M (2013)	Mandíbula, anatomía humana, evolución	The mandible and its foramen: Anatomy, anthropology, embryology and resulting clinical implications (24)	Desarrollo de las etapas en el embrión
Kusdra PM (2018)	Odontología, dolor facial, tinnitus, trastorno temporomandibular	Relationship between otological symptoms and TMD (25)	Trastornos que involucran a la ATM y consecuencias del tinnitus
Hilgenberg PB (2012)	Trastorno temporomandibular, alteraciones oído, tinnitus	Temporomandibular disorders, otologic symptoms and depression levels in tinnitus patients (26)	Trastornos que involucran a la ATM
Kijak E (2020)	Trastorno temporomandibular, alteraciones oído, tinnitus	Association between Anatomical Features of Petrotympenic Fissure and Tinnitus in Patients with Temporomandibular Joint (27)	Trastornos que involucran a la ATM
Gomaa MAM (2014)	Trastorno temporomandibular, alteraciones oído, tinnitus	Depression, Anxiety and Scale in patients with tinnitus and hearing loss (28)	Consecuencias del tinnitus

Miller RJ (2010)	SoundBite		It's time we listened to our teeth: The SoundBite hearing system (29)	Propagación ósea del sonido, sistema SoundBite
Ozer E (2002)	Conducción ósea, dientes, tejidos blandos	ósea, ATM,	Bone conduction hearing on the teeth of the lower jaw (30)	Propagación ósea del sonido
Chang Y (2018)	Conducción del sonido	ósea	Simulation of the power transmission of bone-conducted sound in a finite-element model of the human head (31)	Explicación conducción del sonido
Marco Algarra J (2008)	Fisiología de la audición, estimulación acústica vía ósea	de la	Fisiología de la estimulación sonora por vía ósea y la importancia de la transmisión de las frecuencias agudas por vía ósea (32)	Estudios de mecanismos sobre la conducción ósea del sonido
Stenfelt S (2005)	Conducción audífonos, oclusión	ósea,	Bone-conducted sound: Physiological and clinical aspects (33)	Estudios de mecanismos sobre la conducción ósea del sonido

5. DISCUSIÓN:

5.1 La mandíbula actual:

El mentón, ubicado en la parte frontal de la mandíbula, es una de las partes que más ha cambiado con el paso del tiempo. En la prehistoria una de las peculiaridades principales era la ausencia de barbilla. Esta peculiaridad ha ido evolucionando con el transcurso del tiempo, hasta conseguir que el mentón en la actualidad sea una facción característica de los seres humanos. Esto ha sido posible por una potencia distinta en el aumento del cuerpo de la mandíbula y de la parte alveolar. Se acompaña de una modificación total del cráneo, por ejemplo, el agrandamiento de la caja cerebral, adaptación en la amplitud de la cara, así como en el paladar y la mandíbula. La configuración vigente de la mandíbula ha traído consigo la capacidad de habilidades como la comunicación, la cual conlleva a un aumento del grosor de la lengua y al aumento mandibular (4).

5.2 Desarrollo en el tiempo de la mandíbula y el oído:

El articular y el cuadrado en los vertebrados no mamíferos lo compone la parte proximal del cartílago de Meckel. Consiste en huesos endocondrales entre los que se desarrolla la ATM. El cuadrado y la parte articular se originan del 1º arco faríngeo a diferencia del suceso retro-articular y el cuerpo de la columnela que proceden del 2º arco faríngeo. El cuadrado y el articular derivan de una concentración de cartílago, la cual divide con el fin de crear estos dos componentes esqueléticos divididos por la articulación. Al igual que con el martillo y el yunque se presenta la construcción de los dos huesos desde una sola concentración de cartílago. Mientras que el estribo se construye desde una condensación dividida que aumenta hacia el yunque. El martillo y el yunque se configuran en la localización de la zona de atrás del cartílago de Meckel, como el articular y el cuadrado. Asimismo, tanto el articular como el martillo, a lo largo de la mayor parte del transcurso de progreso embrionario se mantiene pegado al cartílago de Meckel, formando una unión directa entre el oído medio y la mandíbula (1).

Analizando los rasgos, la constitución y la estructura de los tejidos orgánicos podemos apreciar el vínculo entre el yunque y el ala temporalis por medio del tejido conectivo. El contacto entre el oído y la mandíbula de los ratones

solamente se quiebra tras el cambio del cartílago de Meckel y del martillo en el ligamento esfenomandibular (1).

Una fase importante fue la rotura del cartílago de Meckel en los mamíferos hacia el desarrollo del oído actual, ya que deja la división funcional entre el mecanismo de masticación y el de la audición. En las personas este hecho tiene lugar en el 8º mes de gestación. A lo largo del desarrollo, la distensión de esta configuración cartilaginosa desde el 1º molar hasta el martillo soporta un cambio y logra hacer una composición fibrosa ligamentosa que se transforma en los ligamentos esfenomandibular y maleolar anterior (1).

El esfeno-mandibular interviene en la formación de la ATM restringiendo el estiramiento de la mandíbula y evitando la dislocadura, el maleolar anterior se liga al martillo y la pared anterior de la cavidad timpánica y se encarga de estabilizar la mandíbula (1).

En los humanos el primer hueso en osificarse es la clavícula, siendo la mandíbula el segundo (24). Durante el segundo mes intrauterino (6º-7º semana) se forma en ambas mitades de la mandíbula un centro de formación de tejido óseo, siendo la clave para el desarrollo del cuerpo y de la rama mandibular. En la fase neonatal la mandíbula está integrada por dos elementos, permanecen juntos por la sínfisis mandibular que en el primer año de vida se osifica. En el cartílago de Meckel, en su superficie lateral se crea como tejido conectivo osificado la gran mayoría de la mandíbula (24).

En este tejido se va creando el cartílago que poco a poco inicia su osificación. El cartílago se va formando en el ángulo de la mandíbula, en el desarrollo corónide y condíleo, en el arco dentario y en los límites anteriores de las dos mitades de la mandíbula. Tras el nacimiento se han osificado dos huesos de tamaño pequeño que antes de nacer estaban a la altura del mentón, al fusionarse se ha formado la prominencia mental. El límite posterior del cartílago de Meckel se conecta la oreja, creando en la osificación los huesecillos del martillo y el yunque (24).

5.3 Evolución:

A lo largo de los últimos 200 años se ha estado estudiando la configuración en la que estos huesecillos se han integrado y su modo de empleo en el oído medio,

esto manifiesta un típico ejemplo de cómo las estructuras se modifican a lo largo del tiempo para tener una nueva función (1).

En el año 1837 Reichert et al. presentó que el cuadrangular de la articulación de los mamíferos era semejante al par de huesos complementarios del OM en los mamíferos. Más adelante, en el año 1912 Gaupp et al. añadió datos a esta información, hablando del progreso de una articulación primaria ubicada en la mandíbula comprendida entre los huesecillos del martillo y el yunque, y otra secundaria, exclusiva para los mamíferos, entre el hueso escamoso y el dentario. Esta explicación de la variación que ocurre en la mandíbula está respaldada por la certeza de la grabación fósil, así como por análisis de desarrollo molecular y celular (17).

5.4 Trastorno temporomandibular y alteraciones del oído:

La relación entre el oído medio y la mandíbula son muchas y se encuentran cubiertas por el nervio trigémino (V par craneal). Trabajar mucho el músculo masetero puede provocar vibración e imitación en el músculo tensor del tímpano. Provocando una insuficiencia del tubo auditivo en caso de espasmo. Una escasa aireación del OM prepararía al paciente a sufrir tinnitus, plenitud de oídos y dolor de cabeza (18). La unión entre trastornos temporomandibular y síntomas otológicos se ha procurado explicar mediante múltiples teorías. Esta relación fue publicada en el año 1934 a través del primer estudio realizado por un otorrinolaringólogo, J.B. Costen, demostrando la conexión y los síntomas otológicos. Costen incluyó el vocablo "Disfunción temporomandibular". Para explicar este síndrome los científicos se han apoyado en una explicación del dolor en el área de la ATM, dolores de cabeza y alteraciones en la zona de la cavidad bucal. Costen insinuó que aquellos pacientes con disminución del sostén dental distal están sujetos a un desplazamiento condilar dorsocraneal del tímpano, con compresión de la trompa de Eustaquio, del nervio auriculotemporal y de la chorda timpánica (18,19,25,26,27).

Diferentes autores han hablado del tinnitus relacionándolo con depresión, irritabilidad, ansiedad, desorden del sueño, así como relacionándolo como responsable de cambios de conducta y del desgaste de la forma de vida debido a que es un síntoma muy incapacitante (18,28).

5.5 Divulgación del sonido por el hueso:

Los dientes mandibulares precisan una atención particular porque el contacto exclusivo entre la mandíbula y el cráneo es a través de la ATM sujeta por ligamentos y envuelta por una cápsula cubierta de líquido sinovial. Si situamos un dedo en la oreja mientras efectuamos la acción de abrir y cerrar la boca podemos notar como se mueve el cóndilo y la alteración de tamaño del canal auditivo externo (29). Por lo tanto, los tejidos blandos junto con el líquido sinovial son los responsables de la conexión de los dientes y la mandíbula con el cráneo y el hueso temporal petroso. Mientras al cotejar con la estimulación transcutánea, la transmisión de vibraciones de sonido que atraviesan los huesos facilita umbrales adicionales mejores y un incrementado rendimiento auditivo (30).

5.6 Audífono osteointegrado:

La conducción ósea del sonido provoca una percepción auditiva cuando las vibraciones excitan al oído interno mediante distintos mecanismos de propagación a través del aire, por el canal auditivo y el OM. Se ha ejecutado un modelo de simulación que mide la fuerza de propagación por el hueso. Consiste en el modelo de una cabeza humana de forma tridimensional, esta se ha realizado con el programa Visible Human Project basándose anatómicamente en la cabeza de una mujer. Se utiliza un tornillo que imita un audífono osteointegrado provocando la excitación en la mastoides. Estos resultados fueron comparados con investigaciones efectuadas en cabezas de cadáveres o en seres humanos vivos (31). En la actualidad, han sacado alternativas a los implantes osteointegrados, esto consiste en un dispositivo llamado SoundBite, el cual conduce el sonido por los dientes y el hueso sin tener que estar dentro del hueso (16,29).

Lo que hace característico al sistema SoundBite es que provoca que el sonido se mueva en dirección al oído por conducción ósea usando un dispositivo intraoral. Consiste en un método auditivo basado en transportar el sonido por el hueso y los dientes. Su estructura la forma un micrófono retro auricular (BTE) que aloja receptor, emisor inalámbrico con micrófono y un dispositivo movable intraoral (ITM). La posición del micrófono es en el canal auditivo, detiene el sonido, siendo luego procesado por el BTE. Este realiza unas vibraciones que llegan a las cócleas a través de los dientes y huesos (16,29). El ITM no se

encuentra en la cara oclusal de los dientes, no se produce una amplificación del sonido de la masticación ya que en la boca no se encuentra el micrófono. El uso del aparato no interrumpe las funciones de beber y comer alimentos (16). Mediante un tratamiento no quirúrgico este sistema recupera la audición de pacientes con sordera parcial y proporciona un sonido claro. El SoundBite es similar a un retenedor o a una prótesis parcial removible por lo que necesita la colaboración del odontólogo para la elaboración del mismo. Es un aparato que se coloca en la arcada maxilar, en cualquiera de los dos lados, bastante cómodo para los dientes ya que tiene un tamaño pequeño y no interfiere en el habla. Antes de implantarlo, es primordial que examinemos al paciente (exploración, radiografías, sondaje). Debe presentar un buen resultado, estando sano tanto dientes como periodonto, no puede tener caries activas, bolsas periodontales, infecciones, en especial en los dientes portadores del aparato. En dientes con endodoncia, coronas, implantes o empastes se ha observado su triunfo; sin embargo, en dientes desgastados, coronas mal ajustadas, alteraciones anatómicas o una mala posición de los dientes en la arcada se ve involucrada en la sujeción del aparato. En algunos casos sería preciso el uso de un tratamiento ortodóncico anterior a la implantación del SoundBite y así tener una mayor eficacia de este. El SounBite se encuentra en contacto con dientes, encía y mejilla. Se ajusta entre los dientes posteriores el fragmento que produce el sonido (en la zona vestibular), los elementos electrónicos se encuentran en la zona palatina, ambas zonas están unidas por un cable, el cual cruza la zona posterior de los dientes más alejados (29).

Para elaborarlo se toma una impresión en alginato, tanto superior como inferior, se positiviza y se consiguen los modelos de escayola. Se le da la información al paciente, entre ellas efectos secundarios como inflamación de encías o sensación de dolor. Llevar una buena higiene del dispositivo (lavarlo con jabón de manos). Una vez que tengamos el aparato en el modelo, le decimos al paciente que lo retire y coloque del modelo, después que haga lo mismo en boca. Es fundamental comprobar la oclusión del paciente, observando que en ningún momento influya o la modifique (29).

5.7 Estudios de Tonndorf:

Tonndorf realizó unos estudios en 1966 donde se llevaron a cabo unos mecanismos implicados en la conducción del sonido por el hueso (32). Para llevar a cabo esto describió de tres puntos (32):

Lo primero que describió fue la propagación del sonido por los huesos del cráneo y de estructuras contiguas (mandíbula y partes blandas) hasta el CAE. Seguido de la relación entre los huesecillos del oído medio con la cápsula ótica y el hueso temporal. Acabó con la descripción de las vibraciones de las estructuras del cráneo haciendo que se produzca una compactación y dilatación de la cápsula ótica. Provocando el cambio de posición de los fluidos laberínticos y de la membrana basilar llevando a la excitación de las células ciliadas (32).

En el año 1960 Von Békésy explicó por primera vez la probabilidad de que la mandíbula logre transferir al canal auditivo externo vibraciones creando presión sonora sobre ella. Von Békésy confirmó que la mitad de la energía sonora recibida se transporta por conducción aérea por el oído externo y medio, mientras que la otra mitad de la energía recibida se manda por conducción ósea a la cóclea. Varios científicos han examinado el valor que obtiene el ligamento ubicado entre el martillo y la ATM para la transmisión de las vibraciones sonoras (33). Diferentes estudios han concentrado su interés en comprender como los dientes mandibulares provocan un óptimo transporte del sonido teniendo unos umbrales mayores en comparación con los situados en el maxilar superior, teniendo en cuenta que el maxilar se encuentra conectado con el cráneo a través de un hueso y la mandíbula, al contrario que este, se conecta mediante la articulación temporomandibular (por fluido sinovial), ligamentos y otros tejidos blandos. Ensayando con animales se ha podido observar diferentes medios de transferencia de la constancia acústica que va desde los dientes mandibulares llegando hasta el OM. Se creó que seguramente la vibración que producen los dientes causa una vibración en el cuerpo de la mandíbula y esta al mismo tiempo produce una en los tejidos blandos de alrededor, siendo este último bastante dudoso de que pueda llegar a producir una vibración del hueso del cráneo. Permite la posibilidad de suponer de que los tejidos blandos imiten la función acústica del agua, donde las vibraciones del sonido se transfieran por conductos de líquidos, los cuales envuelven los vasos sanguíneos y los nervios, que se

sitúan alrededor de la mandíbula atravesando los agujeros del cráneo donde crean ondas de presión hidroacústica en el cerebro y líquido cefalorraquídeo. Estos al mismo tiempo tienen comunicación directa con el oído interno por los canales de líquido (30).

Estas formas de difundir el sonido gracias a los dientes se ven envueltas en la audición debajo del agua, un buen ejemplo de esta vía de propagación es en los delfines, ya que tienen una alta delicadeza auditiva localizada en su mandíbula, teniendo un tejido particular que hace posible la comunicación desde allí hasta el oído (30).

Se ha enlazado la posibilidad que tienen las personas de oír usando la conducción ósea de los dientes gracias a ejemplos con animales como los ratones ciegos que colocan sus mandíbulas en el suelo y así escuchan las vibraciones del suelo que provocan los movimientos sísmicos (30).

6. CONCLUSIONES:

1. Se ha comprobado que las estructuras anatómicas de la mandíbula y el oído han evolucionado juntas, desarrollándose la mandíbula a la vez que el sistema de audición, así como los tres huesecillos del oído medio.
2. Se confirma también la relación de ambas regiones anatómicas por la presencia de síntomas en común en el caso de trastornos temporomandibulares y problemas otológicos. Una buena dentadura podría mejorar la audición.
3. Se ha llegado a la conclusión de que el sonido se conduce por los huesos (mandíbula y dientes). Se ha llevado a cabo un tratamiento de implantes osteointegrados para la conducción del sonido, obteniendo resultados positivos.
4. A partir de los implantes osteointegrados se desarrolló otro sistema menos invasivo, ya que, consiste en un aparato removible donde no hace falta cirugía, cuya función es la de conducir el sonido. Su nombre es SoundBite.

7. BIBLIOGRAFÍA:

1. Maier W, Ruf I. Evolution of the mammalian middle ear: A historical review. *J Anat.*2016;228(2):270-83.
2. Rodríguez Perales MA. Otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello. 1. Ed. Mexico: Nueva York: McGraw Hill; 2009.
3. Gómez Mascarell Y. Anatomía de la sínfisis mandibular según la clase esquelética y el patrón facial. 2015.
4. Lipski M, Pelka P, Majewski S, Lipska W, Gladysz T, Tomaszewska I. Mandible – clinically revisited. *Folia Med Cracov.* 2013;53(4):29-35.
5. Drake Richard L, Mitchell Adam MW, Volg Wayne. Gray.Anatomía para estudiantes. 3.Ed. 2015.
6. Maini K, Dua A. Temporomandibular Syndrome. StatPearls Publishing;2023.
7. Magalhaes BG, Freitas JL de M, Barbosa AC da S, Gueiros MCSN, Gomes SGF, Rosenblatt A, et al. Temporomandibular disorder: otologic implications and its relationship to sleep bruxism. *Braz J Otorhinolaryngol.*2018.
8. Firmani M, Reyes M, Becerra N, Flores G, Weitzman M, Espinosa P. Bruxismo de sueño en niños y adolescentes. *Rev Chil Pediatr.* 2015.
9. Pitirri MK, Durham EL, Romano NA, Santos JI, Coupe AP, Zheng H, et al. Meckel’s cartilage in mandibular development and dysmorphogenesis. *Front Genet.*2022.
10. Manzano GP, de Uralde Villanueva IL. Anatomía y Biomecánica de la Articulación Temporomandibular. *Ucm.es.*
11. Gascón Rubio MC, Díaz de Cerio Canduela P, Lacosta Nicolás JL. Embriología del oído. Capítulo 5.
12. Tucker AS. Major evolutionary transitions and innovations: the tympanic middle ear. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*2017.
13. Vicente Torres MV, Gil Loyzaga P. Estudio de sistemas monoaminérgicos en el oído interno. Universidad Complutense de Madrid.1998.
14. Stenfelt S. Acoustic and physiologic aspects of bone conduction hearing. *Adv Otorhinolaryngol.*2011.
15. Nelissen RC, den Besten CA, Mylanus EAM, Hol MKS. Stability, survival, and tolerability of a 4.5-mm-wide bone-anchored hearing implant: 6-month

- data from a randomized controlled clinical trial. *Eur Arch Otorhinolaryngol.*2016;273(1):105-11.
16. Gurgel RK, Shelton C. The SoundBite hearing system: Patient-assessed safety and Benefit study. *Laryngoscope.*2013;123(11):2807-12.
 17. Stocum DL, Roberts WE. Part I: Development and Physiology of the Temporomandibular Joint. *Curr Osteoporos Rep.*2018;16(4):360-8.
 18. Saldanha ADD, Hilgenberg PB, Pinto LMS, Conti PCR. Are temporomandibular disorders and tinnitus associated? *Cranio-J Craniomandb Pract.*2012;30(3):166-71.
 19. Badel T, Savic-Pavicin I, Zadavec D, Marotti M, Krolo I, Grbesa D. Temporomandibular joint development and functional disorders related to clinical otologic symptomatology. *Acta Clin Croat.* 2011;50(1):51-60.
 20. Attanasio G, Leonardi A, Arangio P, Minni A, Covelli E, Pucci R, et al. Tinnitus in patients with temporo-mandibular joint disorder: Proposal for a new treatment protocol. *J Cranio-Maxillofacial Surg.*2015;43(5):724-7.
 21. Lautenschlager S, Gill PG, Luo ZX, Fagan MJ, Rayfield EJ. The role of miniaturization in the evolution of the mammalian jaw and middle ear. *Nature.* 2018;561(7724):533-7.
 22. Wyganowska-Swiatkowska M, Przystanska A. The Meckel's cartilage in human embryonic and early fetal periods. *Anat Sci Int.* 2011;86(2):98-107.
 23. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi:10.1136/bmj.n71.
 24. Lipski M, Tomaszewska IM, Lipska W, Lis GJ, Tomaszewski KA. The mandible and its foramen: Anatomy, anthropology, embryology and resulting clinical implications. *Folia Morphol.* 2013;72(4):285-92.
 25. Kusdra PM, Stechman-Neto J, De Leao BLC, Martins PFA, De Lacerda ABM, Zeigelboim BS. Relationship between otological symptoms and TMD. *Int Tinnitus J.* 2018;22(1):30-4.
 26. Hilgenberg PB, Saldanha ADD, Cunha CO, Rubo JH, Conti PCR. Temporomandibular disorders, otologic symptoms and depression levels in tinnitus patients. *J Oral Rehabil.* 2012;39(4):239-44.
 27. Kijak E, Szczepek AJ, Margielewicz J. Association between Anatomical Features of Petrotympenic Fissure and Tinnitus in Patients with

- Temporomandibular Joint Disorder Using CBCT Imaging: An Exploratory Study. *Pain Res Manag*. 2020;2020.
- 28.** Gomaa MAM, Elmagd MHA, Elbadry MM, Kader RMA. Depression, Anxiety and Scale in patients with tinnitus and hearing loss. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology*. 2014;271(8):2177-84.
- 29.** Miller RJ. It's time we listened to our teeth: The SoundBite hearing system. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2010;138(5):666-9.
- 30.** Ozer E, Adelman C, Freeman S, Sohmer H. Bone conduction hearing on the teeth of the lower jaw. *J Basic Clin Physiol Pharmacol*. 2002;13(2):89-96.
- 31.** Chang Y, Kim N, Stenfelt S. Simulation of the power transmission of bone-conducted sound in a finite-element model of the human head. *Biomech Model Mechanobiol*. 2018;17(6):1741-55.
- 32.** Marco Algarra J, Morant Ventura A. Fisiología de la estimulación sonora por vía ósea y la importancia de la transmisión de las frecuencias agudas por vía ósea. *Acta Otorrinolaringológica Española*. 2008;59(Supl.1):3-6.
- 33.** Stenfelt S, Goode RL. Bone-conducted sound: Physiological and clinical aspects. *Otol Neurotol*. 2005;26(6):1245-61.