



Trabajo Fin de Grado

*“Asociación de dehiscencias del canal semicircular superior
y del tegmen tympani y su relación con la
neumatización del hueso temporal”*

*“Association of the superior semicircular canal and
tegmen tympani dehiscences and its relationship with the
pneumatization of the temporal bone”*

Autora

Elisa Lozano Langarita

Directores

Jaime Whyte Orozco

Ana Isabel Cisneros Gimeno

Facultad de Medicina de Zaragoza

Curso 2022/23

ÍNDICE

<i>Resumen/Abstract</i>	3
<i>Palabras clave/Keywords</i>	5
1. Introducción	6
2. Objetivos	16
3. Material y Métodos	17
3.1. Búsqueda bibliográfica	
3.2. Obtención de datos pseudonimizados	
3.3. Análisis y clasificación radiológica	
3.4. Método estadístico	
4. Resultados	22
4.1. Análisis estadístico de la asociación entre dehiscencias del canal semicircular superior y del tegmen tympani	
4.2. Análisis estadístico de la asociación entre las dehiscencias del tegmen tympani y del canal semicircular superior con los diferentes grados de neumatización del hueso temporal	
5. Discusión	33
6. Conclusiones	37
<i>Bibliografía</i>	38

RESUMEN

Introducción: La asociación entre dehiscencias del tegmen tympani y del canal semicircular superior constituye un hito de reciente descubrimiento y del que todavía queda mucho por esclarecer. Los estudios publicados hasta la fecha han orientado su etiología en torno a tres grandes vertientes: un origen congénito en el desarrollo embrionario, una adquisición más tardía consecuencia de factores como la hipertensión intracraneal o los traumatismos craneoencefálicos, o una acción conjunta de ambos mecanismos. La gran mayoría de los investigadores avalan la Tomografía Computarizada de alta resolución como método de imagen fundamental para el diagnóstico de certeza en pacientes sintomáticos, especialmente en aquellos potencialmente susceptibles de ser intervenidos quirúrgicamente, y en aquellos diagnosticados de una sola dehiscencia para la búsqueda de la otra. Las dos alternativas terapéuticas actualmente establecidas para su tratamiento serían la craneotomía a través de fosa craneal media o su abordaje vía transmastoidea.

Material y métodos: La búsqueda bibliográfica se efectuó en 4 bases de datos diferentes, encontrando 35 artículos sobre la asociación entre dehiscencias del tegmen y del canal. Por otro lado, hemos llevado a cabo un estudio retrospectivo que evalúa la coexistencia de ambos defectos óseos con los diferentes grados de neumatización del hueso temporal en las Tomografías Computarizadas de 124 casos seleccionados, con el único criterio de inclusión de ser portador de una dehiscencia del tegmen.

Resultados: De los 124 casos estudiados, 35 (28,2%) presentaron dicha asociación. En 26 de ellos (74,3%), se observó una neumatización moderada o de grado II, detectándose, en este caso, una relación estadísticamente significativa ($p < 0,001$). Por contra, no hemos encontrado relaciones significativas entre la coexistencia de ambas dehiscencias con la neumatización del hueso temporal en ningún grupo de edad o sexo.

Conclusión: A día hoy, a pesar de haber transcurrido 23 años desde la primera publicación acerca de la asociación entre dichas dehiscencias, continúa habiendo escasas referencias y ninguna en la que se haya analizado su relación con la neumatización del hueso temporal. Nosotros hemos demostrado, de forma estadísticamente significativa, que existe una vinculación entre las dehiscencias del tegmen y del canal y la neumatización moderada o de grado II, es decir, aquella en la que la neumatización ocupa parte de la mastoides pero no alcanza el ápex mastoideo y en la que encontramos celdas en el interior del peñasco en la región lateral al canal semicircular superior.

ABSTRACT

Introduction: The association between tegmen tympani and superior semicircular canal dehiscences is considered a milestone of recent discovery which has much to be clarified yet. The studies that have been published til nowadays, have oriented its etiology around three main aspects: a congenital origin in embryonic development, a later acquisition as a consequence of factors like intracranial hypertension or head trauma, or a joint action of both mechanisms. The vast majority of researchers recommend high-resolution Computed Tomography as a fundamental imaging method for the diagnostic of certainty in symptomatic patients, especially those who are potentially susceptible to be surgically operated and in those diagnosed with a single dehiscence to search for the other one. The two therapeutic alternatives currently established for its treatment are craniotomy through the middle cranial fossa or its approach via transmastoid.

Materials and methods: The bibliographic search was carried out in 4 different data bases, finding 35 articles about the association between tegmen and canal dehiscences. On the other hand, we have developed a retrospective study that have evaluated the coexistence of both bone defects with different degrees of pneumatization of the temporal bone in CT scans of 124 cases selected, with the only inclusion criterion of being a carrier of a tegmen dehiscence.

Results: 35 of the 124 cases studied (28,2%) presented this association. In 26 of them (74,3%), we observed a moderate or grade II pneumatization, detecting, in this case, a statistically significant relationship ($p < 0,001$). In contrast, we haven't found any significant relationships between associating both dehiscences with pneumatization of the temporal bone in any age or sex group.

Conclusion: To this day, despite the fact that 23 years have passed since the first publication about the association between these dehiscences, there are still few references and none in which the temporal bone pneumatization has been analyzed. We have shown that there is a statistically significant link between both dehiscences and having a moderate or grade II pneumatization, that is the one in which the pneumatization occupies part of the mastoid but doesn't reach the mastoid apex and in which we found air cells inside the petrous bone in the lateral area to the superior semicircular canal.

PALABRAS CLAVE

- *Dehiscencia del canal semicircular superior*
- *Dehiscencia del tegmen tympani*
- *Neumatización del hueso temporal*

KEYWORDS

- *Superior semicircular canal dehiscence*
- *Tegmen tympani dehiscence*
- *Temporal bone pneumatization*

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de ser una patología ya consolidada a día de hoy, la dehiscencia del canal semicircular superior, definida como la ausencia de cobertura ósea sobre este canal en la zona más próxima a la duramadre de la fosa craneal media, continúa habiendo pocos trabajos que informen acerca de la asociación entre esta entidad y las dehiscencias del tegmen tympani, estructura ósea que separa la cavidad endocraneal del epítímpano y que constituye la región más superior de la caja del tímpano.

El primer autor que describe la vinculación entre ambas dehiscencias fue Minor en el año 2000, quien detectó 3 casos de dehiscencia del canal semicircular superior que trató quirúrgicamente y que, además, presentaron daños en el tegmen. Los pacientes incluidos en este estudio acudían a consulta por episodios de vértigo, oscilopsia y/o sensación de desequilibrio relacionados con la exposición a sonidos de elevada intensidad, hecho también conocido como *fenómeno de Tullio*; así como a cambios en la presión del oído medio y/o cambios de presión intracraneal (1). Además de la clínica vestibular descrita, el clásicamente denominado *síndrome de dehiscencia del canal semicircular superior* o *síndrome de Minor*, también abarcaría un conjunto amplio de síntomas auditivos entre los que destacan la Autofonía, la aparición de acúfenos o tinnitus pulsátiles, la plenitud auricular o la hipoacusia de transmisión con GAP aéreo-óseo debido al llamado efecto de *tercera ventana*.

En los estudios publicados inicialmente sobre este tema, la detección de ambas dehiscencias representaba un mero hallazgo casual, del que, poco a poco, se fueron contabilizando nuevos casos aislados.

Comenzando por el trabajo de Brantberg et al., de 2001, estos investigadores describieron cómo el hueso cortical que separaba el oído medio y el *antrum* de la fosa craneal media estaba ausente en 6 de los 8 casos que estudió por padecer vértigo y que fueron diagnosticados, mediante Tomografía Computarizada (TC) y potenciales evocados miogénicos, de dehiscencias del canal semicircular superior (2).

Tuvieron que transcurrir 4 años para que Pletcher et al., en 2005, describieran el caso de una paciente de 50 años con vértigo y pérdida auditiva que fue diagnosticada, también a través de imágenes de Tomografía Computarizada, de síndrome de dehiscencia del canal semicircular superior asociado a sendas dehiscencias, del tegmen mastoideo y del tegmen tympani, éstas últimas identificadas durante la intervención quirúrgica para tratar su dehiscencia del canal (3).

Un año después, Friedland y Michel, analizando 2 casos en los que había fracasado la reparación del canal semicircular superior por presentar dehiscencia de éste, sugirieron que, procesos que conducen a defectos en el tegmen más allá de la pirámide petrosa, podrían extenderse hacia los canales semicirculares superiores y terminar produciendo su dehiscencia. Este hecho, apoyaría la hipótesis de una etiología adquirida como origen de los defectos en ambas estructuras (4).

En 2007, Mahendran et al., publicaron el caso de una paciente de 41 años que presentaba un gran defecto del tegmen en continuidad con una dehiscencia del canal semicircular superior, proponiendo que dichos defectos se debían a una etiología común. Estos autores recomendaron, basándose en este trabajo, que los facultativos considerasen la posibilidad de una dehiscencia del canal semicircular superior en pacientes que presentaran síntomas asociados con defectos del tegmen (5). Posteriormente, Cloutier et al., en 2008, iniciando una nueva etapa en el estudio de estas dos entidades, desarrollaron la primera gran serie en la que se incluyeron 581 tomografías consecutivas, en las que se detectaron 23 dehiscencias del canal semicircular superior (4%), 3 de las cuales presentaban asociada una dehiscencia del tegmen (0,5% del total) (6).

En 2009, Martin et al., consideraron que el hecho de que la dehiscencia del canal sea frecuentemente bilateral (5 pacientes de 9), y que se asocie, con gran probabilidad, a una dehiscencia del tegmen tympani (4 pacientes de 5), concordaría más con una naturaleza congénita de dicha asociación (7).

Continuando con las grandes series, Crovetto et al., estudiaron, en 2010, en las imágenes de 604 tomografías consecutivas, la relación entre el canal dehisciente y el estado del tegmen (íntegro o ausente), encontrando una incidencia del 36,4% de tegmenes dehiscientes asociados a dehiscencia del canal semicircular superior (8 casos de 22), dato que establece una asociación estadísticamente significativa ($p < 0,001$). Asimismo, también observaron una relación entre la ausencia radiológica del tegmen y la disminución del grosor del hueso que recubre el canal. En cambio, cuando analizaron los canales íntegros, sólo el 9,9% (59 casos de 596) mostraron una dehiscencia del tegmen. Estos autores fueron, además, los primeros en mostrar una pieza ósea del temporal en la que coexistían ambas dehiscencias (8).

En ese mismo año, Suryanayanan y Lesser, informaron de 3 casos de 2 mujeres de 34 y 53 años, y de un varón de 64 años, que presentaron múltiples defectos del tegmen en convivencia con una dehiscencia del canal semicircular superior. El tegmen de estos sujetos mostraba, a su vez, un característico patrón en “*panal de abeja*” no descrito previamente en la bibliografía. Dichos hallazgos respaldarían la procedencia de las alteraciones de ambas estructuras en el desarrollo embrionario (9).

En 2012, Teixido et al., confirmaron, por primera vez mediante microscopía óptica, la asociación de las dehiscencias del canal semicircular superior y del tegmen tympani. Para lograr este cometido, examinaron a un paciente donante de hueso temporal que presentaba una dehiscencia del canal semicircular superior que fue diagnosticada después de un traumatismo. Al explorar también el estado del tegmen tympani, evidenciaron que éste contenía microdehiscencias focales (10).

Ese año, otro trabajo, en este caso de El Hadi et al., revisó todos los pacientes con dehiscencias del tegmen espontáneas que fueron confirmadas quirúrgicamente entre 2001 y 2010, llegando a la conclusión de que, las características clínicas y radiológicas de dichos defectos del tegmen asociados a dehiscencias del canal semicircular superior, formaban parte de una entidad común. Para ello, se basó en la incidencia de ambas dehiscencias (56,5%) (13 de 23) y que un 84,6% de éstas (11 de 13) aparecían en el mismo lado (11).

También en 2012, Nadaraja et al., redefinieron el concepto de dehiscencia del tegmen, entendiendo como tal la ausencia de cobertura ósea entre el sistema de celdas mastoideas y la duramadre de la fosa craneal media, que tendría lugar sin concomitancia con otras lesiones patológicas. Estudiaron a 38 personas con dehiscencia del canal, de las cuales, 29 presentaban también dehiscencia del tegmen (76%), mientras que en el grupo de los controles sanos tan sólo 9 de los 41 seleccionados presentaban esta anomalía (22%). Además, el 94% de los pacientes con dehiscencia del canal bilateral tenían un defecto de continuidad de al menos un lado. De esta forma, aquellos que fueron diagnosticados de dehiscencia del canal semicircular superior presentaban una probabilidad 10,2 veces superior de desarrollar también un tegmen dehiscente, en comparación con los controles. Estos autores propusieron, a su vez, un nuevo sistema para clasificar radiológicamente la integridad o ausencia del tegmen. Para ello, emplearon una escala graduada en 5 grados con la que agrupar las dehiscencias del tegmen tympani. Así, el grado 1 correspondería a la ausencia de esta dehiscencia, el grado 2 a una dehiscencia unifocal de menos de 5 mm, el grado 3 a una dehiscencia multifocal, el grado 4 a una dehiscencia unifocal de más de 5 mm y, finalmente, el grado 5, a la existencia de un meningocele (12).

Otro trabajo publicado en ese año, en este caso por Lim et al., postuló que la dehiscencia del canal semicircular superior se asociaba a un tegmen delgado o dehiscente y a la existencia de encefalocele. Para afirmar esta aseveración, se basó en el estudio retrospectivo de 4 pacientes que presentaron una meningitis secundaria a otitis media, con imágenes de Tomografía Computarizada que mostraban la dehiscencia del canal y del tegmen ipsilaterales, así como de un encefalocele concomitante. Gracias a estos hallazgos, este equipo de investigadores recomendó la realización de

un cuidadoso examen tomográfico de la base craneal, excluyendo la posibilidad de otros defectos asociados como éste, especialmente en caso de tener que practicar una reparación quirúrgica, para reducir el riesgo de meningitis otológica postoperatoria (13).

Más tarde, en 2015, Lookabaugh et al., establecieron un nuevo sistema de clasificación radiológica a partir de la valoración retrospectiva de las tomografías computarizadas de 298 sujetos, basándose en la ubicación de la dehiscencia y en la topografía del tegmen adyacente. Así, establecieron las siguientes subclases: canal semicircular superior íntegro, canal dehisciente lateral, canal dehisciente en la eminencia arqueada, canal dehisciente medial, dehiscencia asociada al seno petroso superior y, por último, eminencia arqueada con seno petroso superior, ambos dehiscientes. Además de esta agrupación, los autores realizaron una segunda descripción de la diferentes formas de presentación del tegmen tympani dehisciente a través de escaneo mediante Tomografía Computarizada de alta resolución: dehisciente sin opacidad en la cavidad del oído medio, dehisciente con opacidad en la cavidad del oído medio, dehisciente con opacidad en la cavidad del oído medio y en contacto con los osículos timpánicos, y tegmen íntegro (14).

En 2016, Fraile et al., analizaron, en 77 series embriológicas humanas, el proceso de desarrollo del canal semicircular superior y del tegmen tympani. De este modo, observaron cómo la prolongación tegmentaria del tegmen y el canal semicircular superior se originaban a partir de la misma estructura, la cápsula ótica. Además, ambas poseen el mismo tipo de osificación endoncondral y comparten una capa común de periostio externo. En este estudio, también corroboraron que, en la osificación de esta prolongación tegmentaria del tegmen, participaban los dos núcleos de osificación de los canales semicirculares superiores, los cuales, por crecimiento, se extenderían hasta dicha prolongación. Este hecho contribuye a sustentar la hipótesis de una explicación embriológica acerca del origen de estas dos alteraciones óseas (15).

En este año, Whyte et al., estudiaron el estado del tegmen tympani y de los distintos patrones de canal semicircular superior, gracias a la obtención de cortes de Tomografía Computarizada de 607 huesos temporales, que les permitieron detectar y cuantificar posibles asociaciones. Así, encontraron que el patrón normal estaba presente en el 76,8% de los canales (466 casos de dichos 607), el papiráceo o delgado en el 11,2% (68), el grueso en el 4,9% (30), el neumatizado en el 3,3% (20) y, por último, el dehisciente, en el 3,8% (23). La incidencia radiológica de tegmenes dehiscientes representó el 10,9% (66) de los casos incluidos, y los patrones del canal semicircular dehisciente y papiráceo se asociaron con la coexistencia con dehiscencias del tegmen. A su vez, los autores también observaron una relación estrecha entre esta asociación y la edad de los estudiados.

De esta manera, vieron que en mujeres de hasta 45 años no se detectaba asociación entre los diferentes patrones del canal semicircular superior y la dehiscencia del tegmen ($p = 0,217$), pero sí una vez alcanzaban esta cifra ($p = 0,044$). Por el contrario, en los varones, esta relación se obtenía ya en edades más tempranas (antes de los 45 años) ($p < 0,01$), pero a partir de esta edad no se detectaba esta asociación, aunque el valor de p estaba muy próximo al límite para la significación estadística ($p = 0,054$). Asimismo, se estimó un aumento en la tasa de incidencia de dehiscencias del tegmen en un 4,1% anual y un incremento de la aparición de las mismas, en 12 a 20 veces, para los patrones papiráceo o delgado y dehisciente. Por tanto, concluyeron que, en nuestra práctica clínica, deberíamos tener en cuenta la mayor probabilidad de identificar dehiscencias del tegmen asociadas a dehiscencias del canal semicircular superior, en particular, en aquellos pacientes que acuden a consulta con manifestaciones vestibulares y audiológicas y con imágenes de tomografía en las que se evidencie un tegmen dehisciente que no justificaría la sintomatología que nos describen. En estos casos, el despistaje de dehiscencias del canal es crucial para lograr un diagnóstico más concreto y evitar así la realización de cirugías exploratorias innecesarias (16).

También en 2016, una publicación de Rizk et al., evaluó el grosor medio de la base craneal en 16 pacientes con dehiscencia del canal semicircular superior, 11 de ellas unilaterales y 5 bilaterales, comparándolas con otros 33 pacientes con otorrea espontánea de líquido cefalorraquídeo de los cuales 7 presentaron dehiscencia del tegmen. De este modo, comprobaron que la concurrencia de ambas dehiscencias en el hueso temporal de los evaluados daba como resultado un mayor adelgazamiento de la base del cráneo (17).

Posteriormente, ya en 2018, el estudio de Castellucci et al., reveló la presencia de una dehiscencia del tegmen a través de video-otoscopia al evaluar a dos pacientes, de 62 y 68 años, que presentaban tinnitus pulsátil de larga evolución. En ambos casos, se identificaron dehiscencias del canal semicircular superior mediante Tomografía Computarizada de alta resolución, ambas unilaterales y coincidentes con el lado en el que se identificaron las dehiscencias del tegmen, mostrando, también, un adelgazamiento bilateral de la fosa craneal media. Este trabajo proporcionó evidencia fundamental para la comprensión de los mecanismos fisiopatológicos detrás de este signo tan frecuentemente atribuido a los pacientes con estas dehiscencias. En la video-otoscopia pudieron observarse los movimientos de la membrana timpánica en sincronía con el pulso arterial y que, según los autores, podría tener su origen en dos hechos concomitantes: la alteración en la transmisión de la presión intracraneal al oído medio a través del defecto en el tegmen tympani, unida a la propagación de la onda de pulso a la endolinfa a través de la dehiscencia del canal (18).

Handzel et al., en ese mismo 2018, reiteraron la importancia de un correcto escaneo mediante TC previo al tratamiento quirúrgico, en este caso, debido a que, tras la intervención de un tegmen dehisciente mediante craneotomía vía temporal, una dehiscencia del canal semicircular superior asintomática no detectada podría tornarse sintomática. Dada la frecuente vinculación de dehiscencias del tegmen y del canal, debería descartarse siempre la presencia de una u otra, de cara al planteamiento terapéutico y a la posterior rehabilitación de pacientes con manifestaciones clínicas. Además, la elección del tipo de abordaje quirúrgico (vía transmastoidea o a través de la fosa craneal media) podría estar influenciado por esta asociación, especialmente en hallazgos de lesiones bilaterales (19).

Por otra parte, Kou et al., también en 2018, a través de la elaboración de un estudio piloto, concluyeron que no existía vinculación alguna entre la hipertensión intracraneal obtenida mediante punción lumbar, con la erosión del tegmen y la presencia de dehiscencia del canal semicircular superior, presentes en 24 de los 121 casos estudiados (19,8%) de los cuales ninguno cumplió criterios de presión intracraneal elevada (presión de apertura superior a 25 cm de H₂O) (20).

De nuevo en este año, Stevens et al., compararon la altura/grosor de la base lateral del cráneo en 256 pacientes y 493 huesos temporales con otorrea espontánea de líquido cefalorraquídeo, dehiscencia del canal semicircular superior, neurinomas del acústico y otoesclerosis. Estos autores observaron que, tanto en los 109 pacientes que presentaron otorrea asociada a dehiscencia del tegmen como en los 115 que tenían una dehiscencia de canal semicircular superior, se exhibieron fenotipos radiográficos similares de la base craneal, lo cual, respaldaría la teoría de que los defectos óseos hallados en el tegmen y en el canal serían consecuencia de mecanismos etiológicos congénitos equivalentes (21).

Un año después, en 2019, Kutz y Tolisano defendieron el abordaje a través de la fosa craneal media como tratamiento quirúrgico de las fistulas de líquido cefalorraquídeo y encefaloceles debidos a dehiscencias del tegmen tympani y del tegmen mastoideo, con una tasa de éxito superior al 93% y que, a su vez, permitiría el manejo terapéutico simultáneo de la dehiscencia de canal semicircular superior sintomática tan frecuentemente vinculada a estas dos anteriores (22).

En el mismo año, Völdrich et al., reportaron un primer caso de neumoencéfalo otogénico bilateral espontáneo en un paciente varón de 78 años con historia reciente de tinnitus, vértigo y afasia de Broca. En las semanas previas a la aparición de estos síntomas, fue sometido a la realización de maniobras de Politzer debido a la consecución de varios cuadros catarrales con otitis media acompañante. Dado su indudable empeoramiento, se procedió a una evaluación neurológica más

exhaustiva mediante TC de alta resolución. Dicha prueba, reveló la presencia de dos grandes colecciones de aire intracraneales bilaterales, con sendas dehiscencias del tegmen timpánico y del canal semicircular superior, así como también del ganglio geniculado. De esta forma, los autores propusieron la inclusión de estos defectos en el diagnóstico diferencial del neumoencéfalo, especialmente si la clínica correspondiente al mismo se hubiera desencadenado después de cuadros de origen respiratorio asociados a maniobras de Valsalva por estornudos frecuentes o de Politzer, tal y como se produjo en este paciente (23).

En 2019, Whyte et al., desarrollaron un trabajo que versaba sobre la asociación entre dehiscencias del canal semicircular superior y otras dehiscencias que pueden aparecer en el hueso temporal. Para ello, recopilaron imágenes de Tomografía Computarizada de pacientes con múltiples dehiscencias. Sus resultados indicaron que la asociación más frecuentemente observada se dio entre las dehiscencias del canal y las del tegmen (37,3%). No obstante, también describieron asociaciones entre otras múltiples dehiscencias, como las de antro mastoideo, canal semicircular posterior, conducto auditivo interno, cavidad glenoidea, hueso del tímpano o del ganglio geniculado; con la dehiscencia del canal, incluyéndose, por tanto, dentro del denominado *síndrome de la cápsula ótica*, al constituir ésta el origen y etiología común al desarrollo de todas ellas (24).

Ya en 2020, Inal et al., diseñaron un estudio retrospectivo en el que revisaron 127 imágenes de Resonancia Magnética (RM) y Tomografía Computarizada (TC) de hueso temporal, detectando 14 casos de dehiscencia del canal semicircular superior mediante TC (11,0%) y 15 mediante RM (11,8%). En 13 pacientes (10,2%) se identificó dicha dehiscencia por ambos métodos. En cuanto a las dehiscencias del tegmen tympani, se observaron también 14 casos en TC, 8 en el lado derecho (6,3%) y 6 en el lado izquierdo (4,7%). Estos hechos les llevaron a corroborar que la coexistencia de ambas dehiscencias se correlacionaba positivamente entre sí, recomendando que, con la detección de una de ellas, se investigara la presencia de la otra. Además, dada la precisión demostrada por la Resonancia Magnética, sugirieron emplear esta prueba en sustitución de la TC para llegar al diagnóstico radiológico de la dehiscencia del canal semicircular superior (25).

En 2020, se publicó un nuevo estudio de Whyte et al., acerca de los efectos de la interacción entre el grosor del techo de la fosa glenoidea (TFG) y los estados del tegmen tympani y del canal semicircular superior. Los resultados obtenidos aportaron evidencia de una interacción entre los estados de ambas estructuras y el grosor del TFG ($p = 0,049$), en lugar de sustentar una acción independiente por parte del tegmen tympani, como se había pensado en su momento. Gracias a estos hallazgos, pudieron confirmar la asociación entre dehiscencias halladas en el espesor del TFG

con las dehiscencias del tegmen y del canal y englobarlas, asimismo, dentro de un mismo contexto malformativo en el desarrollo embrionario de la base del cráneo (26).

Un año después, en 2021, Nieto et al., procedieron a describir detalladamente la técnica quirúrgica que abordaría tanto los defectos del tegmen tympani como los del canal semicircular superior. Se basaron en el caso de una paciente de 56 años que sufría una pérdida auditiva bilateral progresiva, tinnitus pulsátil izquierdo y autofonía. Se intentó el tratamiento con audífonos para paliar la hipoacusia, pero la clínica de autofonía y tinnitus empeoró considerablemente y se desencadenó, además, sintomatología de inestabilidad y mareo. La TC de alta resolución reveló la existencia de una dehiscencia del canal semicircular superior bilateral vinculada a una dehiscencia del tegmen izquierdo. Para su resolución, se propuso a la paciente el abordaje quirúrgico vía transmastoidea, en lugar de su otra gran alternativa, como es su ejecución a través de la fosa craneal media (FCM). Normalmente, ambas ofrecen una notable remisión de los síntomas con un riesgo mínimo de daño sobre el laberinto óseo, aunque, en el caso del enfoque transmastoideo, evitaríamos la morbilidad asociada a la craneotomía de la otra intervención. Así, los autores concluyeron que, en sujetos con anatomía favorable y concomitancia de dehiscencias del canal y del tegmen, la vía transmastoidea sería la de elección (27).

En relación a esta segunda opción quirúrgica, una publicación del mismo año que la anterior de Hashmi et al., afirma que el abordaje a través de FCM es aplicado cada vez por un menor número de profesionales dada la disminución de sus indicaciones, que han quedado relegadas a la descompresión del nervio facial, las fracturas óseas temporales, el colesteatoma de ápice petroso, los neurinomas del acústico y la dehiscencia del canal semicircular superior. Clásicamente, la eminencia arqueada había sido considerada como la protrusión del canal semicircular superior en la FCM, aunque recientes estudios han negado este concepto. Este hecho, sumado a la habitual asociación de esta dehiscencia con los defectos del tegmen tympani, pueden suponer un factor de confusión vital a la hora de localizar una dehiscencia del canal para ser intervenida. Por este motivo, estos investigadores probaron a emplear la articulación/unión incudomaleolar como punto de referencia en las imágenes de tomografía preoperatorias para identificar la dehiscencia del canal de cara a un enfoque quirúrgico a través de FCM, que terminó siendo un marcador anatómico seguro en la práctica. Con este método, y de nuevo gracias a la TC de alta resolución, puede mejorarse la precisión de esta otra alternativa terapéutica (28).

También en 2021, Heywood et al., informaron de la existencia, en 7 pacientes intervenidos quirúrgicamente de su dehiscencia del tegmen, de la presencia, en 3 de ellos, de una dehiscencia del canal semicircular superior asociada (42,9%) (29).

Además, en ese año, Castellucci et al., presentaron un caso único y nunca antes descrito en la literatura de neumolaberinto y neumoencéfalo debidos a meningitis otogénica en un paciente con dehiscencias del tegmen y del canal (30).

Por otro lado, también en 2021, Wentland et al., detectaron un particular hallazgo al estudiar a 4 pacientes con dehiscencias del tegmen y del canal, localizadas a través de la obtención de imágenes de TC de alta resolución, en las cuales se identificó un contacto dural con la cabeza del martillo que tuvo una serie de implicaciones audiológicas en las exploraciones de estos sujetos. En ellos, se observó que existía una menor hipoacusia de transmisión y un GAP aéreo-óseo más pequeño del que se hubiera esperado por la presencia de las dos dehiscencias, y según lo expuesto en estudios previos (31).

Ya en 2022, Barbara et al., presentaron el caso de un paciente varón de 43 años aquejado de episodios recurrentes de vértigo inducidos por cambios en la intensidad del sonido o de presión, tinnitus izquierdo e hipoacusia de transmisión también izquierda. En la TC de alta resolución se mostraron dehiscencias bilaterales del canal semicircular superior, aunque de mayor calibre en el lado en que predominaba la clínica comentada (izquierdo), así como dehiscencias izquierdas del tegmen timpánico y mastoide con importante adelgazamiento del hueso temporal derecho. Debido a estos hallazgos, los autores de este nuevo trabajo recomiendan la toma de imágenes mediante TC de alta resolución para un diagnóstico más definitivo, además de un enfoque terapéutico quirúrgico a través de la fosa craneal media (FCM) para lograr una exposición más amplia y precisa. Tras dicha intervención, el paciente del presente caso no desarrolló ningún tipo de complicación postoperatoria y, tras dos años de seguimiento, continúa completamente asintomático (32).

En este año, Kaufman et al., estudiaron la asociación de ambas dehiscencias en pacientes con y sin síndrome de apnea obstructiva del sueño (SAOS). En el primer grupo, se encontraron 34 dehiscencias del canal (9,7%) y 90 dehiscencias del tegmen (25,6%). En cambio, en el grupo control, estas cifras aumentaron ligeramente, detectándose 37 dehiscencias del canal (10,5%) y 95 del tegmen (27%), resultados que les permitieron concluir que no existían diferencias significativas entre ambos grupos y que el efecto de la presión intracraneal elevada en personas con este síndrome sería más limitado de lo que inicialmente se plantearon los autores (33).

También durante el pasado 2022, Formeister et al., describieron los factores predictivos de presentar una dehiscencia del tegmen en pacientes diagnosticados previamente de una dehiscencia del canal semicircular superior mediante Tomografía Computarizada. Para ello, estudiaron a 136 sujetos con dehiscencia del canal que se sometieron a una craneotomía a través de la fosa cerebral media para corregir este defecto. En las imágenes de TC, se encontraron 51 casos de dehiscencia del tegmen y 63 con tegmen adelgazado, mientras que, tras la intervención quirúrgica, fueron realmente 27 los casos que se diagnosticaron como una dehiscencia del tegmen (19,9%). Por otro lado, observaron que los pacientes que presentaban dicha asociación tenían un mayor tamaño de su dehiscencia del canal y que, en éstos, se incrementaba el número de casos contralaterales. Sin embargo, no encontraron influencia en esta asociación con factores de riesgo como el sobrepeso o la apnea obstructiva del sueño. Estos autores, proporcionaron información que avalaba lo ya demostrado por estudios anteriores en cuanto a la vinculación tan estrecha de estas dos anomalías óseas, añadiéndole el dato de una sensibilidad relativamente baja de la Tomografía Computarizada para detectar dehiscencias del tegmen, pues del amplio número que fueron halladas en esta exploración, tan sólo un 19,9% fueron catalogadas como tal tras cirugía (34).

Finalmente, en la última y más reciente publicación con la que contamos y que data de este 2023, los autores Kutz y Tan reflexionan acerca del origen de las dos entidades en las que se centra este trabajo y afirman que la causa de la dehiscencia del canal semicircular superior se encontraría en la combinación de un hueso congénitamente adelgazado y, por tanto, predisposto, junto con la suma de cambios adquiridos de presión intracraneal elevada o traumatismos, teoría que muchos investigadores han definido como *hipótesis del segundo evento*. La dehiscencia del tegmen tympani, como parte del ya citado *síndrome de la cápsula ótica*, sería resultado de los mismos factores expuestos, razón que justificaría la frecuente coexistencia de las mismas (35).

2. OBJETIVOS

- Recopilación de la bibliografía actual acerca de la asociación entre dehiscencias del tegmen tympani y del canal semicircular superior.
- Estudiar si existe una relación entre dicha asociación y el estado de neumatización del hueso temporal.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3. 1. Búsqueda bibliográfica

Para la recopilación de información perteneciente a estudios previos relacionados con la asociación entre las dehiscencias del tegmen tympani y del canal semicircular superior, se realizó la búsqueda bibliográfica en 4 bases de datos como son *Alcorze*, *Web of Science*, *Scopus* y *PubMed*, siguiendo el método que se describirá en este apartado, abarcando publicaciones desde el 2000, año en el que Minor planteó por primera vez una posible vinculación etiopatogénica entre ambos defectos (1), hasta el actual 2023 (**Fig 1**).

3.1.1. Búsqueda en *Alcorze*

En referencia a la primera de ellas, se introdujeron las palabras clave “*superior semicircular canal and tegmen dehiscences*”, encontrándose así 155 resultados. Al añadirse el filtro de “*texto completo (online)*”, se redujo la búsqueda a 98 artículos disponibles, incluyendo publicaciones académicas (92), revistas (4) y material de conferencias (1). Se escogieron 25 artículos, una vez fueron eliminadas las repeticiones y aquellas opciones en cuyos resúmenes no aparecían todas las palabras clave anteriormente citadas. De éstos, fueron 21 los que, finalmente, se incluyeron en este trabajo.

3.1.2. Búsqueda en *Web of Science*

En este caso, se seleccionó en el buscador el término “*topic*” para proceder a la búsqueda a través de palabras clave, empleando las ya mencionadas en la base de datos anterior. Se mostraron 43 resultados, cuyas fechas de publicación oscilaron entre 2007 y 2022, sin que aparecieran artículos de años previos. De estos 43, se eligieron 34, incluyendo algunos de los que se seleccionaron en *Alcorze* (14) para terminar siendo 26 de esos 34 los que han formado parte del trabajo.

3.1.3. Búsqueda en *Scopus*

En esta base de datos, la búsqueda se realizó utilizando como “*keywords*” los términos empleados hasta ahora. Se encontraron 39 documentos de publicaciones desde el año 2006 hasta el 2022, pues no se mostraron resultados de años anteriores. Seleccioné un total de 29 artículos, incluyendo, de nuevo, algunos de los escogidos en las bases de datos previas *Alcorze* (17) y *Web of Science* (11), apareciendo todos ellos en la bibliografía final del trabajo.

3.1.4. Búsqueda en PubMed

En esta última, con el mismo método de búsqueda, aparecieron 35 resultados comprendidos entre los años 2006 y 2023, de los cuales se seleccionaron 31, incluyendo artículos ya elegidos en *Alcorze* (18), *Web of Science* (11) y *Scopus* (1), siendo, finalmente y tras sumar los mencionados previamente, 35 los artículos que han terminado componiendo la bibliografía de este trabajo.

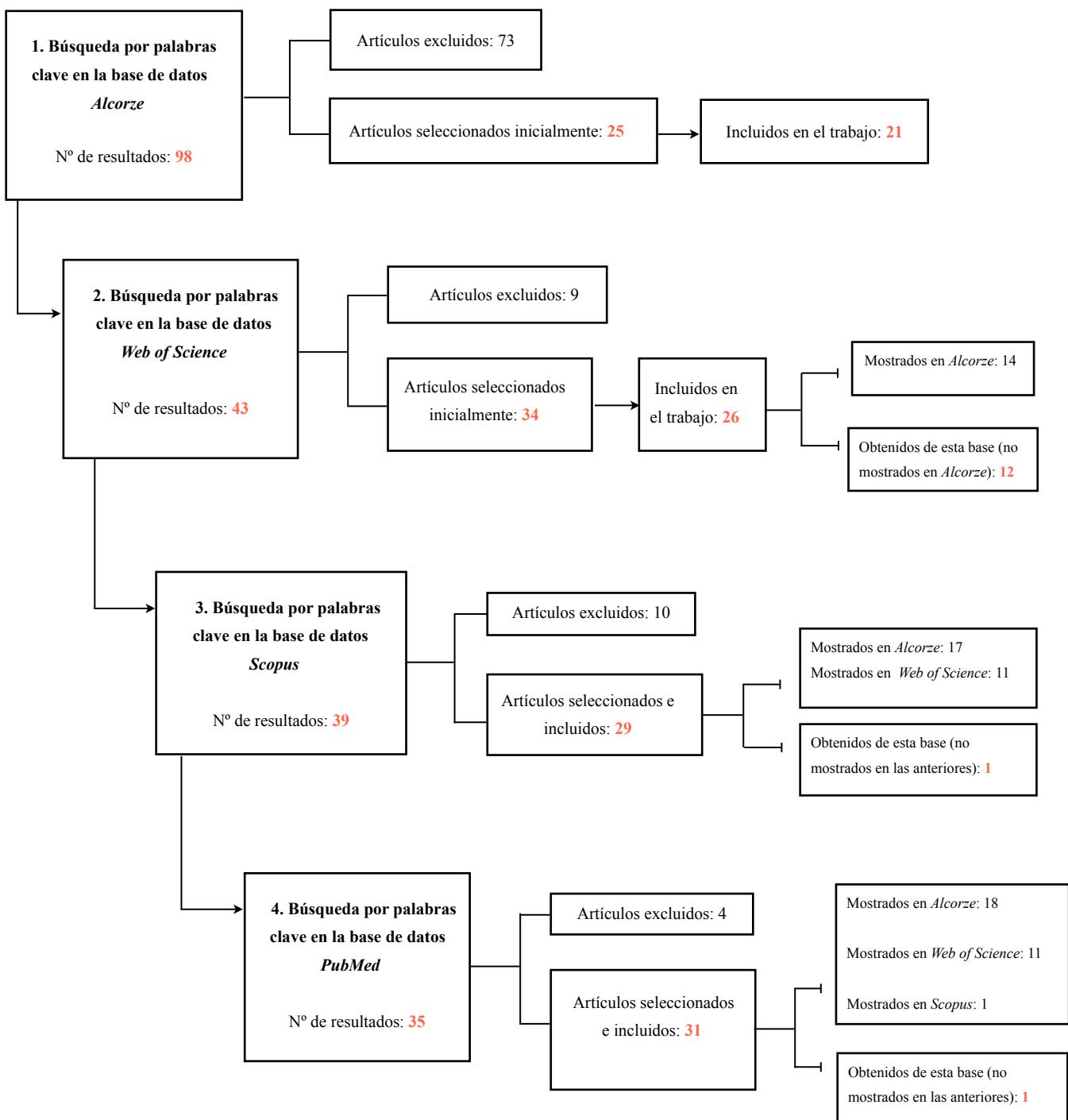


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA. Resumen de la búsqueda bibliográfica.

3.2. Obtención de datos pseudonimizados

Como se ha desarrollado en el apartado de *Introducción*, han sido 35 las publicaciones que, en los últimos años, han hecho referencia a la asociación entre las dehiscencias del canal y del tegmen, junto con otras dehiscencias que se han englobado dentro del denominado *Síndrome de la cápsula ótica* (24). No obstante, dada la ausencia de artículos que relacionen un hecho tan frecuentemente notificado como es el hallazgo de diferentes grados de neumatización del hueso temporal con la presencia de estos defectos de la integridad ósea de ambas estructuras, hemos querido elaborar un estudio retrospectivo en el que se analizara más en profundidad esta posible vinculación. La información relativa a los pacientes incluidos se me hizo llegar de forma pseudonimizada, es decir, omitiendo lo referente a los datos personales e identificativos de cada uno de ellos, escogiéndose mediante un único criterio de inclusión que fue la presencia en sus imágenes de Tomografía Computarizada de una dehiscencia del tegmen tympani. El registro de los sujetos se obtuvo de la base del grupo de investigación *GIISO99 Medical and Genetic Research (MGR)*, facilitada por los tutores que han dirigido este trabajo de fin de grado. Asimismo, se solicitó la aprobación pertinente al Comité de Ética de Investigación de la Comunidad de Aragón (CEICA), aportando la documentación correspondiente a este tipo de estudios.

3.3. Análisis y clasificación radiológica

En cuanto al análisis de estas pruebas de imagen, la ausencia de cobertura ósea del tegmen tympani se ha valorado en planos coronales y se ha considerado dehiscente cuando se observaba una falta de hueso entre el oído medio/antró y la fosa craneal media en uno o más cortes coronales de Tomografía Computarizada, ya fuera unifocal o multifocal. En el caso del canal semicircular superior, se ha considerado que existía una dehiscencia del mismo cuando se detectaba una abertura en el hueso que recubre dicho canal y éste se hallaba en comunicación con la fosa craneal media en cortes de Tomografía Computarizada reformateados en el plano del canal o plano de Pöschl.

Por otra parte, el grado de neumatización temporal se ha valorado mediante planos axiales y coronales y se ha dividido en los siguientes 4 grados (0 - III), aunque, de cara a la valoración estadística, se tuvieron en cuenta únicamente los grados I, II y III, ya que no se identificaron casos con mastoides esclerosada o grado 0:

- Grado 0 o mastoides esclerosada (Fig 2).

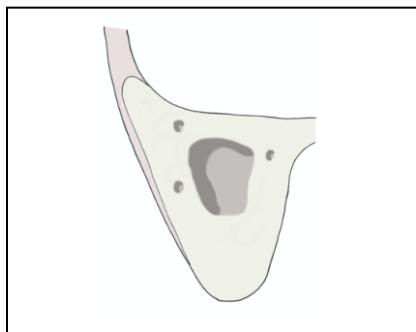
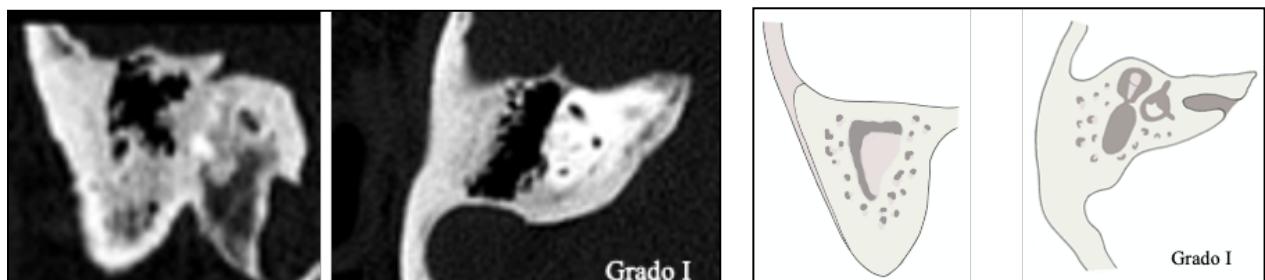


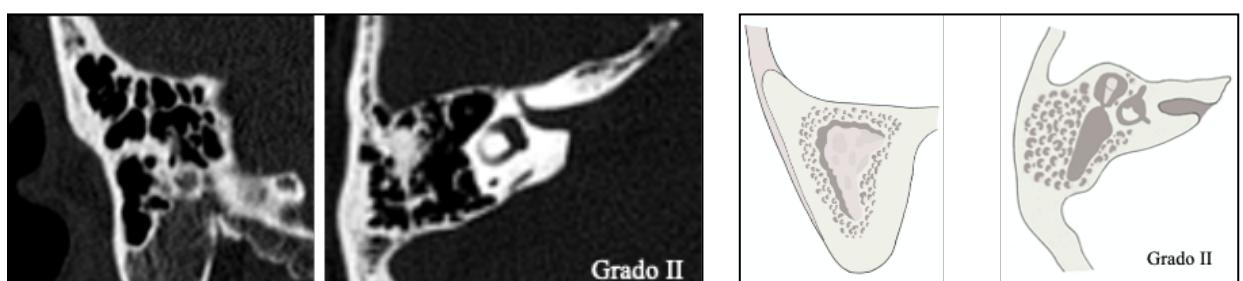
Figura 2. Representación gráfica de una mastoides esclerosada o neumatización de Grado 0.

- Grado I o pobre. Únicamente se encontrarían neumatizados el antro mastoideo y algunas celdas adyacentes, pero no se evidencia neumatización en el interior del laberinto óseo (Fig 3).



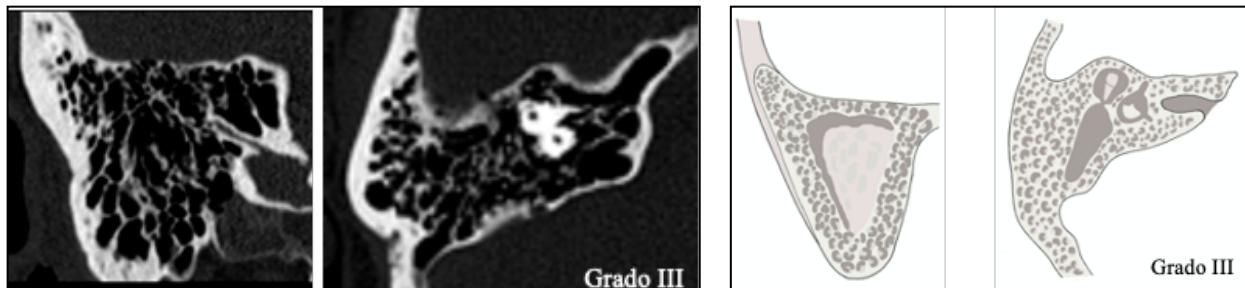
Figuras 3. Cortes coronal y axial de TC de una neumatización pobre o de Grado I (izquierda) y su representación gráfica correspondiente (derecha).

- Grado II o moderada. La neumatización ocupa una parte de la mastoides pero no el ápex mastoideo. En el interior del peñasco se localizan celdas en la región lateral al canal semicircular superior pero no en el conducto carotídeo ni en la punta del peñasco (Fig 4).



Figuras 4. Cortes coronal y axial de TC de una neumatización moderada o de Grado II (izquierda) y su representación gráfica correspondiente (derecha).

- Grado III o extensa. La neumatización ocupa toda la mastoides con su ápex y sobrepasa los canales semicirculares (neumatización perilaberíntica), los límites del seno lateral e, incluso, alcanza a rodear el canal carotídeo. También se observa cierto grado de neumatización del ápex petroso (**Fig 5**).



Figuras 5. Cortes coronal y axial de TC de una neumatización extensa o de Grado III (izquierda) y su representación gráfica correspondiente (derecha).

Todos los estudios se han llevado a cabo mediante equipos de Tomografía Computarizada Helicoidal Multicorte, obteniéndose imágenes en el plano axial y con el cuello del paciente en hiperextensión para evitar la radiación directa del cristalino. Posteriormente, en todos los casos, se han efectuado reconstrucciones coronales y en el plano del canal semicircular superior de cada oído. Los “datos crudos” se han reconstruido empleando un algoritmo óseo.

3.4. Método estadístico

En primer lugar, se ha realizado una descripción de las variables consideradas mediante frecuencias absolutas y porcentajes con un Intervalo de Confianza (IC) al 95%. El nivel de significación elegido fue $< 0,05$. Los datos han sido tratados con el paquete estadístico SPSS 26.0 con licencia de la Universidad de Zaragoza.

En el análisis bivariante, en caso de que las variables fueran cuantitativas, se ha comprobado la normalidad de las mismas mediante el test de *Kolmogorov-Smirnov*. Si seguían una distribución normal, la comparación se ha realizado mediante el test *t-Student* y si no seguían una distribución normal, a través del test no paramétrico *U de Mann-Whitney*.

En caso de variables cualitativas, se ha utilizado el test de *Chi-cuadrado* y si las casillas estaban poco utilizadas se ha valorado el test exacto de *Fisher*.

Para conocer entre qué valores de las variables existía relación, se han analizado los residuales tipificados corregidos de *Haberman*.

4. RESULTADOS

Hemos analizado 124 casos seleccionados y divididos por sexo en 47 hombres y 77 mujeres (**Fig. 6**), que presentaban un defecto de la integridad ósea del tegmen tympani (**Fig 7**), analizando si los canales semicirculares superiores se encontraban íntegros o dehiscientes para así poder estudiar la asociación de ambos defectos estructurales (**Fig 8**). También hemos examinado el tipo de neumatización del hueso temporal, siguiendo la clasificación propuesta en el apartado de *Material y Métodos*, para comprobar, a su vez, si alguno de los grados establecidos (**Fig 2, 3, 4 y 5**) se asociaba, de forma significativa, en los pacientes que presentaban sendas dehiscencias del tegmen y del canal.

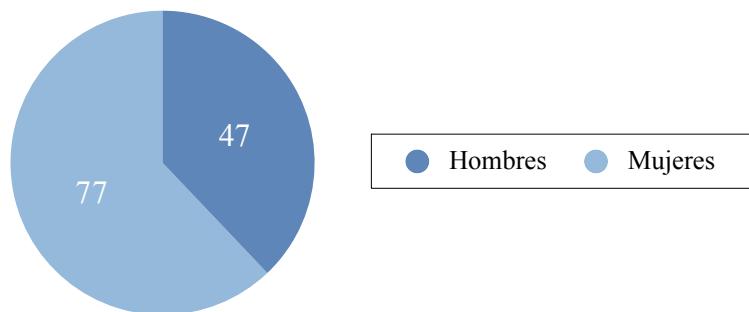


Figura 6. Diagrama de sectores de la distribución del total de casos seleccionados (124) en función del sexo (hombres y mujeres).

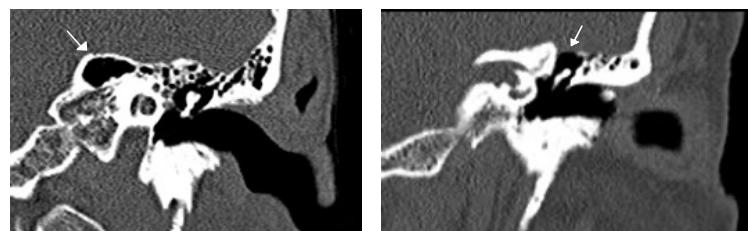


Figura 7. Corte coronal de TC que muestra un tegmen tympani íntegro con patrón en “panal de abeja” (izquierda) y un tegmen tympani dehisciente (derecha).

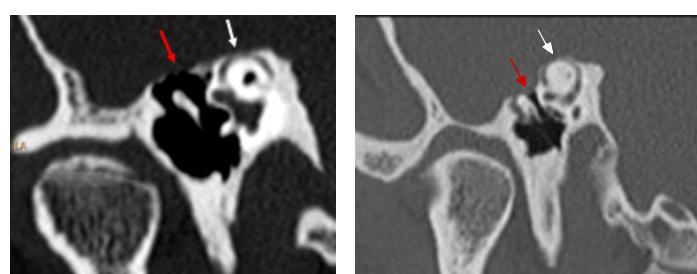


Figura 8. Corte de TC reformateada en el plano del canal o plano de Pöschl de dos dehiscencias del canal semicircular superior (flecha blanca) y del tegmen tympani (flecha roja).

4.1. Análisis estadístico de la asociación entre dehiscencias del canal semicircular superior y del tegmen tympani

En primer lugar, hemos analizado la presencia o ausencia de la coexistencia de ambas dehiscencias (tegmen y canal) en las imágenes de Tomografía Computarizada de los seleccionados. Así, hemos observado que la asociación de estas dehiscencias estaba presente en 35 casos de los 124 que hemos incluido en el estudio, es decir, una incidencia tomográfica correspondiente al 28,2%. De estos 35, 13 pertenecieron a hombres y 22 a mujeres, mientras que los 89 restantes (71,8%) (34 hombres y 55 mujeres) presentaban integridad del canal.

Al relacionar estas variables (coexistencia de ambas dehiscencias con el sexo), se observó que la presentan el 27,7% (13 de 47) de los hombres y el 28,6% (22 de 77) de las mujeres (**Tabla 1**), no siendo este dato estadísticamente significativo (*Chi-cuadrado* = 0,012; *p* = 0,913) (**Tabla 2**).

		Nº	Sí	TOTAL
SEXO	Hombre	Recuento	34	13
		% dentro de SEXO	72,3 %	27,7 %
		% dentro de TCDDELCSS	38,2 %	37,1 %
		Residuo corregido	, 1	-, 1
	Mujer	Recuento	55	22
		% dentro de SEXO	71,4 %	28,6 %
		% dentro de TCDDELCSS	61,8 %	62,9 %
		Residuo corregido	-, 1	, 1
TOTAL	Recuento	89	35	124
	% dentro de SEXO	71,8 %	28,2 %	100 %
	% dentro de TCDDELCSS	100 %	100 %	100 %

Tabla 1. Tabla de contingencia para analizar la presencia (Sí) o ausencia (No) de la asociación de las dehiscencias del canal semicircular superior y del tegmen tympani en función del sexo de los pacientes.

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	, 012 ^a	1	, 913		
Corrección de continuidad	, 000	1	1,000		
Razón de verosimilitud	, 012	1	, 913		
Prueba exacta de Fisher				1,000	, 541
Asociación lineal por lineal	, 012	1	, 913		
Nº de casos válidos	124				

Tabla 2. Tabla Chi-cuadrado para el análisis de las diferencias con respecto al sexo en los dos grupos de casos con y sin asociación de dehiscencias.

Por otro lado, hemos de destacar un caso concreto, perteneciente a una paciente de 54 años, en la que observamos como la dehiscencia del tegmen tympani se asoció a un canal semicircular posterior dehisciente hacia la fosa cerebral posterior (**Fig 9**).

Además, 3 personas (9,4%) (1 hombre y 2 mujeres) de esos 35 casos que presentaban ambos defectos, tenían dehiscencias bilaterales de éstos, en contraste con los 29 pacientes restantes (90,6%) que las presentaron en un único lado.

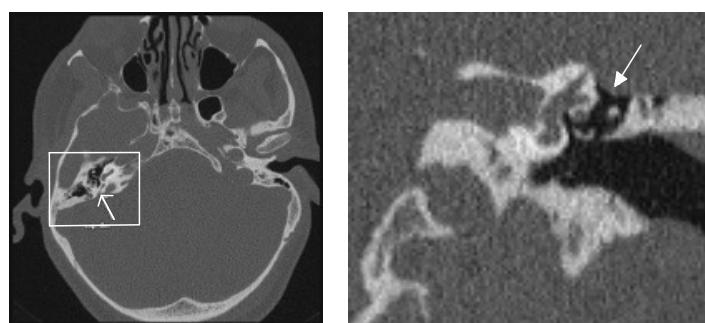


Figura 9. Corte axial de TC que muestra un canal semicircular posterior dehisciente (flecha) (izquierda) y ampliación a mayor aumento de la imagen inicial (derecha).

La edad media obtenida fue de $59,5 \pm 13,7$ años, oscilando desde los 23 hasta los 88 años (**Tabla 3**). Sin embargo, en aquellos individuos en los que se detectó la asociación de ambos defectos óseos, la edad media que presentaron fue ligeramente inferior ($58,3 \pm 13,3$ años) (**Tabla 4**).

EDAD	Media	Estadístico		Error estándar
		59,52	1,229	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	57,09	
		Límite superior	61,96	
	Media recortada al 5%		59,75	
	Mediana		59,50	
	Varianza		187,422	
	Desviación estándar		13,69	
	Mínimo		23	
	Máximo		88	
	Rango		65	
	Rango intercuartil		21	
	Asimetría		-, 246	, 217
	Curtosis		-, 095	, 431

Tabla 3. Tabla de contingencia para la variable edad en la totalidad de pacientes del estudio.

EDAD	Asociación dehiscencias tegmen-canal	Media	Estadístico		Error estándar
			58,31	2,243	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	53,76		
		Límite superior	62,87		
	Media recortada al 5%		58,67		
	Mediana		59,00		
	Varianza		176,045		
	Desviación estándar		13,268		
	Mínimo		23		
	Máximo		82		
	Rango		59		
	Rango intercuartil		21		
	Asimetría		-, 432	, 398	
	Curtosis		-, 059	, 778	

Tabla 4. Tabla de contingencia para la variable edad dentro de los pacientes con asociación de dehiscencias del canal semicircular superior y del tegmen tympani.

Cuando se compararon las edades medias de los casos que sí presentaron una dehiscencia del canal semicircular superior asociada a una dehiscencia del tegmen con aquellos en los que no se identificó dicha asociación, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (t -Student = 0,616; p = 0,539) (**Fig 10**).

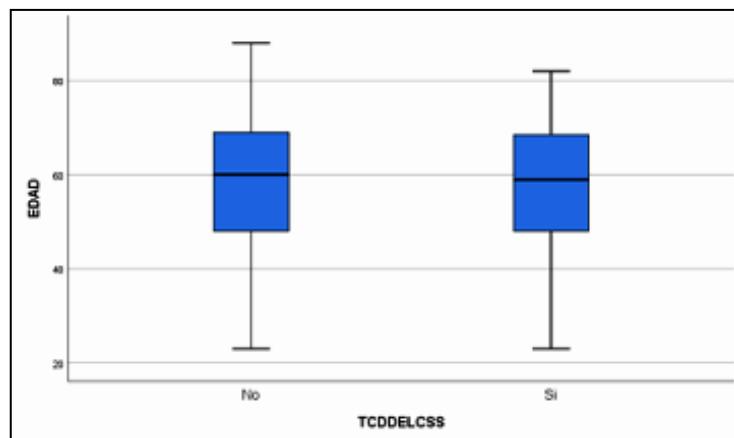


Figura 10. Diagrama de caja y bigotes que representa las diferencias entre la edad media de los casos con la asociación de ambas dehiscencias (Sí) frente a la edad media de los que no presentaron dicha asociación (No).

4.2. Análisis estadístico de la asociación entre las dehiscencias del tegmen tympani y del canal semicircular superior con los diferentes grados de neumatización del hueso temporal

Comenzando por los 124 casos que han formado parte del estudio, siendo todos ellos portadores de una dehiscencia del tegmen, 27 presentaban una neumatización de grado I (21,8%), 55 de grado II (44,4%) y 42 de grado III (33,9%). Sin embargo, no hemos logrado identificar ningún caso con neumatización de grado 0 o mastoides esclerosada. Al relacionar el grado de neumatización con la existencia de ambas dehiscencias se ha observado que, de los 27, 55 y 42 casos de neumatización pobre, moderada y extensa, 4 (14,8%), 26 (47,3%) y 5 (11,9%), respectivamente, presentaron ambas dehiscencias (*Tabla 5*), siendo esta relación estadísticamente significativa ($p < 0,001$) (*Tabla 6*).

			No	Sí	TOTAL	
TC NEUMATIZACIÓN	Extensa (Grado III)	Recuento	37	5	42	
		% dentro de TC NEUMATIZACIÓN	88,1 %	11,9 %	100,0 %	
		% dentro de TCDDELCSS	41,6 %	14,3 %	33,9 %	
		Residuo corregido	2,9	-2,9		
	Moderada (Grado II)	Recuento	29	26	55	
		% dentro de TC NEUMATIZACIÓN	52,7 %	47,3 %	100,0 %	
		% dentro de TCDDELCSS	32,6 %	74,3 %	44,4 %	
		Residuo corregido	-4,2	4,2		
	Pobre (Grado I)	Recuento	23	4	27	
		% dentro de TC NEUMATIZACIÓN	85,2 %	14,8 %	100,0 %	
		% dentro de TCDDELCSS	25,8 %	11,4 %	21,8 %	
		Residuo corregido	1,8	-1,8		
TOTAL		Recuento	89	35	124	
		% dentro de TC NEUMATIZACIÓN	71,8 %	28,2 %	100,0 %	
		% dentro de TCDDELCSS	100,0 %	100,0 %	100,0 %	

Tabla 5. Tabla de contingencia para los diferentes estados de neumatización temporal en relación con la presencia (Sí) o ausencia (No) de asociación entre las dehiscencias del tegmen y del canal.

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	17,769 ^a	2	,000
Razón de verosimilitud	18,182	2	,000
Asociación lineal por lineal	,762	1	,383
Nº de casos válidos	124		

Tabla 6. Análisis Chi-cuadrado para evaluar la relación entre la asociación de dehiscencias con la neumatización temporal.

A su vez, hemos evaluado la distribución del sexo tanto, por un lado, en la totalidad de pacientes incluidos en el estudio, como, por otro, en aquellos en los que identificamos la asociación de dehiscencias del canal semicircular superior y del tegmen tympani, en ambos casos, en relación a los diferentes grados de neumatización temporal. En el primero de estos dos supuestos, para los hombres, el tipo de neumatización más frecuentemente detectado fue el grado III (46,8%) (22 de 47), mientras que para las mujeres examinadas, el estado de neumatización más mayoritario en sus tomografías fue el grado II (49,4%) (38 de 77) (**Tabla 7**).

			Hombre	Mujer	TOTAL	
TC NEUMATIZACIÓN	Extensa (Grado III)	Recuento	22	20	42	
		% dentro TC NEUMATIZACIÓN	52,4 %	47,6 %	100,0 %	
		% dentro de SEXO	46,8 %	26,0 %	33,9 %	
		Residuo corregido	2,4	-2,4		
	Moderada (Grado II)	Recuento	17	38	55	
		% dentro TC NEUMATIZACIÓN	30,9 %	69,1 %	100,0 %	
		% dentro de SEXO	36,2 %	49,4 %	44,4 %	
		Residuo corregido	-1,4	1,4		
	Pobre (Grado I)	Recuento	8	19	27	
		% dentro TC NEUMATIZACIÓN	29,6 %	70,4 %	100,0 %	
		% dentro de SEXO	17,0 %	24,7 %	21,8 %	
		Residuo corregido	-1,0	1,0		
TOTAL		Recuento	47	77	124	
		% dentro TC NEUMATIZACIÓN	37,9 %	62,1 %	100,0 %	
		% dentro de SEXO	100,0 %	100,0 %	100,0 %	

Tabla 7. Tabla de contingencia para la distribución del sexo en los diferentes grados de neumatización temporal.

En el caso particular de los 35 casos que presentaron la asociación entre dehiscencias del tegmen y del canal, observamos que la distribución anteriormente descrita se modificaba, pues para los hombres la neumatización más frecuente pasaba a ser la de grado II (53,8%) (7 de 26), y en las mujeres, continuaba siendo ésta la predominante (86,4%) (19 de 26) (**Tabla 8**).

			Hombre	Mujer	TOTAL	
TC NEUMATIZACIÓN	Extensa (Grado III)	Recuento	4	1	5	
		% dentro TC NEUMATIZACIÓN	80,0 %	20,0 %	100,0 %	
		% dentro de SEXO	30,8 %	4,5 %	14,3 %	
		Residuo corregido	2,1	-2,1		
	Moderada (Grado II)	Recuento	7	19	26	
		% dentro TC NEUMATIZACIÓN	26,9 %	73,1 %	100,0 %	
		% dentro de SEXO	53,8 %	86,4 %	74,3 %	
		Residuo corregido	-2,1	2,1		
	Pobre (Grado I)	Recuento	2	2	4	
		% dentro TC NEUMATIZACIÓN	50,0 %	50,0 %	100,0 %	
		% dentro de SEXO	15,4 %	9,1 %	11,4 %	
		Residuo corregido	, 6	- , 6		
TOTAL		Recuento	13	22	35	
		% dentro TC NEUMATIZACIÓN	37,1 %	62,9 %	100,0 %	
		% dentro de SEXO	100,0 %	100,0 %	100,0 %	

Tabla 8. Tabla de contingencia para la distribución del sexo en los diferentes grados de neumatización temporal para el grupo de pacientes con ambas dehiscencias.

Aunque no hemos demostrado la existencia de una vinculación entre los diferentes estados de neumatización del hueso temporal con el sexo, sí se encontró una relación casi significativa entre el grado III o neumatización extensa y el sexo masculino, cuando se presentaban ambas dehiscencias (*test exacto de Fisher* $p = 0,052$) (**Tabla 9**).

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	4,589 ^a	1	, 032		
Corrección de continuidad	2,697	1	, 101		
Razón de verosimilitud	4,524	1	, 033		
Prueba exacta de Fisher				, 052	, 052
Asociación lineal por lineal	4,458	1	, 035		
Nº de casos válidos	35				

Tabla 9. Análisis estadístico (*test exacto de Fisher*) de la relación entre el sexo masculino y la presencia de una neumatización temporal extensa o de grado III.

Al igual que en el primer epígrafe de este apartado de *Resultados*, también hemos querido analizar las variaciones relativas a las edades medias de los sujetos en cada uno de los tres estados de neumatización del hueso temporal en los que hemos clasificado los hallazgos de las imágenes de Tomografía Computarizada de nuestros pacientes. En este sentido, en el caso de la neumatización pobre o de grado I, la edad media obtenida fue de $62,8 \pm 16,8$ años. Para el grado II, este dato fue de $59,5 \pm 11,6$ años; y para el grado III, de $57,5 \pm 14$ años. Respectivamente para cada uno de estos grupos, el rango de edades osciló entre 23 y 88 años para el grado I, 37 y 82 años para el grado II y 24 y 82 años para el grado III (**Tabla 10**).

Evaluando estos resultados, no hemos detectado diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes grupos clasificados según su grado de neumatización temporal (*ANOVA* $F = 1,249$; $p = 0,291$) (**Fig 11**).

EDAD/TC NEUMATIZACIÓN	Extensa (Grado III)	Media		Estadístico	Error estándar
		95% de IC para la media	Límite inferior	53,09	
			Límite superior	61,82	
		Desviación estándar		14,011	
		Mínimo		24	
	Moderada (Grado II)	Máximo		82	
		Media		59,51	1,560
		95% de IC para la media	Límite inferior	56,38	
			Límite superior	62,64	
		Desviación estándar		11,572	
	Pobre (Grado I)	Mínimo		37	
		Máximo		82	
		Media		62,78	3,226
		95% de IC para la media	Límite inferior	56,15	
			Límite superior	69,41	
		Desviación estándar		16,764	
		Mínimo		23	
		Máximo		88	

Tabla 10. Tabla de contingencia para la distribución de la variable edad en los diferentes grados de neumatización temporal.

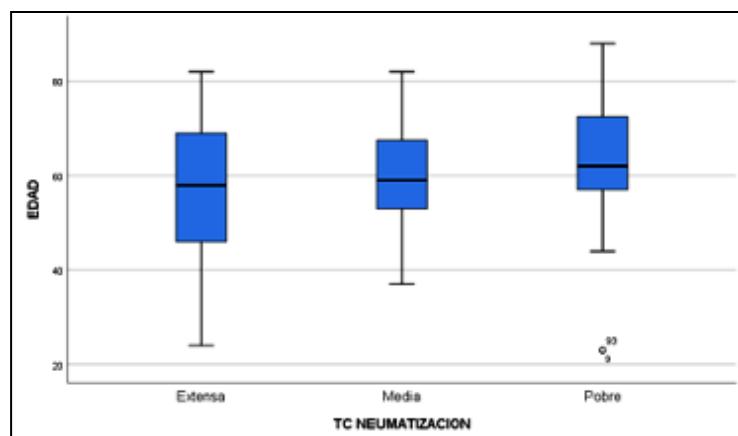


Figura 11. Diagrama de caja y bigotes que representa la variabilidad de la edad media de los sujetos en función del tipo de neumatización presentada.

5. DISCUSIÓN

Este trabajo está constituido por dos partes fundamentales. La primera de ellas representa una revisión bibliográfica de los conocimientos recopilados acerca de la asociación entre dehiscencias del tegmen tympani con dehiscencias del canal semicircular superior, abarcando todas las publicaciones al respecto desde que Minor la describiera por primera vez en el año 2000 (1) hasta la actualidad. La segunda corresponde a un estudio de investigación en el que se analiza el estado de neumatización del hueso temporal cuando se presenta dicha asociación en los pacientes.

Para la revisión de la evidencia disponible, hemos empleado un riguroso criterio y una metodología científica basados en la identificación de datos indexados en cuatro bases de datos (*Alcorze, Web of Science, Scopus y PubMed*). Para evitar imprecisiones o sesgos, se determinaron previamente los criterios de inclusión, exclusión y las palabras claves a utilizar y, una vez seleccionada la información obtenida, ésta fue evaluada, sintetizada y discutida.

En primer lugar, hemos observado que existe una gran escasez de manuscritos en la literatura, pues sólo 35 publicaciones hacen referencia a la relación existente entre ambas dehiscencias, de lo que hemos podido concluir que la asociación entre estas dos entidades constituye una patología rara, pero con una prevalencia altamente significativa, que aumenta cuando los pacientes, en los estudios realizados, son diagnosticados previamente de otra dehiscencia, y más que cuando éstos son procedentes de series consecutivas o seleccionadas. También hemos detectado un incremento de la probabilidad de presentar ambos defectos cuando se diagnostica uno de ellos y cómo, cuando se presenta dicha asociación, el grosor de la base craneal se encuentra más adelgazado (8, 17, 21). Estos hechos han sugerido que formarían parte de una entidad común que sería resultado de los mismos factores, razón que justificaría la habitual coexistencia de las mismas, sin que todavía se conozca si su etiología es congénita (7, 9, 15, 21, 24, 26), adquirida (4) o mixta (35).

Los facultativos refieren la dificultad de sospechar esta asociación dada la notable similitud clínica que presentan. Por ello, recomiendan que, al diagnosticarse una dehiscencia del tegmen o del canal, se investigue la posibilidad de la presencia de la otra (16, 19, 32), especialmente si se dan las siguientes manifestaciones y circunstancias clínicas: meningitis otológicas, hipoacusia de transmisión, en estudios radiológicos previos a cirugías exploratorias de la caja del tímpano o vinculada a sintomatología vestibular.

La vía quirúrgica de elección también ha supuesto un foco de importante discrepancia, aunque, a día de hoy, se prefiere la vía transmastoidea para evitar la morbilidad asociada a la craneotomía a

través de la fosa craneal media (27). Además, se aconseja particularmente la reparación simultánea de un canal dehiscente asintomático cuando se interviene un defecto óseo del tegmen (19, 22).

Al evaluar nuestros resultados, en la segunda parte de este trabajo, hemos obtenido una incidencia de tégmenes dehiscentes asociados a dehiscencia del canal semicircular superior del 28,2%, cifra inferior si la comparamos con las descritas por Crovetto et al. del 36,4% (8), Whyte et al. (37,3%) (25), Formeister et al. (37,5%) (34), El Hadi et al. (56,5%) (11) o Nadaraja et al. (76%) (12), pero superior a la dada por Cloutier et al., del 13% (6). Pensamos, al igual que expusieron todos ellos, que la asociación entre ambos defectos óseos es la más frecuente de entre todas las que podrían coexistir en el hueso temporal. En este sentido, presuponemos que la discordancia en cuanto a los datos de incidencia anteriormente enumerados podría deberse a la sensibilidad relativamente baja de la Tomografía Computarizada para detectar dehiscencias del tegmen. Un ejemplo de ello lo encontramos en publicaciones como la de Formesiter et al., en la que el 19,9% de los pacientes (27/136) fueron diagnosticados de una dehiscencia del tegmen en el momento de la cirugía para tratar su dehiscencia del canal (34).

Estamos de acuerdo con Fraile et al., en que la elevada prevalencia de esta asociación es debida a que ambas entidades tendrían un origen embriológico común en tres hitos del desarrollo: la cápsula ótica, los centros primarios de los canales semicirculares superiores que colaboran en la osificación del tegmen tympani y el periostio que separa el tegmen de la fosa craneal media y que es continuación del que cubre el canal semicircular superior (15). En relación a ello, Wackym et al., en 2016, acuñaron el término *síndrome de la cápsula ótica* para definir la existencia de dehiscencias asociadas entre cualquiera de los canales semicirculares (superior, posterior o lateral) (36). Más tarde, Whyte et al., en 2020, ampliaron este término incluyendo, a su vez, otras múltiples dehiscencias de estructuras derivadas de la cápsula ótica como serían el tegmen tympani, el antrum mastoideo, el canal semicircular posterior, el conducto auditivo interno o el acueducto de Falopio, entre otras (26). En este actual 2023, Zarandy et al., han estudiado los diferentes tipos de dehiscencias de la cápsula ótica encontrando una prevalencia de las dehiscencias de los canales semicirculares superior y posterior del 6 y 2,7%, respectivamente, de la dehiscencia coclear con el facial de un 6,3%, de la cóclea con el conducto auditivo del 0,7%, de la cóclea con el canal carotídeo del 0,7%, de la dehiscencia del bulbo yugular y el acueducto del 6,3% y del bulbo yugular con el canal semicircular posterior de un 0,2% (37). Al analizar esta información, hemos comprobado que no se menciona la vinculación de la dehiscencia del tegmen con la del canal semicircular superior, a pesar de ser ésta la más prevalente en la mayoría de los casos.

Aunque no es significativo, también hemos observado un mayor número de portadores de ambas dehiscencias en mujeres (22/35) que en varones (13/35). Este predominio femenino también se ha observado, entre otros, en los estudios de Lookabaugh et al. (14), Stevens et al. (21), y Formeister et al. (34).

En lo que no coincidimos sería en la afirmación que algunos autores, como Martin et al., han sustentado en referencia a la mayor frecuencia de defectos óseos bilaterales en los sujetos (5/9) (7), pues tan sólo hemos hallado 3 pacientes en los que se presentaran ambas dehiscencias de forma bilateral, siendo 29 los que las manifestaban en un único lado.

Por otra parte, no hemos encontrado en nuestra revisión bibliográfica ningún estudio en el que se reflejara una posible asociación entre ambas dehiscencias con el grado de neumatización del hueso temporal, razón por la que hemos querido examinar si existe un patrón o grado predominante en estos supuestos. Para ello, hemos elaborado nuestra propia clasificación radiológica incluyendo el estado de la mastoides, de la apófisis petrosa y del vestíbulo, haciendo especial hincapié en la conexión de las celdas neumáticas con el canal semicircular superior. Del mismo modo que sucedió en los estudios de Tikka et al. (38) y Crovetto et al. (8), no hemos logrado detectar ningún caso de temporal esclerosado o grado 0. En estos dos últimos manuscritos (38, 8) y en el de Aladeyelu et al. (39), sí se analiza la relación de la neumatización del hueso temporal, respectivamente, con dehiscencias del canal semicircular superior, y con dehiscencias del golfo de la yugular y del conducto carotídeo, pero no de la asociación de ésta con las dehiscencias del tegmen y del canal. Desde la Antigüedad, se conoce que este fenómeno de neumatización ósea estaría influenciado por múltiples factores genéticos, ambientales, nutricionales y patológicos, considerándose, según Rebol et al., una variante de la normalidad cuyo desarrollo se inicia en las últimas semanas previas al nacimiento y que progresa a partir de la infancia y la pubertad (40). A su vez, se han postulado diversas teorías acerca de la función de dicha neumatización como reguladora de la presión en el interior de la cavidad auditiva, de la temperatura, resonancia del sonido, en la disminución del peso craneal y como protectora de las estructuras del oído. De hecho, Kang et al., demostraron que los pacientes en los que se halló neumatización en el hueso temporal desarrollaron menos hipoacusia neurosensorial y correlacionaron su presencia con un efecto protector de la fractura ósea temporal y de la disfunción vestibular (41).

La mayor dificultad que hemos encontrado sería la existencia de diferentes clasificaciones de la neumatización del hueso temporal mediante técnicas de imagen, a pesar de que ninguna de ellas cumpla con la aceptación unánime de los distintos investigadores. De hecho, unas están limitadas a

la mastoides, como la Carter et al., de 1999 que las agrupa según su apariencia en uniloculares, multiloculares y trabeculares (42), o la de Virapongse et al., de 1985, que clasifica la mastoides según lo neumatizado del antro y el ápex mastoideo en esclerosada, hiponeumatizada, neumatización media e hiperneumatizada (43). Otras como la de Al Faleh e Ibrahim de 2005 se basa en su relación con la cavidad glenoidea, siendo el valor 0 una neumatización limitada a la mastoides, el 1 cuando alcanza la cavidad glenoidea; 2, cuando ocupa toda la cavidad hasta la cresta de la eminencia articular, y 3, cuando sobrepasa esta eminencia (44). Por otro lado, Han et al., en 2007, propusieron distintas clasificaciones, en su caso, de acuerdo a la relación con el laberinto, empleando las siguientes 3 categorías: en el grupo 1 no existe neumatización alrededor de la región del oído interno, en el 2 la neumatización se encuentra en las inmediaciones del vestíbulo, y el 3 representa una neumatización perilabertínica. También establecieron otra distribución para el segmento petroso del canal carotídeo siendo el grupo 1 aquel en el que no existe neumatización en el ápex petroso; 2, en el que se aprecia una leve neumatización en la punta del peñasco, y 3, en el que hay una neumatización alrededor del canal carotídeo. Describieron, a su vez, una tercera organización en relación con el seno sigmoideo en 4 clases: anterior, lateral, posterior y que sobrepase el seno (45). Más tarde, en el año 2010, Crovetto et al., clasifican la neumatización del temporal en tres clases: pobre, media y extensa (8); mientras que Aladeyelu et al., en este 2023, las catalogaron en hiponeumatización, neumatización moderada, buena neumatización e hiperneumatización (39).

Como se puede ver en la **Tabla 5**, el tegmen tympani dehisciente se relaciona en el 44,4% con una neumatización grado II, en el 33,9% con el grado III y en el 21,8% con el grado I. Asimismo, en la **Tabla 8**, evaluamos los diferentes grados de neumatización en los casos que presentaron la asociación entre dehiscencias del canal y del tegmen por sexo. De este modo, en las mujeres, el grado de neumatización más mayoritario fue el grado II, en contraposición a los hombres, en los que el prevalente fue el grado III, donde hemos encontrado una relación casi significativa (*test exacto de Fisher* $p = 0,052$). Este último dato podría explicarse teniendo en cuenta los resultados aportados por exámenes previos como el de Castro Pérez et al., que observaron en los varones una mayor propensión a la neumatización, al contrario que en las mujeres en las que se vio el fenómeno opuesto (46); o como el de Tan et al., que demostraron que el sexo masculino se asoció, de forma significativa, a un aumento de la neumatización en el ápice petroso y en los compartimentos infralaberínticos ($p = 0,001$) (47).

Nosotros sí hemos hallado significación estadística entre la neumatización moderada o de grado II y la presencia de ambas dehiscencias ($p < 0,001$) (**Tabla 6**). Estos resultados concuerdan con las observaciones de De Jong et al., que describen un menor grosor y densidad neumática del temporal en pacientes con dehiscencia del canal semicircular superior que en sus controles con huesos temporales anatómicamente normales (48), y con los de Shim et al., que encuentran una mayor disminución del volumen de las celdas mastoideas en pacientes con dehiscencias del canal que en sus controles con otoesclerosis o fracturas óseas temporales (49). En cambio, en el análisis desarrollado por Tikka et al., obtuvieron que el 83,3% de sus pacientes con dehiscencia del canal mostraron un patrón más extensamente neumatizado que el documentado en nuestro estudio, pero considerando solamente la mastoides y no la localización del resto de celdas neumáticas. Estos autores sugieren, además, que sería razonable suponer que temporales bien neumatizados tendrían un hueso más adelgazado sobre el canal semicircular superior y que, por lo tanto, sería más susceptible a un segundo evento que produjera su dehiscencia (38).

6. CONCLUSIONES

1. El estudio bibliográfico muestra una escasez de manuscritos referentes a la asociación entre dehiscencias del tegmen tympani y del canal semicircular superior. A pesar de ser considerada una patología poco común, se estima que es la asociación de defectos óseos más frecuente en el hueso temporal.
2. Los investigadores recomiendan la búsqueda, mediante Tomografía Computarizada, de una segunda dehiscencia (de tegmen o canal) en caso de observarse una de las dos.
3. La incidencia tomográfica de la asociación entre dehiscencias del tegmen tympani y del canal semicircular superior en nuestro análisis corresponde al 28,2%.
4. Hemos obtenido una relación estadísticamente significativa entre la coexistencia de una neumatización moderada o de grado II con la presencia de ambas dehiscencias en el hueso temporal ($p < 0,001$).
5. No se ha demostrado la existencia de diferencias significativas en ningún grupo de edad o sexo con respecto a la existencia o no de asociación entre dehiscencias del tegmen y del canal, ni tampoco en relación a los diferentes estados de neumatización temporal, exceptuando el caso de la neumatización extensa o de grado III con el hecho de ser hombre, donde hemos encontrado una relación casi significativa cuando se presentan ambas dehiscencias (*test exacto de Fisher* $p = 0,052$).

BIBLIOGRAFÍA

1. Minor LB. Superior canal dehiscence syndrome. *Am J Otol*. 2000; 21: 9-19.
2. Brantberg K, Bergenius J, Mendel L, Witt H, Tribukait A, Ygge J. Symptoms, findings and treatment in patients with dehiscence of the superior semicircular canal. *Acta Otolaryngol*. 2001; 121: 68-75.
3. Pletcher SD, Oghalai JS, Reeck JB, Cheung SW. Management of superior canal dehiscence syndrome with extensive skull-base deficiency. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*. 2005; 67 (4): 192-5.
4. Friedland DR, Michel MA. Cranial thickness in superior canal dehiscence syndrome: implications for canal resurfacing surgery. *Otol Neurotol*. 2006; 27 (3): 346-54.
5. Mahendran S, Sunkaraneni VS, Baguley DM, Axon PR. Superior semicircular canal dehiscence with a large tegmental defect. *J Laryngol Otol*. 2007; 121 (2): 189-91.
6. Cloutier JF, Bélair M, Saliba I. Superior semicircular canal dehiscence: positive predictive value of high-resolution CT scanning. *Eur Arch Otorhinolayngol*. 2008; 265 (2): 1455-60.
7. Martin C, Chahine P, Veyret C, Richard C, Prades JM, Pouget JF. Prospective radiological study concerning a series of patients suffering from conductive or mixed hearing loss due to superior semicircular canal dehiscence. *Eur Arch Otorhinolayngol*. 2009; 266 (8): 1175-81.
8. Crovetto M, Whyte J, Rodríguez OM, Lecumberri I, Martínez C, Elépuru J. Anatomoradiological study of the superior semicircular canal dehiscence: radiological considerations of superior and posterior semicircular canals. *Eur J Radiol*. 2010; 76 (2): 167-72.
9. Suryanarayanan R, Lesser TH. Honeycomb tegmen: multiple tegmen defects associated with superior semicircular canal dehiscence. *J Laryngol Otol*. 2010; 124 (5): 560-3.
10. Teixido M, Kung B, Rosowski JJ, Merechant SN. Histopathology of the temporal bone in a case of superior canal dehiscence syndrome. *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology*. 2012; 121 (1): 7-12.
11. El Hadi T, Sobrentino T, Calmels MN, Fraysse B, Degune O, Marx M. Spontaneous tegmen defect and semicircular canal dehiscence: same etiopathogenic entity? *Otol Neurotol*. 2012; 33 (4): 591-5.
12. Nadaraja GS, Gurgel RK, Fischl NJ, Anglemyer A, Monfared A, Jackler RK, et al. Radiographic evaluation of the tegmen in patients with superior semicircular canal dehiscence. *Otol Neurotol*. 2012; 33 (7): 1245-50.

13. Lim ZM, Friendland PL, Boeddinghaus R, Thompson A, Rodrigues SJ, Atlas M. Otitic meningitis, superior semicircular canal dehiscence, and encephalocele: a case series. *Otol Neurotol*. 2012; 33(4): 610-2.
14. Lookabaugh S, Kelly HR, Carter MS, Niesten MEF, McKenna ML, Curtin H, et al. Radiologic classification of superior canal dehiscence: implications for surgical repair. *Otol Neurotol*. 2015; 36 (1): 118-25.
15. Fraile JJ, Cisneros AI, Obón J, Yus C, Crovetto R, Crovetto MA, et al. Ontogenetic explanation for tegmen tympani dehiscence and superior semicircular canal dehiscence association. *Acta Otorrinolaringol Esp*. 2016; 67 (4): 226-32.
16. Whyte J, Tejedor MT, Fraile JJ, Cisneros A, Crovetto R, Monteagudo LV, et al. Association between tegmen tympani status and superior semicircular canal pattern. *Otol Neurotol*. 2016; 37 (1): 66-9.
17. Rizk HG, Hatch JL, Stevens SM, Lambert PR, Meyer TA. Lateral skull base attenuation in superior semicircular canal dehiscence and spontaneous cerebrospinal fluid otorrhea. *Head Neck Surg*. 2016; 155 (4): 641-8.
18. Castellucci A, Brandolini C, Piras G, Fernández IJ, Giordano D, Pernice, et al. Superior canal dehiscence with tegmen defect revealed by otoscopy: video clip demonstration of pulsatile tympanic membrane. *Auris Nasus Larynx*. 2018; 45 (1): 165-9.
19. Handzel O, Brenner-Ullman A, Cavel O, Oron Y, Wasserzug O, Fliss DM, et al. Clinical implications of the association between temporal bone tegmen defects and superior semicircular canal dehiscence. *Otol Neurotol*. 2018; 39 (6): 797-802.
20. Kuo P, Bagwell KA, Mongelluzzo G, Schutt CA, Malhotra A, Khokhar B, et al. Semicircular canal dehiscence among idiopathic intracranial hypertension patients. *Laryngoscope*. 2018; 128: 1196-9.
21. Stevens SM, Hock K, Samy RN, Pensak ML. Are patients with spontaneous CSF otorrhea and superior canal dehiscence congenitally predisposed to their disorders? *Head Neck Surg*. 2018; 159 (3): 543-52.
22. Kutz JW, Tolisano AM. Diagnosis and management of spontaneous cerebrospinal fluid fistula and encephaloceles. *Head Neck Surg*. 2019; 27 (5): 369-75.
23. Völdrich R, Májovsky M, Chovanec M, Netuka D. First case of bilateral spontaneous otogenic pneumocephalus. *World Neurosurg*. 2019; 125: 179-82.

24. Inal M, Asal N, Bayar Muluk N, Simsek G, Sahan MH, Arlkan OK. A comparison of diagnostic accuracy of superior semicircular canal dehiscence in MDCT and MRI, and coexistence with tegmen tympani dehiscence. *Journal of Neurological Surgery*. 2020; 82 (4): 476-83.
25. Whyte J, Cisneros AI, García-Barrios A, Fraile JJ, Whyte A, Crovetto R, et al. Association between superior semicircular canal dehiscence and other dehiscences in temporal bone. *Folia Morphol*. 2019; 74 (9): 823-8.
26. Whyte J, Cisneros AI, Fraile JJ, Whyte A, Crovetto R, Monetagudo LV, et al. Interaction effect of tegmen tympani and superior canal statuses on the thickness of the roof of the glenoid fossa: a cross-sectional descriptive study. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2020; 42 (1): 75-80.
27. Nieto P, Gallois Y, Max M. Concomitant treatment of superior semicircular canal and tegmen dehiscence by transmastoid approach (with video). *Eur Ann Otorhinolaryngol*. 2021; 138: 77-8.
28. Hashmi SS, Izquierdo JC, Emmet SD, Linder TE. Middle cranial fossa approach: the incudomalleolar joint as a reliable landmark. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2021; 25 (3): 392-8.
29. Heywood RL, Goderie T, Atlas MD. Spontaneous tegmen tympani dehiscence: causes and treatment of conductive hearing loss. *Otol Neurotol*. 2021; 42 (8): 1042-8.
30. Castellucci A, Botti C, Renna L, Delmonte S, Moratti C, Pascarella R, et al. Enhanced otolith function despite severe labyrinthine damage in a case of pneumolabyrinth and pneumocephalus due to otogenic meningitis associated with superior canal dehiscence. *Otol Neurotol*; 2021: 42 (1): 101-6.
31. Wentland C, Cousins J, May J, Rivera A. Dural contact to the malleus head in patients with superior semicircular canal dehiscence (SSCD): case series and review of SSCD and tegmen defects. *Annals of Otology, Rhinology and Laryngology*. 2021; 130 (12): 1400-6.
32. Barbara M, Margani V, Voltattorni A, Monini S, Covelli E. Concomitant dehiscences of the temporal bone: a case-based study. *Ear, Nose and Throat Journal*. 2022; 10 (8): 324-8.
33. Kaufman AC, Cooperman S, Ali NES, Alyono JC. Matched cohort study of radiographic superior semicircular canal dehiscence and tegmen dehiscence and obstructive sleep apnea. *Otol Neurotol*. 2022; 43 (10): 1222-6.
34. Formeister EJ, Zhang LS, Dent J, Aygun N, Carey JP. Predictive factors for concurrent tegmen dehiscence in superior canal dehiscence syndrome. *Otol Neurotol*. 2022; 43 (4): 494-9.
35. Kutz JW, Tan D. Cerebrospinal fluid fistulas and encephaloceles in the setting of superior semicircular canal dehiscence. En: Gianoli GJ, Thomson P. *Third mobile window syndrome of the inner ear*. 1. Los Ángeles: Springer; 2023. p. 413-20.

36. Wackym PA, Balaban CD, Mackay HT, Wood SJ, Lundell CJ, Carter DM, et al. Longitudinal cognitive and neurobehavioral functional outcomes before and after repairing otic capsule dehiscence. *Otol Neurotol*. 2016; 37 (1): 70-82.
37. Zarandy MM, Kouhi A, Emami H, Amirzargar B, Kazemi MA. Prevalence of otic capsule dehiscence in temporal bone computed tomography scan. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2023; 280: 125-30.
38. Tikka T, Kontorinis G. Temporal bone anatomy in superior semicircular canal dehiscence: a case control study on bone pneumatization and the level of middle cranial fossa. *Otol Neurotol*. 2020; 41 (3): 334-41.
39. Aladeyelu OS, Olojede SO, Lawal SK, Mbatha WBE, Sibya AL, Rennie CO. Influence of pneumatization on morphology of temporal bone-related vasculatures and their morphometric relationship with ear regions: a computed tomography study. *Sci Rep*. 2023; 13 (1): 1996.
40. Rebol J, Munda A y Tos M. Hyperneumatization of the temporal, occipital and parietal bones. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2004; 261: 445-8.
41. Kang TK, Ha R, Oh JR, Sunwoo W. The potential protective effects of temporal bone pneumatization: a shock absorber in temporal bone fracture. *PLoS ONE*. 2019; 14 (5): 1-12.
42. Carter LC, Haller AD, Calamel AD, Pfaffenbach AC. Zygomatic air cell defect (ZACD). Prevalence and characteristics in a dental clinic outpatient population. *Dentomaxillofacial radiology*. 1999; 28 (2): 116-22.
43. Virapongse C, Sarwar M, Bhimani S, Sasaki C, Shapiro R. Computed tomography of temporal bone pneumatization: normal pattern and morphology. *AJR*. 1985; 145: 473-81.
44. Al Faleh, Ibrahim ME. A tomographic study of air cell pneumatization of the temporal components of the TMJ in patients with temporomandibular joint disorders. *Egypt Dent J*. 2005; 51: 1835-42.
45. Han SJ, Song MH, Kim J, Lee WS, Lee HK. Classification of temporal bone pneumatization base on sigmoid sinus using computed tomography. *Clinical Radiology*. 2007; 62: 1110-8.
46. Castro Pérez F, Jerez Cordobez M, Rodríguez Gómez I, Rodríguez González R, Márquez Márquez DR. Neumatización petromastoidea: impacto de enfoque etiológico multifactorial. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*. 2009; 13 (1): 130-8.
47. Tan AD, Ng JH, Lim SA, Low DYM. Classification of temporal bone pneumatization on high resolution computed tomography: prevalence patterns and implications. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2018; 159 (4): 743-9.

48. De Jong MA, Carpenter DJ, Kaylie DM, Piker EG, Frank-Ito DO. Temporal bone anatomy characteristics in superior semicircular canal dehiscence. *Journal of otology*. 2017; 12: 185-91.
49. Shim SB, Kang BC, Kim CH, Kim TS, Park HJ. Superior canal dehiscence patients have smaller mastoid volume than age - and sex - matched otosclerosis and temporal bone fracture patients. *Korean J Audiol*. 2012; 16: 120-3.