

# Tipos de implantes activos de oído medio

Manuel Manrique Rodríguez, Laura Girón y Alicia Huarte Irujo

Departamento de Otorrinolaringología. Clínica Universitaria de Navarra. Pamplona. Navarra. España.

Los implantes activos de oído medio se clasifican en implantes piezoeléctricos, que utilizan las propiedades de los materiales piezoeléctricos, y son de dos tipos: monomorfos y dimorfos, y en implantes de transducción electromagnética: se utiliza un imán, generalmente de tierras raras (p. ej., samario cobalto), y una bobina inductora. Este campo magnético provoca la vibración del imán, que al estar acoplado directamente a la cadena tímpano-oscicular pone en movimiento los fluidos cocleares. La transducción electromecánica es una variación de la electromagnética.

**Palabras clave:** Implante oído medio. Sistema Vibrant Med-El. Sistema Carina Otologics.

## Active middle-ear implants

Active middle ear implants are classified as *piezoelectric implants*, which use the properties of piezoelectric materials. There are two types of piezoelectric implants: monomorphic and dimorphic; *electromagnetic transduction* uses a magnet, usually a rare earth magnet (e.g. samarium cobalt) and an energizing coil. This magnetic field causes the magnet to vibrate, which in turn, through the tympanic-ossicular chain, causes movement of the cochlear fluids. Electromechanical transduction is a variation of electromagnetic transduction.

**Key words:** Middle ear implant. Med-El Vibrant sound-bridge. Otologics' Carina system.

## INTRODUCCIÓN

Las primeras investigaciones acerca de la estimulación oscicular, siguiendo el concepto empleado por los implantes activos de oído medio (IAOM), fueron realizadas por Wilska<sup>1</sup> en 1935. Sus experimentos con partículas de hierro empujadas en la membrana timpánica, que estimuló con una bobina electromagnética, demostraron que los sujetos estudiados podían percibir sonidos puros de diferente tonalidad. A finales de los años cincuenta Rustchmann<sup>2</sup> también consiguió estimular de forma satisfactoria la cadena de huesecillos mediante la introducción de imanes de 10 mg en el umbo, provocando su vibración mediante la aplicación de un campo magnético modulado por una bobina electromagnética. El departamento de ingeniería electrónica de la Universidad de Pittsburg publicó un artículo en 1967, en que se describía el diseño de un audífono implantable. En ese artículo se debatía la adaptación de tecnología empleada por los marcapasos a los audífonos implantables. Estos trabajos desembocaron en la aplicación de la primera patente de un audífono implantable, si bien no se llegó a fabricar el modelo descrito<sup>3</sup>. Los primeros diseños comerciales aparecieron en el mercado hacia los años setenta<sup>4-6</sup> y han servido de base para el desarrollo de las actuales prótesis implantables.

De manera esquemática un implante activo de oído medio consta de un micrófono, un audiodprocesador, una batería, una unidad receptora (estos últimos tres componentes en los sistemas totalmente implantables reciben el nombre de módulo principal) y un transductor (fig. 1).

## CLASIFICACIÓN DE LOS IAOM SEGÚN EL TIPO DE TRANSDUCTOR

Los tipos de transductores utilizados en los implantes activos de oído medio son tres. Cada uno de ellos tiene ventajas y desventajas en aspectos relacionados con el tratamiento de la energía, la eficacia, la frecuencia de respuesta y la fiabilidad del sistema. Los transductores pueden ser clasificados en tres grupos: piezoeléctricos, electromagnéticos y electromecánicos. En la tabla I se muestra esta clasificación y se encuadran en ella los dispositivos comercializados en la actualidad o en los pasados años<sup>7-15</sup>, de forma que algunos de ellos, como el sistema Vibrant Soundbridge y el MET, serán objeto de un estudio más extenso en los capítulos siguientes.

Los implantes piezoeléctricos utilizan las propiedades de los materiales piezoeléctricos. Cuando se deja pasar una corriente eléctrica a través de ellos, resulta una deformación de la materia, la cual genera un movimiento que, aplicado sobre la cadena oscicular, es capaz de estimular el oído interno (fig. 2). Los implantes piezoeléctricos son de dos tipos, monomorfos y bimorfos. Los monomorfos utilizan la contracción y la expansión directamente para producir un desplazamiento, mientras que los bimorfos utilizan dos piezas de materiales piezoeléctricos puestas una junto a la otra con polos opuestos, causando el doblamiento de la estructura.

Correspondencia a: Prof. M. Manrique Rodríguez.  
Departamento de Otorrinolaringología.  
Clínica Universitaria de Navarra.  
Avda. Pío XII, 36. 31008 Pamplona. Navarra. España.  
Correo electrónico: mmanrique@unav.es

**Tabla I.** Clasificación de los transductores

<i>Transductor</i>	<i>Investigadores</i>	<i>Compañía</i>	<i>Implantación</i>
Piezoeléctrico	Yanagihara et al <sup>11</sup>	Rion	Parcial
Piezoeléctrico	Welling et al <sup>14</sup>	St. Croix Medical	Total
Piezoeléctrico	Zenner et al <sup>15</sup>	Implex	Total
Electromagnético	Kartush et al <sup>8</sup>	Smith Nephew Richards	Parcial
Electromagnético	Perkins <sup>13</sup>	Resound	Parcial
Electromagnético	Maniglia et al <sup>9</sup>	Wilson Greatbach	Parcial
Electromagnético	Baker et al <sup>7</sup>	Sondtech	Parcial
Electromecánico	Gan et al <sup>12</sup>	Vibrant Sounbridge	Parcial
Electromecánico	Frederickson et al <sup>10</sup>	Otologics	Parcial y total

En la transducción electromagnética se utiliza un imán, generalmente de tierras raras (por ejemplo, samario cobalto), y una bobina inductora. El imán se aproxima a la cadena osicular, la membrana timpánica o bien al oído interno (en la ventana redonda). Se genera un campo magnético fluctuante cuando la bobina se activa a partir de una señal que corresponde a una entrada acústica recogida inicialmente por el micrófono. Este campo magnético produce la vibración del imán (fig. 3) que, al estar acoplado directamente a la cadena tímpano-osicular, pone en movimiento los fluidos cocleares. Ya que la fuerza que se genera es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la bobina y el imán (por ejemplo, al doblar la distancia entre el imán y la bobina se produce una salida de un cuarto de fuerza), es evidente que estos dos componentes deben mantenerse lo más próximos el uno al otro, para así conseguir un sistema más eficiente.

La transducción electromecánica es una variación de la electromagnética. Dado que la anatomía puede forzar variaciones relevantes en la distancia que separa el imán y la bobina, lo cual generaría fluctuaciones en la ganancia y en la respuesta tonal, en la transducción electromecáni-

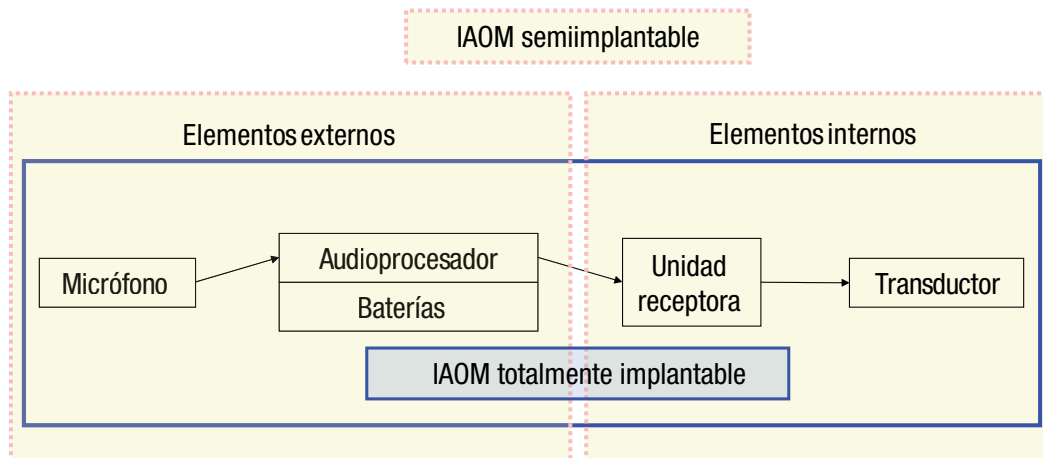
ca la bobina y el imán se localizan en estrecha relación espacial y geométrica, precisamente para evitar este problema. La energía mecánica producida por este tipo de implantes se transmite por una conexión directa del transductor electromecánico a la cadena osicular o al oído interno (fig. 4).

#### CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LA UBICACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL IAOM

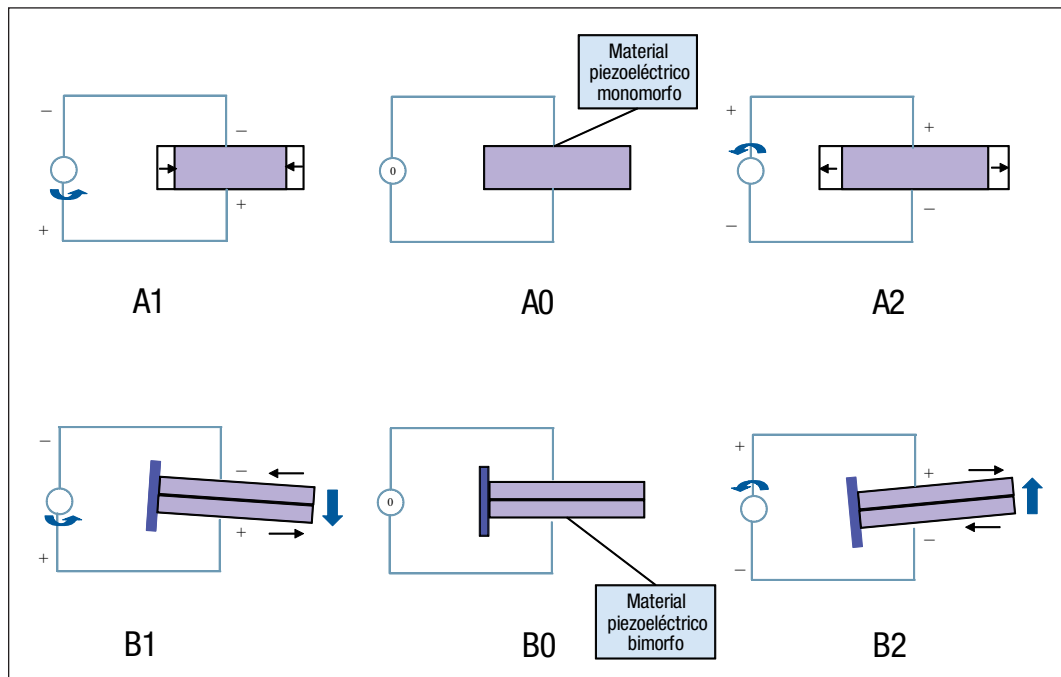
En la actualidad se cuenta con IAOM semiimplantables o totalmente implantables.

Los IAOM semiimplantables cuentan con elementos externos que permanecen fuera del organismo y otros que se implantan mediante un procedimiento quirúrgico. Los componentes externos son: micrófono, batería y audiprocador. Los internos o implantados son la unidad receptora y el transductor.

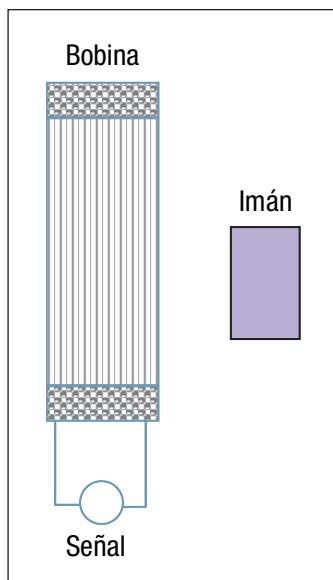
En los IAOM totalmente implantados, todos los componentes anteriormente citados son colocados internamente por medio de cirugía. Además, existen unos complementos



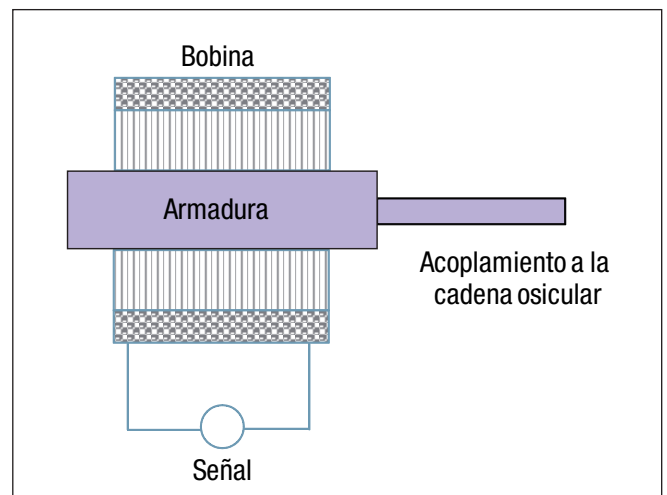
**Figura 1.** Esquema general de un implante activo de oído medio (IAOM) en el que figuran sus principales componentes, contemplando su carácter semiimplantable o totalmente implantable.



**Figura 2.** Representación del funcionamiento de un transductor piezoeléctrico monomorfo (A) y bimorfo (B). En las figuras A observamos que cuando se aplica un voltaje el material se contrae (A1) o se expande (A2) dependiendo de su polaridad. En las figuras B se observa cómo dos piezas piezoeléctricas de distinta polaridad se curvan hacia arriba (B1) o hacia abajo (B2) cuando se aplica un voltaje.



**Figura 3.** Representación esquemática de un transductor electromagnético. Las variaciones del campo magnético en la bobina generadas por una señal interactúan con el campo magnético estático del imán. De esta interacción se deriva un movimiento en el imán.



**Figura 4.** Representación esquemática de un transductor electromecánico, el cual transmite directamente un estímulo a la cadena osicular o la membrana de la ventana redonda, según se trate de las opciones ofrecidas por cada dispositivo.

para el ajuste del dispositivo de acuerdo con las necesidades del paciente y para permitir recargar y controlar el implante. Resulta evidente que este dispositivo ofrece mayor libertad y comodidad que un sistema semiimplantable, ya que el paciente puede llevarlo en todos los ambientes y actividades, como la ducha, práctica de la natación, etc. No obstante, su carácter de implante total hace que cualquier complicación requiera de un abordaje quirúrgico. Por otra parte, cabe señalar que el funcionamiento de algunos componentes, como

la capacidad de recarga de la batería o el rendimiento del micrófono, deberán ser evaluados a largo plazo.

### CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DEL TIPO DE HIPOACUSIA

En un inicio la mayor parte de los IAOM fueron diseñados para tratar hipoacusias de tipo neurosensorial o per-

ceptivas. Para ello contaban con elementos que conectaban o fijaban directamente el transductor a algún componente de una cadena tímpano-oscicular anatómica y funcionalmente normal.

En estos últimos años, los mismos implantes están siendo empleados en el tratamiento de hipoacusias conductivas o mixtas. Para ello, el transductor se ubica en contacto con la membrana de la ventana redonda o de la platina del estribo en la ventana oval. En el caso de que haya restos de la cadena oscicular, los transductores se acoplan a éstos por medio de elementos protésicos parecidos a un POP o un TOP.

### Declaración de conflicto de intereses

Los autores han declarado no tener ningún conflicto de intereses.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Wilska A. Ein methode zur bestimmung der horsch wellenamplituden des trommelfells bei verscheiden frequenzen. *Skandinavisches Archives of Physiology*. 1935;72:161-5.
2. Rutschmann Magnetic audition. Auditory stimulation by means of alternating magnetic fields acting on a permanent magnet fixed to the eardrum. *IRE Transactions Med Electron*. 1959;6:22-3.
3. Goode RL. An implantable hearing aid. State of the art. *Transactions of the American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology*. 1970;74:128-39.
4. Fredrickson JM, Tomlinson DR, Davis ER, Odquist LM. Evaluation of an electromagnetic implantable hearing aid. *Canadian Journal of Otolaryngology*. 1973;2:53-62.
5. Goode RL, Rosenbaum ML, Maniglia AJ. The history and development of the implantable hearing aid. *Otolaryngol Clin North Am*. 1995;28:1-16.
6. Nunley JA, Agnew J, Smith GL. A new design for an implantable hearing aid. *ISA Transaction*. 1976;15:242-5.
7. Baker RS, Wood MW, Hough JVD. The implantable hearing device for sensorineural hearing impairment: the Hough Ear Intitute experience. *Otolaryngol Clin North Am*. 1995;28:147-53.
8. Kartush JM, Tos M. Electromagnetic ossicular augmentation device. *Otolaryngol Clin North Am*. 1995;28:155-72.
9. Maniglia AJ, Ko WH, Rosenbaum M. A contactless electromagnetic implantable middle ear device for sensorineural hearing loss. *ENT Journal*. 1994;73:78-161.
10. Frederickson JM, Cotichia JM, Khosla S. Ongoing investigations into an implantable electromagnetic hearing aid for moderate to severe sensorineural hearing loss. *Otolaryngol Clin North Am*. 1995;28:107-20.
11. Yanagihara N, Gyo K, Hinohira Y. Partially implantable hearing aid using piezoelectric ceramic ossicular vibrator. Results of the implant operation and assessment of the hearing afforded by the device. *Otolaryngol Clin North Am*. 1995;28:85-97.
12. Gan RZ, Wood MW, Ball GR, Dietz TG, Dormer KJ. Implantable hearing device performance measured by laser Doppler interferometry. *Ear Nose Throat Journal*. 1997;76:297-9.
13. Perkins R. Earlens tympanic contact transducer: A new method of sound transduction to the human ear. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 1996; 114:720-8.
14. Welling DB, Warnes DE. Acoustic stimulation of the semicircular canals. *Otolaryngol Clin North Am*. 1995;28:207-9.
15. Zenner HP, Leysieffer H, Maassen M, Lehner R, Lenarz T, Baumann J, et al. Human studies of a piezoelectric transducer and a microphone for a totally implantable electronic hearing device. *Am J Otol*. 2000;21:196-204.