

حلزون از نوع الکترونیکی



پروتز حلزون گوش یکی از تجهیزات پزشکی است که امروزه کاربرد وسیعی در دانش پزشکی یافته و هدف از به کارگیری آن، بازگرداندن حس شنوایی به فرد ناشنوا است. با توجه به اهمیتی که این ابزار یافته است، در طی این مقاله و پس از ذکر انواع ناشنوایی و مقدماتی درباره پروتز حلزون، اجزای اصلی آن معرفی و سپس عملکرد آن به همراه اجزای تشکیل دهنده اش بیان می شود. همچنین مطالبی درباره عمل جراحی آن و افرادی که می توانند از آن بهره مند شوند، گفته می شود و در انتها نتایج استفاده از این پروتز ذکر می گردد.



شکل ۱) جزء داخلی مربوط به پروتز حلزون



شکل ۲) آرایه الکترودی از نوع باتمرکز بالا

پروتز حلزون یک ابزار الکترونیکی است که قسمتی از شنوایی را به فرد ناشنوا باز می‌گرداند. این پروتز با عمل جراحی در گوش داخلی قرار می‌گیرد و به وسیله ابزاری که در خارج از گوش قرار داده شده و پوشیده می‌شود، کار می‌کند. پروتز حلزون بر خلاف ابزارهای کمک‌کننده به شنوایی مانند سمعک، صدا را بلندتر و واضح‌تر نمی‌کند. در مقابل، این ابزار بخش‌های آسیب‌دیده از سیستم شنوایی را بای پس و عصب شنوایی را به صورت مستقیم تحریک می‌کند که این امر به افرادی که به شدت دارای شنوایی آسیب‌دیده و معیوب هستند، اجازه می‌دهد تا صداها را دریافت کنند.

آشنایی با مفاهیم اولیه پروتز حلزون

در این بخش، انواع ناشنوایی ذکر و افرادی که می‌توانند به صورت کارا از این پروتز استفاده کنند، مشخص و تفاوت پروتز حلزون و سمعک که افراد ناشنوای شدید را به سمت استفاده از پروتز شنوایی سوق می‌دهد، بیان می‌گردد.

گوش و شنوایی:

وظیفه اصلی گوش ایجاد حس شنوایی در افراد است. گوش دارای سه بخش اصلی (گوش خارجی، گوش میانی و گوش داخلی) است که نقش اساسی در شنوایی ایفا می‌کند. در این مقاله به مباحث فیزیولوژیک و نحوه ایجاد شنوایی در افراد با توجه به اینکه دارای محدوده وسیعی است، پرداخته نخواهد شد (برای کسب اطلاعات دقیق در این مورد می‌توان به کتاب‌های مختلف فیزیولوژی و آناتومی رجوع کرد).

انسان دارای دو نوع شنوایی است:

الف) شنوایی هدایتی: صدایی که در طول کانال گوش که جزئی از گوش بیرونی است، عبور می‌کند، باعث می‌شود که پرده صماخ به ارتعاش در بیاید. سه استخوان کوچک که در گوش میانی قرار دارند، این لرزش و ارتعاش را از پرده صماخ به حلزون گوش (جایگاه شنوایی) که قسمتی از گوش داخلی است، منتقل می‌کنند.

ب) شنوایی حسی-عصبی: هنگامی که سه استخوان کوچک جابجا می‌شود، این جابجایی باعث شروع به حرکت کردن مایع درون حلزون گوش می‌شود که این حرکت بیش از ۱۶۰۰۰ سلول شنوایی حساس (سلول‌های مژگانی) را تحریک می‌کند. در اثر حرکت سلول‌های مژگانی، جریان‌های الکتریکی در عصب شنوایی تولید می‌شود که این سیگنال الکتریکی به واسطه اتصالات میانی به ناحیه ای از مغز به عنوان مسئول تشخیص و ادراک صوت، می‌رسد.

انواع ناشنوایی و ناشنوایی که می‌توانند از پروتز حلزون بهره‌گیرند:

اگر یک بیماری یا انسداد در گوش خارجی یا گوش میانی داشته باشیم، احتمالاً شنوایی هدایتی ما آسیب خواهد دید که در بیشتر موارد عمل، جراحی یا معالجات پزشکی می‌تواند آن را اصلاح کند. مشکلات گوش داخلی ممکن است منجر به صدمات حسی-عصبی یا ناشنوایی عصبی^۵ شود. در بیشتر موارد، سلول‌های مژگانی صدمه می‌بینند و کار نمی‌کنند، در حالی که تعدادی از فیبرهای عصب شنوایی سالم مانده است و می‌تواند تحریک‌های الکتریکی را به مغز منتقل کند، از آنجایی که سلول‌های مژگانی آسیب‌دیده است، این فیبرهای عصبی نمی‌تواند کاری انجام دهد و مسؤولیتی را به عهده بگیرد. نظر به اینکه ناشنوایی‌های حسی-عصبی شدید با دارو بهبود نمی‌یابد، فقط با کاشت پروتز حلزون می‌توان آن را درمان کرد.

تفاوت پروتز حلزون با سمعک:

سمعک پروتز خارجی است که صدا را برای فرد کاربر بلند می‌کند. اما در برخی افراد که به دلیل آسیب سلول‌های مژگانی گوش دچار کم‌شنوایی عمیق است، بلند شدن صدا سودمند نیست. در مورد این افراد، عصب شنوایی نسبتاً سالم است و کاشت پروتز حلزون با عبور از گوش داخلی و تحریک مستقیم عصب شنوایی، بسیار سودمند است.

پروتز حلزون

در این قسمت ابتدا اجزای اصلی پروتز حلزون معرفی خواهد شد، سپس نحوه کار این اجزاء و عملکردشان برای شنوایی ذکر می‌شود و مطالبی در مورد فرآیند جراحی و آماده‌سازی برای جراحی پروتز حلزون ذکر می‌گردد. در دو زیربخش انتهایی نتایج استفاده از این ابزار و عواملی که به موفقیت بیشتر در استفاده از این پروتز منجر می‌شود، بیان می‌گردد.

اجزای تشکیل‌دهنده پروتز حلزون:

سیستم پروتز حلزون شامل دو جزء داخلی و بیرونی است. جزء داخلی با عمل جراحی و به صورت دائمی در داخل بدن قرار می‌گیرد و جزء بیرونی بر روی کمر بند بسته می‌شود یا در داخل جیب قرار می‌گیرد و قابل حمل است. جزء داخلی که پس از جراحی در زیر پوست قرار گرفته است، دارای بخش‌های اصلی زیر است:

۱) دریافت‌کننده/تحریک‌گر: این بخش وظیفه دریافت کدهای ارسال شده از بخش بیرونی و اعمال تحریک مناسب به الکترودها را به عهده دارد و به آرایه الکترودی متصل است. مدار تحریک، پالس الکتریکی مناسب را به جفت الکترود انتخاب شده به وسیله کنترل‌گر

► شکل (۳)
نمای ظاهری
سیم پیچ انتقال



► شکل (۴)
واحد قرار گیرنده
در پشت گوش به
همراه سیم پیچ
انتقال



پروتز حلزون (که در داخل بدن واقع است) باید ذکر کرد، این است که این بخش دارای باتری نیست و توان لازم را از بخش بیرونی و به واسطه امواج رادیویی دریافت می کند. جزء خارجی که در بیرون از بدن قرار دارد، از بخش های اصلی زیر تشکیل شده است:

(۱) **پروسسور صدا:** این بخش، ظاهری شبیه یک ماشین حساب دارد و قابل حمل است و توسط یک باتری با قابلیت شارژ مجدد تغذیه می شود. بخش پروسسور صدا مشخصه های خاصی از صدا را که به وسیله میکروفون برداشته شده است، برای کنترل تحریک الکترودها استفاده می کند. گفتنی است که بسته به الگوریتم تحلیل صدا که تعیین شده و به کار گرفته می شود، پروسسور صدا پارامترهای مختلفی را از سیگنال ورودی استخراج می کند و دامنه پالس جریانی را که باید به بخش کاشته شده فرستاده شود، تعیین می کند. یک فرم ساده این پروسسور، مجموعه ای از فیلترها است که سیگنال خروجی از این فیلترها شدت صدا را در باندهای گذر به عنوان تابعی از زمان بیان می کند. سپس از سیگنال حاصل از هر فیلتر استفاده می شود تا تحریک گر را به گونه ای کنترل کند که یک مجموعه خاص از الکترودها را در حلزون گوش تحریک نماید.

در قسمت بیرون از بدن، یک قسمت واقع در پشت گوش وجود دارد که دارای دو بخش اصلی زیر است:

(۲) **سیم پیچ انتقال:** این سیم پیچ انتقال، در پشت گوش و درست در مقابل سیم پیچ دریافت که در درون بخش واقع در بدن قرار داده شده است، جایگذاری می شود. این بخش به شکل حلقه ای با پهنای حدود ۱ اینچ است که به طریقه جاذبه مغناطیسی به آهنربای دیگری که در زیر پوست و در قسمت کاشته شده در داخل بدن قرار دارد، متصل می شود، به طوری که سیگنال های حاوی کدهای تحریک در امتداد پوست و به واسطه امواج رادیویی به بخش تحریک در داخل بدن انتقال می یابد. نمونه ای از سیم پیچ انتقال در شکل (۳) نمایش داده شده است.

(۳) **میکروفون:** میکروفون در قسمت قرار گیرنده در پشت گوش واقع است و وظیفه آن دریافت کردن اصوات محیط است. میکروفون به کار رفته در پروتز حلزون باید دارای باند فرکانسی پهن باشد و همچنین اثر لرزش های ناشی از حرکت سر را کاهش دهد. در شکل (۴) واحد قرار گیرنده در پشت گوش که در برگیرنده میکروفون است، به همراه سیم پیچ انتقال نشان داده شده است.

(۴) **کابل های FM:** دو سیم در مدار خارجی دیده می شود. یکی از آنها برای اتصال واحد قرار گیرنده در پشت گوش به پروسسور صدا استفاده می شود و دیگری برای اتصال پروسسور صدا به سیم پیچ انتقال به کار می رود.

در شکل (۶) بخش های بیرونی تشکیل دهنده پروتز حلزون نشان داده شده است که در این شکل، قسمت نشان داده شده با عدد (۳) نمایشگر پروسسور صدا، بخش نشان داده شده با عدد (۴) نشان دهنده سیم پیچ انتقال و قسمت نشان داده شده با عدد (۵) بیانگر قسمت قرار گیرنده در پشت گوش است که میکروفون را در بر می گیرد.

در شکل (۵) بلوک دیاگرامی از اجزای تشکیل دهنده پروتز حلزون آورده شده است.

نحوه کار پروتز حلزون

چگونگی کار پروتز حلزون به قرار زیر است:



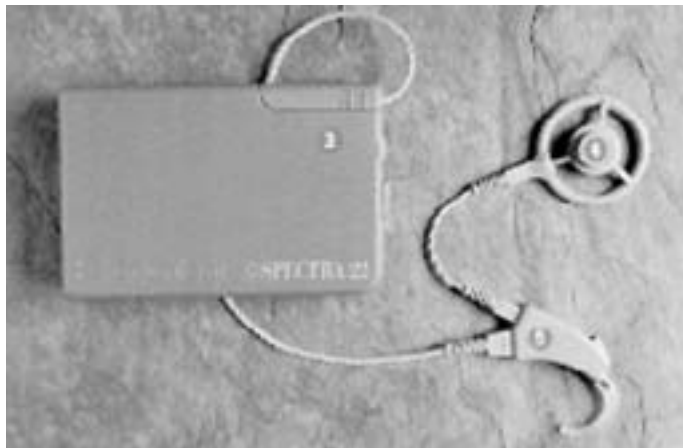
► شکل (۵)
بلوک دیاگرامی
از اجزای
تشکیل دهنده
پروتز حلزون

تحریک اعمال می کند.

(۲) **آرایه الکترودی:** آرایه الکترودها شامل یک یا چند مجموعه از جفت الکترودهای کوچک است که در ساختار انعطاف پذیری که بتواند شکل مارپیچی حلزون گوش را بگیرد، قرار دارد. الکترودها به گونه ای قرار گرفته است که وقتی که وارد نردبان صماخی می شود، مقابل غشاء پایه ای قرار بگیرد. نیازی به گفتن نیست که این الکترودها به علت اندازه حلزون گوش باید خیلی کوچک باشد.

در ضمن بخش داخلی شامل آهنربایی است که به منظور تثبیت سیم پیچ فرستنده (که در بیرون بدن قرار دارد) و قرار گرفتن مناسب آن در مقابل سیم پیچ دریافت که در داخل بدن واقع شده است، استفاده می شود.

در شکل (۱) بخش داخلی مربوط به پروتز حلزون نشان داده شده است که دریافت کننده/محرک با شماره (۱) و آرایه الکترودی با شماره (۲) مشخص شده است. همچنین آرایه الکترودی و ساختار انعطاف پذیر آن در شکل (۲) دیده می شود. نکته مهم دیگری که در رابطه با جزء داخلی



شکل ۶) بخش‌های بیرونی تشکیل‌دهنده پروتز حلزون

۱) صدای محیط توسط میکروفون واقع در پشت گوش دریافت می‌شود،
 ۲) از طریق کابل FM صداهای دریافت شده توسط میکروفون به پروسور صدا فرستاده می‌شود،
 ۳) پروسور، صدای دریافت شده را تقویت و فیلتر می‌کند و بر اساس استراتژی تحلیل به کار رفته در آن اصوات را به سیگنال‌های کد شده تبدیل و تفسیر می‌کند،
 ۴) سیگنال‌های کد شده به وسیله کابل FM به سیم پیچ انتقال فرستاده می‌شود،
 ۵) اطلاعات رسیده به سیم پیچ انتقال در قالب امواج رادیویی به بخش دریافت کننده/تحریک گر که در داخل بدن واقع است، فرستاده می‌شود،
 ۶) واحد دریافت کننده/تحریک گر مقدار مناسب تحریک الکتریکی را تشخیص می‌دهد و به الکترودهای مورد نظر در آرایه الکترودی اعمال می‌کند،
 ۷) الکترودهای مورد نظر در آرایه الکترودی فیبرهای عصبی باقیمانده را تحریک می‌کند و
 ۸) عصب شنوایی، پالس‌های الکتریکی را به شکل پتانسیل عمل به سیستم شنوایی واقع در مغز به منظور تفسیر و درک ارسال می‌کند.
 در شکل (۷) مراحل مربوط به کار پروتز حلزون به همراه شماره گذاری مطابق با ترتیب مطالب فوق نشان داده شده است.

نکات مهم در طراحی پروتز حلزون

در طراحی پروتز حلزون نکات مهمی وجود دارد که باید به آنها توجه کرد. مشخصات اصلی مورد توجه در طراحی شامل موارد زیر است:
 در زمینه حفاظت باید به سازگاری زیستی پروتز حلزون به منظور عدم انجام واکنش با بدن و فیبروز شدن آن، زنگ نزدن فلز الکترود (عدم تغییر pH و عدم سرایت جریان تحریک به بدن توجه کرد. مهم‌ترین جزء در طراحی پروتز حلزون مانند سایر تجهیزات پزشکی، مسأله حفاظت بیمار است. عبور جریان ac با دامنه خیلی کم از بدن انسان ممکن است منجر به صدمات دائمی یا مرگ شود. بنابراین ضروری است تا همه احتیاط‌ها انجام شود و حفاظت از بیمار تضمین گردد. در زمینه طراحی دستگاه باید به تعداد کانال‌ها و اندازه دستگاه و

الکترودها و عمر باطری توجه کرد. نکته حائز اهمیت دیگر بهبود روش‌های تحلیل صدا است که شامل بالا بردن درک فرد از صدای اطراف در شرایط مختلف و به ویژه در محیط بانویز است.

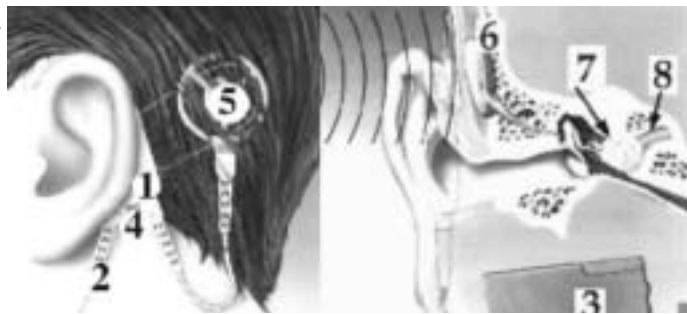
مراحل پیش از عمل جراحی برای پروتز حلزون

عمل کاشت را متخصص گوش و حلق و بینی انجام می‌دهد، البته همه این متخصصان این عمل جراحی را انجام نمی‌دهند. پزشک عمومی می‌تواند فرد ناشنوار را برای ارزیابی به کلینیک پروتز حلزون معرفی کند. ارزیابی به وسیله تیم کاشت (پزشک گوش و حلق و بینی، ادیولوژیست^۷، پرستار و...) انجام می‌شود:
ارزیابی گوش^۸: در این تست، متخصص گوش و حلق و بینی، گوش داخلی و گوش میانی را معاینه می‌کند تا مطمئن شود که هیچ عفونت فعال یا عوامل غیر طبیعی دیگری که مانع از عملکرد مناسب و طبیعی پروتز حلزون شود، وجود ندارد.
ارزیابی شنوایی^۹: در این آزمایش، ادیولوژیست آزمایش‌های گسترده‌ای را روی شنوایی انجام می‌دهد تا مشخص کند با استفاده از ابزارهای کمک‌کننده به شنوایی بدون استفاده از آنها فرد چه مقدار می‌تواند بشنود.
ارزیابی اشعه X (رادیوگرافی)^{۱۰}: در این ارزیابی تصاویر رادیوگرافی خاصی که معمولاً از نوع CT است، گرفته می‌شود تا استخوان‌های گوش داخلی بررسی گردد.
ارزیابی روانشناسی^{۱۱}: تعدادی از بیماران به منظور اینکه بدانند چگونه از عهده کاشت پروتز حلزون بر بیایند، به ارزیابی‌های روانشناسی احتیاج دارند.
معاینه جسمانی^{۱۲}: در این بررسی، متخصص گوش و حلق و بینی یک سری معاینات جسمانی را انجام می‌دهد تا مشکلات نهانی و بالقوه مرتبط با بهبود شنوایی عمومی را که برای عمل کاشت پروتز حلزون لازم است، شناسایی کند و تشخیص دهد.
 پس از معاینات فوق و در صورت مناسب بودن نتیجه آنها برای انجام عمل کاشت پروتز حلزون، فرد تحت عمل قرار می‌گیرد.

عمل جراحی برای کاشت پروتز حلزون

هدف اصلی از جراحی، قرار دادن محکم و ثابت دریافت کننده/تحریک گر در استخوان تمپورال جمجمه و قرار دادن ثابت الکترودها در حلزون گوش است.
 در جراحی ابتدا پوست جمجمه و پشت گوش برای دسترسی به استخوان تمپورال برداشته می‌شود. بعد از این مرحله جراح قادر است تا جزء داخلی مربوط به پروتز حلزون را در استخوان قرار دهد. سپس یک حفره درون استخوان ایجاد می‌شود که به جراح اجازه دسترسی به حلزون را می‌دهد و یک حفره کوچک در دیواره حلزون ایجاد می‌شود که از طریق آن الکترودها به تدریج و با ملایمت داخل حلزون فرستاده می‌شود.

► شکل ۷) نحوه کار سیستم پروتز حلزون در دو شکل مجزا



بعد از قرار دادن این بخش‌ها، ناحیه جراحی بخیه زده می‌شود و کاشت بخش درونی به پایان می‌رسد. روند کاشت ۲ تا ۳ ساعت طول می‌کشد و معمولاً با ۳ یا ۴ روز بستری در بیمارستان ادامه می‌یابد.

در حدود یک تا دو ماه بعد از عمل جراحی، اجزای خارجی این پروتز نصب می‌گردد و برنامه ریزی و تنظیم وسیله انجام می‌شود. در این مرحله، تنظیم پردازش گر گفتار متناسب با نیاز فرد شروع می‌شود و ممکن است چند جلسه به طول بیانجامد. پس از تنظیم مناسب پردازشگر سیگنال، توانبخشی شنوایی به نحو گسترده‌ای آغاز می‌شود. در توانبخشی شنوایی فرد می‌آموزد که چگونه به صدای دریافتی از طریق پروتز کاشته شده، گوش بدهد و تشویق می‌شود تا توانایی ارتباطی خود را به حداکثر برساند.

نتایج استفاده از کاشت پروتز حلزون

اکثر کاربران پروتز حلزون قادر به کشف اصوات ملایم تا متوسط هستند و بسیاری از آن‌ها تمایز اصوات محیطی را می‌آموزند. این آگاهی از اصوات و آهنگ صداها موجب بهبود مهارت لب خوانی می‌شود. بعضی از این کاربران می‌توانند بدون استفاده از لب خوانی، واژه‌ها و جملات را درک کنند و گروهی هم قادر به استفاده از تلفن هستند. سودمندی کاشت حلزونی در افراد مختلف متفاوت است، اما باید توجه داشت با استفاده از این وسیله، سطح شنوایی به حد طبیعی بر نمی‌گردد. متأسفانه پیش بینی توانایی درک گفتار کاربر مشکل است. با این حال مطالعات نشان داده است افراد ناشنوایی که پس از آموختن زبان، شنوایی خود را از دست داده‌اند، نسبت به افرادی که پیش از زبان آموزی ناشنوا شده‌اند، با استفاده از پروتز حلزون درک گفتار بهتری را دارند.

عوامل مهم برای کاشت پروتز حلزون

حداقل سن برای انجام کاشت پروتز حلزون در کودکان، ۲ سال ذکر شده است. با این حال به دلیل اهمیت بسیار دریافت تحریکات شنیداری در سنین زبان آموزی، انجام کاشت پروتز حلزون در سن پایین‌تر از ۲ سال در سال‌های اخیر گزارش و توصیه شده است. کودکان برخوردار از پروتز حلزون باید روزانه و به طور مداوم در معرض تحریکات شنیداری قرار بگیرند. به عبارت دیگر، کسب نتایج موفقیت آمیز از کاشت، لزوم ارائه اطلاعات لازم به خانواده و بهره‌مندی از برنامه‌های آموزشی منظم را ایجاب می‌کند. به همین دلیل، کودک و خانواده باید هم در مرکز کاشت پروتز حلزون و هم در مدرسه از جلسات آموزشی پیگیر و پربار استفاده کنند. برای برآوردن این هدف، معلمان و سایر افرادی که در مدرسه با کودک در ارتباط هستند، باید فعالانه در این برنامه‌ها مشارکت کنند. اهمیت استفاده از یک برنامه آموزشی منظم به حدی است که برخی تیم‌های کاشت پروتز حلزون بدون اطمینان از وجود آن و پیگیری والدین، اقدام به کاشت نمی‌کنند.

نتیجه‌گیری

اگر چه کاشت حلزونی به انواع دیگر تحریک گرهای الکتریکی که هدف‌های درمانی

دارند، بسیار شبیه است، ولی از این نظر که با پروسسور صدا و کنترل گر تحریک در ارتباط است، بی‌نظیر است و همین ویژگی باعث شده که پروتز حلزون فقط برای افرادی که تقریباً هیچ سودی از ابزارهای کمک‌کننده به شنوایی نمی‌برند، طراحی شود و مفید باشد. در بخش پیشین، اجزای اصلی تشکیل دهنده پروتز حلزون و نحوه کار آنها بیان شد. همان‌طور که واضح است، با توجه به مفید بودن این وسیله بهبودهای زیادی را می‌توان در ساختار آن داد. تلاش بیشتر مراکز تحقیقاتی مربوط به تولیدکنندگان پروتز حلزون، بهبود عملکرد واحد پروسسور صدا است که اصوات را به تحریکات الکتریکی تبدیل می‌کند. هر نسل جدید پروسسور صدا، این امکان را فراهم می‌کند که کاربران پروتز حلزون بهتر شنیده و درک کنند. برای تعویض پروسسور صدا، معمولاً نیاز به جراحی نیست و اگر پروسسور صدای جدید از همان مدل پروسسور صدای قبلی باشد، در صورت تعویض، فقط برنامه ریزی و تنظیم مجدد وسیله لازم است ►

مراجع:

[۱] دکتر امامی میبدی، آناتومی، نشر سماط، چاپ دوم پاییز ۱۳۷۷

- [2] Bronzino; The Biomedical Engineering Handbook; IEEE Press; Second Edition
 [3] J.G. Webster; Medical Instrumentation Application and Design; Wiley; Third Edition
 [4] Poroy & P. C. Loizou; "DEVELOPMENT OF A SPEECH PROCESSOR FOR LABORATORY EXPERIMENTS WITH COCHLEAR IMPLANT PATIENTS"
 [5] Jont B. Allen & Florham Park; "Nonlinear Cochlear Signal Processing"
 [6] Department of otolaryngology; "What You Need to Know About Cochlear Implants"

پانوش:

- 1) Bypass
- 2) Conductive Hearing
- 3) Sensorineural Hearing
- 4) Obstruction
- 5) Nerve Deafness
- 6) Behind The Ear Unit (BTE)
- 7) Audiologist
- 8) Ear (Otoligic) Evaluation
- 9) Hearing (Audiologic) Evaluation
- 10) X-Ray (Radiographic) Evaluation
- 11) Psychological Evaluation
- 12) Physical Examination
- 13) Hi-Focus Esetrode