

تئوری جدید شنوایی

مؤلف: پیتر دالوس و روبرت ل. مارتین.

مترجم:

□ نعمت... روحبخش

خارجی و تئوری حرکتی، اجازه بدهید مروری مختصر بر ساختار حلزون داشته باشیم. دو دسته از فیبرهای عصبی آوران و وبران در محل حلزون با سلولهای مویی شنوایی در تماس می باشند. فیبرهای عصبی آوران شنوایی، علایم را از گوش بسوی مغز هدایت می نمایند. فیبرهای وبران نیز محرکات را از سیستم عصبی مرکزی به سمت گوش حمل می نمایند. حدود ۹۰٪ فیبرهای عصبی آوران به سلولهای مویی داخلی متصل می شوند و تنها حدود ۵٪ از این فیبرها با سلولهای مویی خارجی در تماسند. بنابراین گوش انسان حاوی حدود ۳۵۰۰ سلول مویی داخلی و حدود ۱۲۰۰۰ سلول مویی خارجی می باشد.

بلندترین سیلیای سلولهای مویی خارجی به غشاء سقفی (۷) چسبیده است. همانطور که می دانیم هیچ کدام از سیلیاهای سلولهای مویی داخلی چنین وابستگی و تماس نزدیکی را با غشاء سقفی ندارند. سیلیاهای

تحریک سلولهای مویی حسی در محدوده کامل حساسیت شنوایی نمی باشد. پیشرفت تکنولوژی به ما این توانایی را داده که فعالیت گوش داخلی را بدون هیچ مشکلی در گوش های طبیعی اندازه گیری نماییم. این اطلاعات (داده ها) بیانگر توانایی های عالی و دقیق (۳) تجزیه و تحلیل فرکانسی می باشد.

تحقیقات جاری بیشتر بر روی عمل حرکتی (۴) سلولهای مویی خارجی (۵) و چگونگی تقویت و تشدید محرکات از سوی این دسته از سلولها بر روی سلولهای مویی داخلی (۶)، متمرکز شده و این مطالعات منجر به تشکیل و تکوین تئوری نوین شنوایی یعنی «تئوری حرکتی» شده است.

مروری مختصر بر ساختار حلزون

قبل از پرداختن به عمل سلولهای مویی

بینش ما از نحوه «شنیدن» انسان ها از سه دوره تاریخی نشأت می گیرد. نخستین دوره توسط دانشمند آلمانی آقای هلمهولتز در قرن نوزدهم بنا نهاده شد. ایشان معتقد بودند، گوش حاوی اجزای تشدیدکننده مکانیکی است که تجزیه و تحلیل طیفی را انجام می دهد. دومین دوره که از اواخر دهه چهل تا هفتاد بطول انجامید، بوسیله تحقیقات فون بکزی در مورد امواج متحرک (۱) محرز گردید. ایشان با استفاده از گوش های اجساد (انسان) در مطالعه فعالیت های مکانیکی حلزون، مدل های گوش برای توجیه و نشان دادن یافته های ساختاری معتقد بود که گوش، یک تحلیلگر فرکانسی پهنوار و گسترده (۲) می باشد. ما اکنون می دانیم نتایج این تحقیق بوسیله وضعیت و شرایط غیرحیاتی بافتهای گوشهای مورد مطالعه، متأثر گردیده است.

اکنون مادر آستانه سومین عصر می باشیم. می دانیم موج متحرکی که بوسیله فون بکزی مشاهده شد به خودی خود قادر به

1. Travelling wave
2. Broad frequency analysis
3. Fine (not broad)
4. Motor action
5. Outer hair cells
6. Inner hair cells

شنوایی شناسی

بهار و تابستان ۱۳۷۷
شماره ۷۹۸

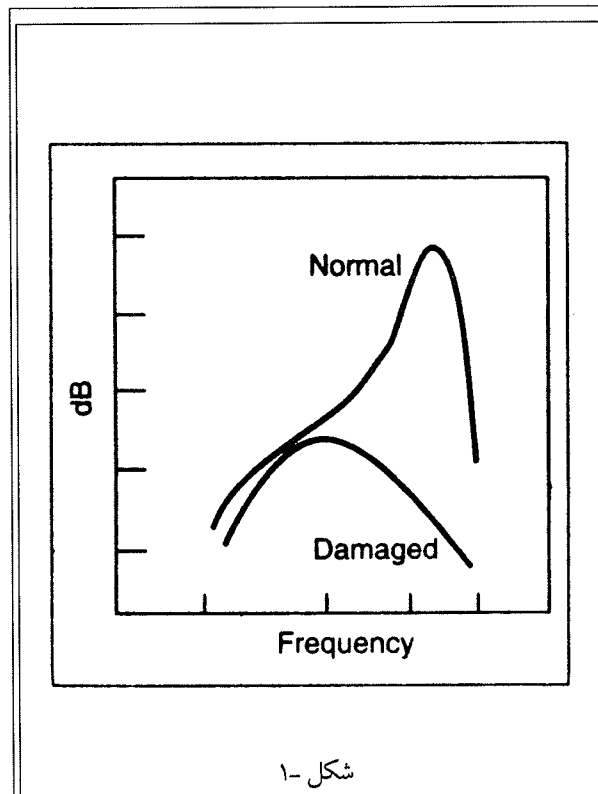
نقش‌های حایز اهمیتیتی در شنوایی بصورت ریزاهرم‌ها (۸) داشته و ارتعاشات را به سلولهای گیرنده حسی انتقال می‌دهند. همچنین، آنها جریان الکتریکی محلی و ناحیه‌ای را که به درون سلولهای مربوطه جاری است، تعدیل و تنظیم می‌نمایند. بعلاوه، اعتقاد بر این است که آنها انرژی مکانیکی را از سلولهای مویی خارجی به غشاء سقفی پس می‌خورانند (۹) (فیدبک می‌نمایند).

سلولهای مویی حسی بر روی سلولهای حمایتی (۱۰) قرار داشته و سلولهای اخیر نیز بنوبه خود بر روی غشاء قاعده‌ای (۱۱) و درست زیر غشاء سقفی قرار گرفته‌اند. غشاء قاعده‌ای در مقایسه با غشاء سقفی که بسیار انعطاف پذیر است، سخت می‌باشد.

سلولهای مویی بوسیله حرکت چینشی (۱۲) موج متحرک تحریک می‌گردند. برای عینی نمودن این چینش مقایسه بین دو لایه‌ای که بر روی تختخواب قرار گرفته‌اند، مورد ملاحظه قرار دهید. لایه زیرین (در قیاس با غشاء قاعده‌ای) با استحکام خاصی بر روی تختخواب قرار گرفته است، حال آنکه لایه بالایی (شبیه غشاء سقفی) شل و نرم می‌باشد. اگر جریان هوا بین لایه‌ها

دمیده شود (در مقایسه با ارتعاش)، لایه فوقانی به‌سختی حرکت خواهد کرد، در صورتی که لایه زیرین تنها اندکی حرکت می‌نماید. غشاء سقفی بدلیل این ساختار و نیز نقطه چسبندگی و اتصال نسبت به غشاء قاعده‌ای بسیار آزاد و سیار می‌باشد که این حالت به سیلیاها اجازه می‌دهد تا با چینش ناشی از موج صوتی خم گردد.

آناتومی سلولهای مویی خارجی پیچیده می‌باشد. اینها علاوه بر داشتن سطوح رأسی (سیلیاها) و زیرین (عصبی) پیچیده، دارای ساختارهای سلولی در دیواره‌های کناری می‌باشند که بیشتر شبیه سلولهای جنبان (۱۳) (حرکتی) می‌باشند تا سلولهای حسی. برای نمونه، دیواره داخلی دارای لایه‌های



شکل ۱-

متعددی از غشاء سطحی و مشابه با ساختاری است که در سلولهای انقباضی رؤیت می‌گردد. در نزدیکی این غشاء میتوکندری‌های متعددی وجود دارد که انرژی اجزای سلولهای جنبنده را تأمین می‌نمایند.

فعالیت‌های مکانیکی و الکتریکی گوش با تغییرات آن از حالت و وضعیت طبیعی‌اش با درجات گوناگونی از آسیب

شنوایی تغییر می‌نماید. گوشهای سالم دارای میزانه (۱۴) بسیار تیز (۱۵) می‌باشند. بدین معنی گوش می‌تواند به محرک خیلی ضعیفی که منحصربه ناحیه باریکی در طول غشاء قاعده‌ای است پاسخ دهد. بنابراین هنگامی که بافت گوش آسیب می‌بیند، توانایی‌اش در ایجاد میزانه بی‌نظیر و عالی فرکانس‌های ویژه (۱۶) کاهش می‌یابد. شکل ۱ تفاوت (در گوشهای چین چیل) بین جابجایی غشاء قاعده‌ای در گوش طبیعی با میزانه بهره خلی تیز و دقیق را با گوشهای ناشنوا (۱۷) با منحنی بهره مدور و صاف (دایره‌ای شکل) نمایش می‌دهد.

در باره عملکرد سلولهای مویی با مشاهده تغییرات ناشی از داروهای ویژه مطالب زیادی آموخته‌ایم، برخی داروها منحصراً برای سلولهای مویی خارجی سمی‌اند. هنگامی که گوش‌ها در معرض چنین داروهایی قرار می‌گیرند، معمولاً سلولهای مویی خارجی تخریب می‌شوند. در حالی که محدوده وسیعی از سلولهای مویی داخلی بدون آسیب می‌مانند. بنابراین اگر این آسیب منحصربه سلولهای خارجی باشد، گزینش فرکانسی گوش بطور قابل توجهی کاهش یافته و یک کاهش شنوایی متوسط را می‌توان رؤیت نمود. در این حالت صدوات صوتی گوش (۱۸) نیز ناپدید می‌شوند. صدوات صوتی گوش صداهایی هستند که در داخل گوش و در پاسخ به محرکات صوتی تولید می‌شوند اینها در گوشهای آسیب دیده وجود ندارند و تنها در گوشهای سالم رؤیت می‌شوند.

7. Tectorial membrane
8. Microlevers
9. Feedback

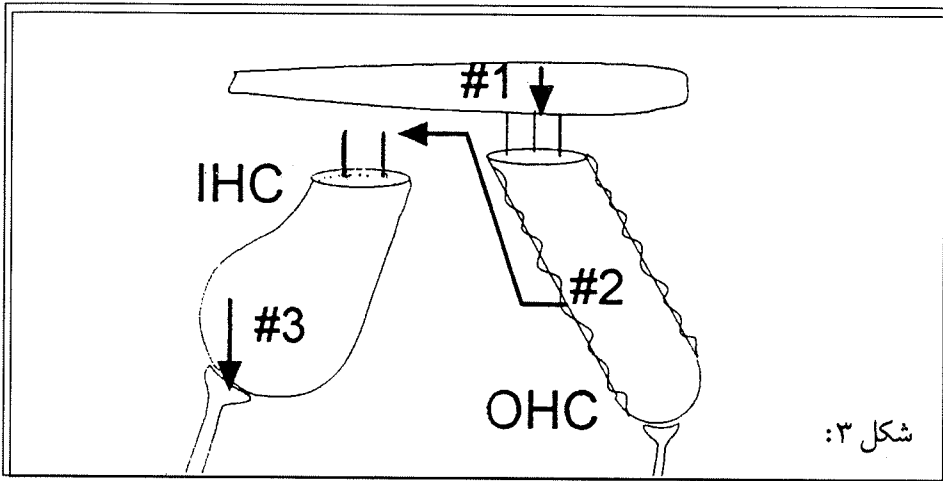
10. Support cell
11. Basilar membrane
12. Shearing action

13. Motile cell
14. Tuning
15. Sharp

تئوری حرکتی

تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که سلولهای مویی خارجی قادرند بصورت واحدهای حرکتی و همچنین واحدهای حسی عمل نمایند. ارتعاشات نه تنها موجب حرکت سلولهای مویی خارجی بطور غیرفعال می‌گردد، بلکه سلولهای مویی خارجی نیز به نوبه خود واکنشی (بصورت انقباض یا انبساط «کشش») در پاسخ به ارتعاشات مذکور و مشابه با آنها به شکل فعال از خود بروز می‌دهد. این عمل حسی توأم با حرکت (۱۹) در میان سلولهای بدن انسان بی نظیر و بی مانند می باشد.

بنابراین تنها در این صورت است که ماهیت واکنش‌های مکانیکی، شیمیایی و الکتریکی سلولهای مویی خارجی مشخص می‌شود. مدارک و شواهد دال بر این است که نوعی عمل انقباضی در سلولهای مویی خارجی وجود دارد، این مسئله بدین صورت آشکار می‌شود که ارتعاشات



شکل ۳:

خلاصه:

دارای شدت پایین در گوش طبیعی را به تصویر کشیده است.

بر اساس این تئوری مراحل ذیل در رویداد شنوایی بوقوع می‌پیوندد:

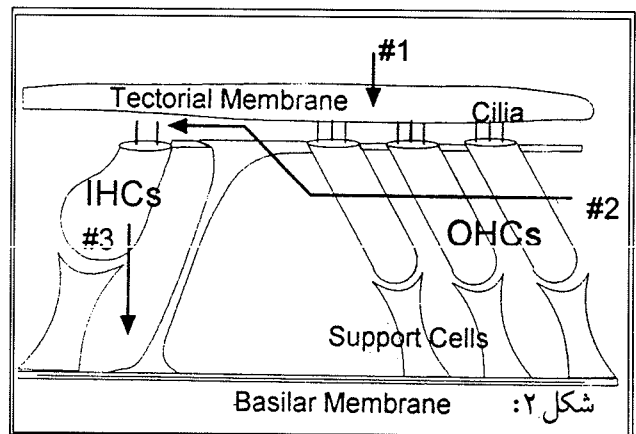
۱- موج متحرک یک چینش شعاعی مابین غشاء مشبک (۲۰) (سطح فوقانی-راسی - سلولهای مویی) و غشاء تولید می‌نماید.

۲- سلولهای مویی خارجی، شکل خویش را تغییر می‌دهند و متعاقب آن میکرو مکانیکهای داخل ارگان کرتی تاجایی که شدت سیگنال محرک برای تحریک

سلولهای مویی داخلی کافی باشد، تغییر می‌یابد. سلولهای مویی خارجی از یک منبع انرژی موضعی - محلی (۲۱) برای تقویت موج تغییر شکل یافته (۲۲) استفاده می‌نمایند.

۳- سلولهای مویی داخلی به محرکات تقویت شده

پاسخ می‌دهند و پتانسیل‌های عمل در فیبرهای عصبی آوران واقع در پایه‌هایشان را برمی‌انگیزند. فیبرهای عصبی نیز به نوبه خود این سیگنال را بسوی مغز حمل می‌نمایند.



شکل ۲:

ضعیف سلولهای مویی خارجی را تحریک می‌کنند. این سلولها به نوبه خود ارتعاشات را به اندازه کافی و مناسب برای تحریک سلولهای مویی داخلی تقویت می‌نمایند. شکل ۲ و ۳ بصورت طرحواره، نمودهای واقعی تئوری حرکتی برای یک سیگنال

تحقیق اخیر این موضوع را می‌رساند که سلولهای مویی خارجی دو عملکرد مهم انجام می‌دهند، یکی عمل حسی و دیگری عمل حرکتی. پرواضح است که سلولهای مویی خارجی به سیگنال‌های خیلی ضعیف در فرآیند تحریک سلولهای مویی داخلی پاسخ می‌دهند. این فعالیت حساسیت شنوایی فوق العاده‌ای را باعث می‌شوند با افزایش سطوح سیگنال پاسخ سلولهای مویی خارجی به اشباع می‌رسند، در نتیجه اثر تقویت‌کنندگی آنها کاهش می‌یابد. صدورات صوتی نیز احتمالاً ارتعاشات تولید شده ناشی از پاسخ سلولهای مویی خارجی می‌باشند. کاهش سلولهای مویی خارجی توانایی شنوایی را بطرز بارزی بوسیله انفصال مکانیک‌هایی که برای میزانش عالی (۲۳) در داخل ارگان کرتی مورد نیاز است، کاهش می‌دهند.

منبع

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-05-11]
The Hearing Journal February., 1994 Vol 47
O2.