چرا از صداهای خاصی خوشمان می‌آید؟

دنیا خوش‌رو و اتابک روحی امینجان*

ایران، همدان، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۱

چکیده

صدای انسان یک محرک شنوایی طبیعی است که در برقراری ارتباطات اجتماعی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد. برای هر کسی در زندگی اتفاق افتاده است که از صدای فردی خاص، موسیقی خاص و یا صوت‌های ناشی از پدیده‌های طبیعی خوشش آمده باشد و از شنیدن این صداها لذت برده باشد؛ به طوری که تمایل داشته باشد دوباره نیز آن صدا را بشنود. صدا بصورت امواج صوتی از هوا به گوش انسان می‌رسد. گوش، امواج صوتی را با مکانیسم تونوتوپی برای درک زیروبمی و شدت صدا تبدیل به پیام‌های عصبی نموده و با عصب شنوایی به قشر شنوایی اولیه و ثانویه می‌فرستد. پیام‌های شنوایی پس از تحلیل در قشر شنوایی و همچنین قشر پیشانی برای سیستم پاداش مغز ارسال می‌شود. اگر این پیام‌ها بتوانند ناحیه تگمنتوم شکمی را فعال کنند، دوپامین ترشح خواهد شد. دوپامین ترشح شده از ناحیه تگمنتوم شکمی، به هسته اکومبنس و قشر پیش‌پیشانی می‌رود و احساس لذت و خوشایندی را ایجاد می‌کند.

کلیدواژگان: صدا، شنوایی، اجتماعی

* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: a.roohiaminjan@basu.ac.ir

مقدمه

صدای انسان یک محرک شنیداری طبیعی است که از نظر اجتماعی و اکولوژیک بسیار مهم محسوب می‌شود. انسان‌ها توانایی فراوانی در استخراج اطلاعات در مورد مشخصات فیزیکی و وضعیت احساسی گوینده از روی صدا دارند. به عنوان مثال، به راحتی می‌توان جنسیت فرد را از روی صدای او، حتی در غیاب گفتار و فقط از روی سرفه یا خنده، تشخیص داد. همچنین با شنیدن فقط چند کلمه پای تلفن، فرد مقابل شناسایی می‌شود. درک صدا در تعاملات اجتماعی، زمانی که نشانه‌های سایر حواس مانند بینایی وجود ندارد (رادیو یا تلفن) یا زمانی که فاصله زیاد است یا حواس شنونده به فرد دیگری در جلسه منحرف شده، بسیار مهم است (ضمیری عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۲).

سیستم شنوایی از مهمترین شاهکارهای مهندسی شده بدن انسان است. این دستگاه می‌تواند ارتعاشاتی به کوچکی اتم را انتقال داده و به سرعت به آنها پاسخ دهد. اگرچه انسان‌ها بیشتر به حس بینایی وابسته هستند، اما بسیاری از ارتباطات انسانی به واسطه حس شنوایی انجام می‌شود. از نظر اجتماعی، ناشنوایی بدتر از نابینایی است و از نظر فرهنگی، شنوایی نه تنها برای درک گفتار، بلکه برای فهم موسیقی نیز ضروری است (Hamilton, 2022).

افرادی وجود دارند که برای خرید بلیط کنسرت یا برای خرید ابزار موسیقی و یادگیری نوازندگی، زمان و هزینه زیادی را صرف می‌کنند، چون باعث ایجاد رضایت برای این افراد می‌شود. ممکن است، این افراد به دلیل ناتوانی در اولویت‌بندی امورات زندگی مورد سرزنش واقع شوند، اما مقصر یک مدار عصبی باستانی در مغز به نام "سیستم پاداش" است (Salimpoor et al., 2013).

برای هر کسی در زندگی اتفاق افتاده است که از صدای فردی خاص، موسیقی خاص و یا صوت‌های ناشی از پدیده‌های طبیعی خوشش آمده باشد و از شنیدن این صداها لذت برده باشد؛ به طوری که تمایل داشته باشد دوباره نیز آن صدا را بشنود، در حالی که ممکن است این صدای خاص برای فرد دیگر خوشایند نباشد و شاید حتی آزار دهنده نیز باشد. در این نوشتار سعی شده است تا مکانیسم‌های عصبی مربوط به خوشایندی صدا توصیف شده و عوامل موثر بر آن بیان شود.

صدا

صدا یا صوت، از نظر فیزیولوژی یک تجربه شنوایی است و از نظر فیزیکی، اغتشاش ذرات یک ماده الاستیک است. انتشار صوت از میان یک ماده صورت می‌گیرد. برای ایجاد و انتشار صوت، ماده باید الاستیک بوده و چگالی داشته باشد. صوت می‌تواند در هر ماده الاستیک منتقل شود (جامد، مایع و گاز). صوت با استفاده از انبساط و انقباض متوالی مولکول‌های ماده بصورت موج انتشار می‌یابد (ضمیری عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۲).

دو ویژگی مهم امواج صوتی، فرکانس و شدت می‌باشد. فرکانس، تعداد نوسانات دوره‌ای صوت در یک ثانیه است که با واحد، هرتز (Hz) بیان می‌شود. فرکانس صوت، بصورت زیروبمی صدا توسط شنونده درک می‌شود. زیروبمی صدا توسط مشخصات منبع صدا تعیین می‌شود. شدت صدا، میزان انرژی موجود در موج صدا است. شدت صدا، بصورت بلندی صدا توسط شنونده درک می‌شود (ضمیری عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۲).

برای شنوایی انسان، انتقال صوت در هوا مهم می‌باشد. هوا از مولکول‌هایی تشکیل شده است که وزن دارند، الاستیک می‌باشد و به راحتی به حجم کوچکی فشرده می‌شود (ضمیری عبدالهی و همکاران ، ۱۳۹۲). زمانی که موج صدا به مولکول‌های هوا برخورد می‌کند به دلیل ویژگی الاستیکی، مولکول‌های هوا پس از انتقال صوت، به حالت اولیه برمی‌گردند. لایه‌های هوا در حین انتقال صوت به یکدیگر نزدیک و دور می‌شوند. وضعیتی که دو لایه هوا نزدیک به هم قرار می‌گیرند ناحیه پرفشار نامیده می‌شود و زمانی که دو لایه از یکدیگر فاصله می‌گیرند، ناحیه کم فشار نامیده می‌شود. تولید صدا نیازمند حداقل یک فاز پرفشار یا کم فشار است (Purves, 2004).

نمودار موج یک محرک صوتی به صورت سینوسی است، ولی باید در نظر داشت که در طبیعت امواج سینوسی منفرد (تن‌های خاص) بسیار نادر هستند؛ برای مثال در گفتار و موسیقی، اکثر صداهای تولید شده دارای امواج پیچیده هستند. منظور از امواج پیچیده، مجموعه امواج سینوسی با دامنه‌ها، فرکانس‌ها و فازهای متفاوت است. گوش داخلی انسان همانند یک منشور صوتی عمل می‌کند و صداهای پیچیده را به تعداد زیادی از صداهای تشکیل دهنده آن تجزیه می‌کند (Purves, 2004).

از سوی دیگر، اگر طیف یک سیگنال صوتی پیوسته باشد، یعنی حاوی اجزای منفصل بخصوص نباشد، سیگنال غیرتناوبی است و زیروبم مشخصی را نمی‌توان به آن نسبت داد. این سینگنال صوتی با دیدگاه علم فیزیک نویز نامیده می‌شود. بانگ‌ها، غرش تندر، صدای تولید شده به وسیله جریان باد یا سایر جریان‌های هوایی دیگر، یا صدای جریان آب در رودخانه یا در لوله آب، نمونه‌هایی از نویز هستند. بنابراین، کلمه نویز به معنای سیگنال غیرتناوبی در فیزیک می‌باشد. اما از نظر فیزیولوژی یا روانشناختی هر نوع صدای ناخواسته‌ای، نویز محسوب می‌شود. در این حالت وضعیت ذهنی شنونده (ماهیت اجتماعی–فرهنگی و تجربیات شخصی) نقش مهمی را ایفا می‌کند. یک موتورسوار، صدای گوشخراش وسیله نقلیه خود را نویز محسوب نمی‌کند. یا زیباترین موسیقی در حال پخش از رادیوی تاکسی یا دستگاه پخش در منزل همسایه، ممکن است برای شنونده ناخواسته، نویز تلقی شود (کوتروف، ۱۳۹۷).

طیف شنوایی انسان

دستگاه شنوایی انسان از حساسیت شگفت‌انگیزی برخوردار است و توانایی پردازش دامنه وسیعی از زیروبمی (فرکانس) و بلندی صدا (طنین یا شدت) را دارد. طیف شنیداری افراد جوان با شنوایی بهنجار، از حدود ۲۰ هرتز تا بیش از ۲۰,۰۰۰ هرتز می‌باشد. علاوه براین، گوش انسان قادر به تشخیص تفاوت اندک در زیروبم و طنین صدا است. این عملکرد دقیق به دلیل ساختار ظریف گوش میسر می‌شود، از طریق ویژگی‌های غیر خطی آن و با مکانیسم‌های پیچیده‌ای که طی آن مغز، پالس‌های الکتریکی عصبی تولید شده از سیگنال آکوستیکی بوسیله گوش داخلی را پردازش می‌کند (کوتروف، ۱۳۹۷).

اصوات با فرکانس کمتر از ۲۰ هرتز، فرو صوت نام دارند و به صورت صوت درک نمی‌شوند و اگر به اندازه کافی شدید باشند، تنها احساس می‌شوند (اما شنیده نمی‌شوند). صداهای ۴ تا ۱۶ هرتز از طریق حس لامسه درک می‌شوند. اگرچه اصوات کمتر از ۲۰ هرتز شنیده نمی‌شوند اما روی شنوندگان اثر خاصی اعمال می‌کنند که این اثرات

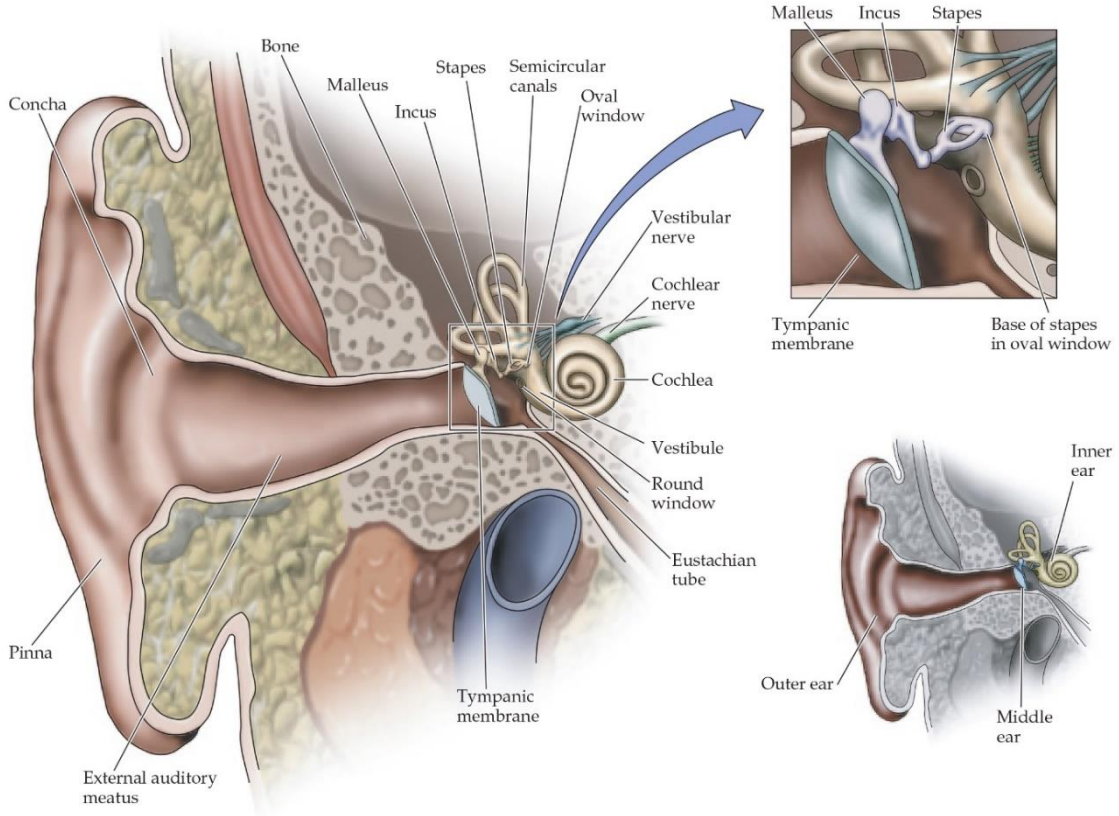
به عنوان اثر برین صوتی شناخته می‌شوند. اصوات با فرکانس بزرگتر از ۲۰ کیلوهرتز نیز معمولاً درک نشده و فراصوت نام دارند. بنابراین، محدوده شنوایی گوش انسان، ۲۰ تا ۲۰,۰۰۰ هرتز است اما ممکن است تفاوت‌های بارزی میان افراد وجود داشته باشد. نوزاد انسان می‌تواند فرکانس‌های کمی بالاتر از ۲۰ KHz را بشنود، اما با افزایش سن، حساسیت نسبت به فرکانس‌های بالا از بین می‌رود. در سن ۲۰ سالگی شنوایی به حدود ۱۵ KHz تا ۱۷KHz می‌رسد. از ۲۰ سال به بعد این کاهش به تدریج ادامه پیدا می‌کند تا به محدوده بسامدهای ادیومتری (تا ۸۰۰۰ هرتز و کمتر) می‌رسد (فرایند پیرگوشی) (Purves, 2004).

گوش انسان

دستگاه شنوایی یا گوش انسان شامل گوش خارجی، گوش میانی و گوش داخلی است (شکل ۱). این دستگاه، صوت را به انرژی مکانیکی و در نهایت پیام عصبی تبدیل می‌کند. تا قبل از ایجاد پیام عصبی، تمام وقایع صوتی از تولید، انتقال در هوا، اثرات لاله گوش، مجرای گوش، گوش میانی و پاسخ مکانیکی گوش داخلی، آکوستیکی و فیزیکی می‌باشد (ضمیری عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۲، کوتروف، ۱۳۹۷).

گوش خارجی

گوش خارجی شامل لاله گوش، مجرای گوش و پرده صماخ می‌باشد (شکل ۱). لاله گوش مانند یک قیف، صوت را به مجرای گوش هدایت می‌کند. امپدانس آکوستیکی مجرا با هوا تفاوت دارد و در این میان، تقویت صوت رخ می‌دهد. این تقویت به جهت منبع صوت و فرکانس آن وابسته است. مجرای گوش همانند یک تشدید کننده آکوستیکی عمل کرده و مانند یک قیف، انرژی را به پرده گوش هدایت می‌کند و باز تقویت صوت اتفاق می‌افتد (ضمیری عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۲؛ کوتروف، ۱۳۹۷؛ Purves, 2004).



شکل ۱- ساختار گوش انسان. پرده صماخ نسبت به پنجره بیضی مساحت بیشتری دارد این ویژگی انتقال صدا به حلزون گوش پر از مایع را تسهیل می‌کند (Purves, 2004).

گوش میانی

گوش میانی ساختار مکانیکی با مشخصات (جرم و سختی) مخصوص به خود است که این مشخصات، پاسخ مکانیکی این ساختار به صوت ورودی را تعیین می‌کند. در گوش میانی، خاصیت اهرمی زنجیره استخوانچه‌ای (چکشی، سندانی و رکابی) (شکل ۱) و نسبت مساحت پرده صماخ به پرده دریچه بیضی باعث تقویت صوت در هنگام انتقال از پرده صماخ به دریچه بیضی می‌شود (ضمیری عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Purves, 2004).

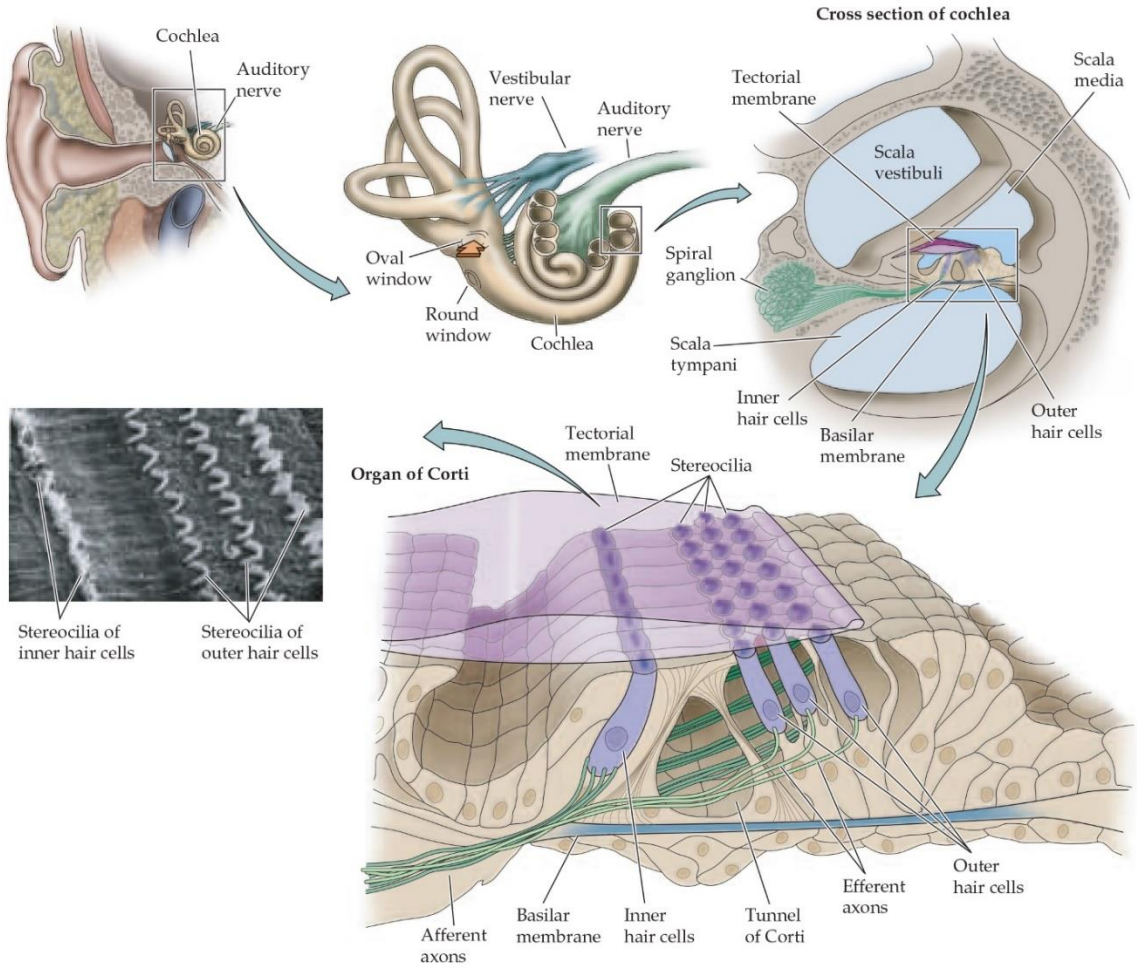
گوش داخلی

گوش داخلی از سه بخش دهلیز، کانال‌های نیم‌دایره و حلزون تشکیل شده است. حلزون گوش یک لوله مارپیچی به طول ۳۵ میلی‌متر است. ساختار حلزون در حدود ۲/۵ دور پیچ‌خوردگی دارد. شعاع هر دور نسبت به دور قبلی کاهش می‌یابد به طوری که در نهایت شکل حلزون به شکل یک مخروط در می‌آید. در داخل حلزون مارپیچی، دو مجرای پهلویی دهلیزی و صماخی قرار دارد که در راس حلزون به هم متصل می‌شوند. در داخل مجراهای دهلیزی و صماخی مایع پری‌لنف وجود دارد. در قسمت میانی حلزون، مجرای میانی یا مجرای حلزونی قرار دارد که با مایع آندولنف پر می‌شود. پری‌لنف، ترکیبی مشابه با دیگر مایعات خارج سلولی بدن دارد در حالیکه آندولنف به علت داشتن غلظت بالای یون پتاسیم و غلظت پایین یون سدیم کاملا با دیگر مایعات خارج سلولی متفاوت است و انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی (پیام عصبی) تبدیل می‌کند. مجرای دهلیزی با دریچه بیضی و مجرای صماخی با دریچه گرد با صندوق صماخ (گوش میانی) ارتباط دارند. دریچه بیضی، ارتعاشات را دریافت می‌کند و دریچه گرد، به مایع درون حلزون امکان ارتعاش به بیرون را می‌دهد. مجرای میانی از دو طرف بسته است و اندام کورتی (corti) در داخلش قرار دارد (Purves, 2004؛ Moyes and Schulte, 2016) (شکل ۲).

اندام کورتی جایگاه حدود ۲۰,۰۰۰ سلول عصبی، موسوم به سلول‌های مژکدار است که تحریکات مکانیکی را به سیگنال‌های عصبی تبدیل می‌کنند. سلول‌های مژکدار در چهار ردیف در بین دو غشاء پایه و سقفی قرار گرفته‌اند که یک ردیف از آنها داخلی و سه ردیف دیگر بیرونی می‌باشد. سلول‌های مژکدار داخلی اصوات را تشخیص می‌دهند و سلول‌های مژکدار خارجی به تقویت اصوات کمک می‌کنند (Purves, 2004؛ Moyes and Schulte, 2016).

صوت ورودی به گوش داخلی، موجب ارتعاش دریچه بیضی و در نتیجه ایجاد موج در پری‌لنف مجرای دهلیزی می‌شود. امواج موجود در پری‌لنف روی غشای پایه فشار می‌آورند و موجب ارتعاش آن می‌شوند. استرئوسیلیاهای موجود روی سلول‌های مژکدار اندام کورتی، در پاسخ به ارتعاشات غشاء پایه خم می‌شوند. رابط‌های راسی استرئوسیلیا، کانال‌های یونی مکانیکی موجود در سلول‌های مژکدار داخلی را می‌کشند و باز می‌کنند و باعث دپولاریزاسیون آنها می‌شوند. سلول‌های مژکدار داخلی سپس نوروترانسمیتر گلوتامات آزاد می‌کنند که نورون‌های حسی را برای فرستادن ایمپالس‌های عصبی به عصب شنوایی تحریک می‌کنند. به این ترتیب حلزون امواج فشار موجود در پری‌لنف را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل می‌کند. دریچه گرد حلزون به عنوان دریچه فشار عمل می‌کند و هنگامی که فشار مایع در گوش داخلی افزایش می‌یابد، به سمت صندوق صماخ برآمده می‌شود، که با این عمل از بازگشت امواج از طریق مایع جلوگیری می‌کند تا وضوح صدا از بین نرود (Purves, 2004؛ Moyes and Schulte, 2016).

پهنای غشاء پایه از قاعده به راس افزایش می‌یابد. غشاء پایه در نزدیکی دریچه‌های گرد و بیضی، سفت و باریک است، اما در انتهای راسی، پهن‌تر و انعطاف‌پذیرتر می‌شود. این تفاوت در درجه انعطاف‌پذیری به حلزون گوش کمک می‌کند تا اطلاعات مربوط به فرکانس صدا را به رمز درآورد. انتهای سخت غشاء پایه، در پاسخ به صداهای با فرکانس بالا مرتعش می‌شود، در حالی که انتهای انعطاف‌پذیر راسی غشاء پایه، در پاسخ به صداهای فرکانس پایین ارتعاش پیدا می‌کند. بنابراین، نواحی مختلف غشاء پایه در پاسخ به صداهایی با فرکانس مختلف مرتعش می‌شوند و به این ترتیب سیگنال مربوط به فرکانس صدا را با توجه به محل خود در غشاء پایه به سیگنال فضایی تبدیل می‌کنند (شکل ۳). نورون‌های هر بخش از غشاء پایه با نورون‌های نواحی ویژه‌ای از قشر شنوایی در مغز سیناپس می‌سازند. بنابراین، نواحی ویژه قشر شنوایی به فرکانس‌های خاصی پاسخ می‌دهند. به این پدیده "کدگذاری مکانی" (سازماندهی تونوتوپی) گفته می‌شود (Purves, 2004؛ Moyes and Schulte, 2016).



شکل ۲- گوش داخلی. حلزون گوش (تصویر سمت چپ بالا) و مقطع آن (تصویر سمت راست بالا) مشاهده می‌شود. استخوانچه‌ها، نیرو را از پرده صماخ به دریچه بیضی منتقل می‌کنند. در مقطع حلزون گوش، سه مجرای دهلیزی (scala vestibuli)، میانی (scala media) و صماخی (scala tympani) دیده می‌شود. در ساختار اندام کورتی (تصویر پایین) مشاهده می‌شود که سلول‌های مژکدار بین غشاء پایه (basilar membrane) و غشاء سقفی (tectorial membrane) قرار دارند. سلول‌های مژکدار به دلیل وجود استرئوسیلیاهای راسی در ساختار آنها، به این اسم نامگذاری شده‌اند؛ سلول‌های مژکدار داخلی رشته‌های آوران را از عصب جمجمه‌ای VIII دریافت می‌کنند، در حالی که سلول‌های مژکدار بیرونی به رشته‌های وابران متصل هستند (Purves, 2004).

تنظیم و زمانبندی در عصب شنوایی

صدا دارای ویژگی فرکانس برای شناسایی زیروبمی و دامنه برای شناسایی بلندی یا شدت می‌باشد. از این دو ویژگی برای تولید پتانسیل عمل متناسب با موج صوتی در گوش داخلی استفاده می‌شود. همانطور که بیان شد، الگوی تشخیص فرکانس در گوش داخلی، بصورت تونوتوپی یا کدگذاری مکانی می‌باشد. تونوتوپی بیان می‌کند که هر فرکانس صوتی از یک محل مشخص از حلزون به مغز می‌رسد. گوش انسان محدوده ۲۰ تا ۲۰,۰۰۰ هرتز را تشخیص می‌دهد، بنابراین تئوری تونوتوپی برای جا دادن این محدوده صوتی در مساحت کم غشاء پایه به تنهایی کافی نیست. گوش از دو مکانیسم دیگر به نام مکانیسم فرکانس شنوایی و مکانیسم والی نیز استفاده می‌کند. مکانیسم فرکانس شنوایی بیان می‌کند که میزان برانگیختگی اعصاب شنوایی با فرکانس صدا برابر است. امواج مختلف صدا باعث می‌شوند غشاء پایه با درجات متفاوت به لرزش در بیاید که پیام‌های عصبی با درجات متفاوت را به وجود می‌آورد. برای مثال، یک نوت موسیقی باعث لرزش خاصی در گوش می‌شود و گام خاصی از صدا شنیده می‌شود. نت‌های پایین‌تر با سرعت کمتر و نت‌های بالاتر با سرعت بیشتری، لرزش ایجاد می‌کنند. زمانی که گام‌ها بالا برود، پیام‌های عصبی هم بیشتر می‌شوند. مثلا، آهنگی با فرکانس

۷۰۰ هرتز، ۷۰۰ پیام عصبی در ثانیه تولید می‌کند. هیچ نورونی نمی‌تواند با سرعتی بیشتر از ۱۰۰۰ پیام در ثانیه برانگیخته شود. برای شدت‌های بالاتر از ۱۰۰۰ پیام در ثانیه، مکانیسم والی مطرح می‌شود. در این مکانیسم مجموعه‌ای از نورون‌ها مسئول کد کردن فرکانس‌های صدا هستند. تئوری والی بیان می‌دارد که اگر یک رشته عصبی یک سیکل از محرک صوتی را از دست بدهد، رشته عصبی مجاور می‌تواند با ارائه یک ایمپالس آن را مشخص نماید. مجموعه این اطلاعات به مغز رسیده و پردازش می‌شوند (Purves, 2004).

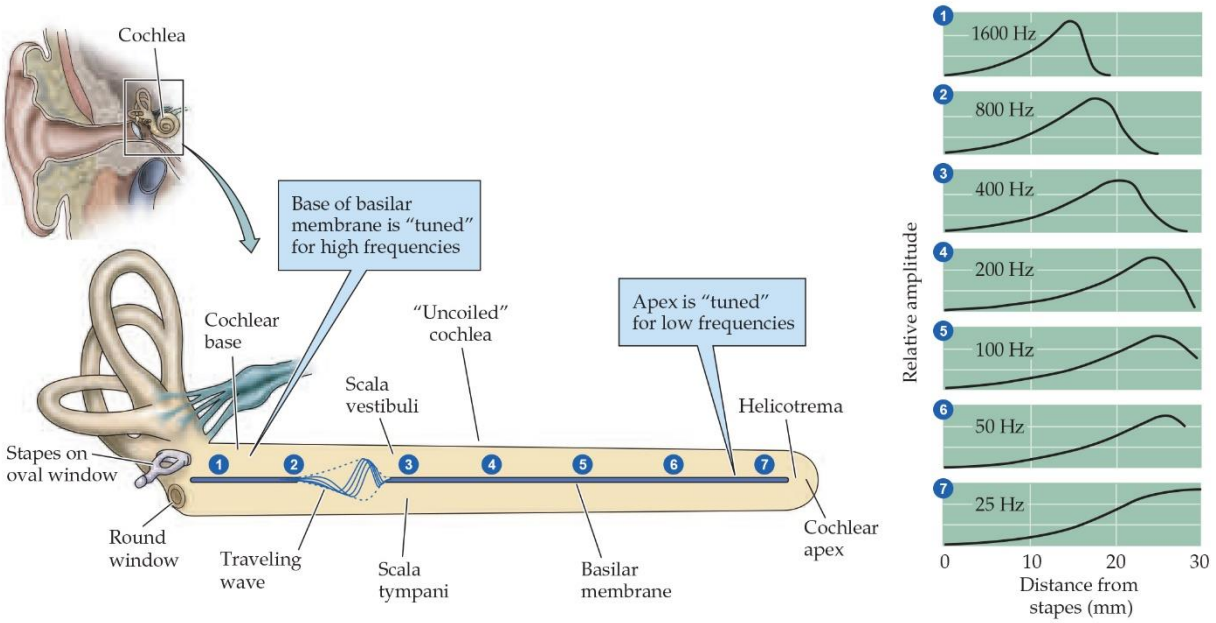
قشر شنوایی

مقصد نهایی اطلاعات شنیداری متفاوت، قشر شنوایی است. قشر شنوایی شامل قشر شنوایی اولیه و ثانویه است. قشر شنوایی اولیه، اطلاعات را با مکانیسم تونوتوپی از گوش داخلی دریافت می‌کند. قشر شنوایی ثانویه، اطلاعات را به صورت پراکنده‌تر دریافت می‌کند، بنابراین نقشه تونوتوپی دقیق ندارد. انواع پردازش‌های اطلاعاتی در قشرهای شنوایی رخ می‌دهند تا صدا درک و تفسیر شود. در فرآیند درک و تفسیر صدا ناحیه ورنیکه نیز دخالت دارد (Purves, 2004) (شکل ۴).

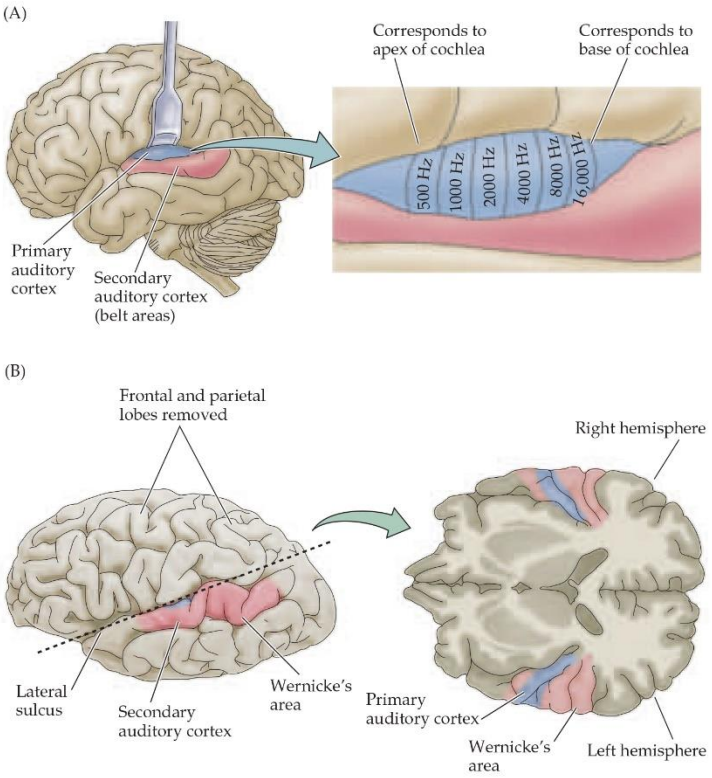
سیستم پاداش در مغز انسان

لذت یا خوشایندی توسط بخش‌های خاصی از مغز به نام سیستم پاداش کنترل می‌شود. سیستم پاداش شامل هیپوتالاموس، ناحیه تگمنتوم شکمی (Ventral Tegmental Area; VTA)، هسته اکومبنس (Nucleus Accumbens; NAcc)، هیپوکامپ، قشر پیشانی و لوکوس سرلئوس می‌باشد (Carlson and Birkett, 2021؛ Harris, 2023) (شکل ۵).

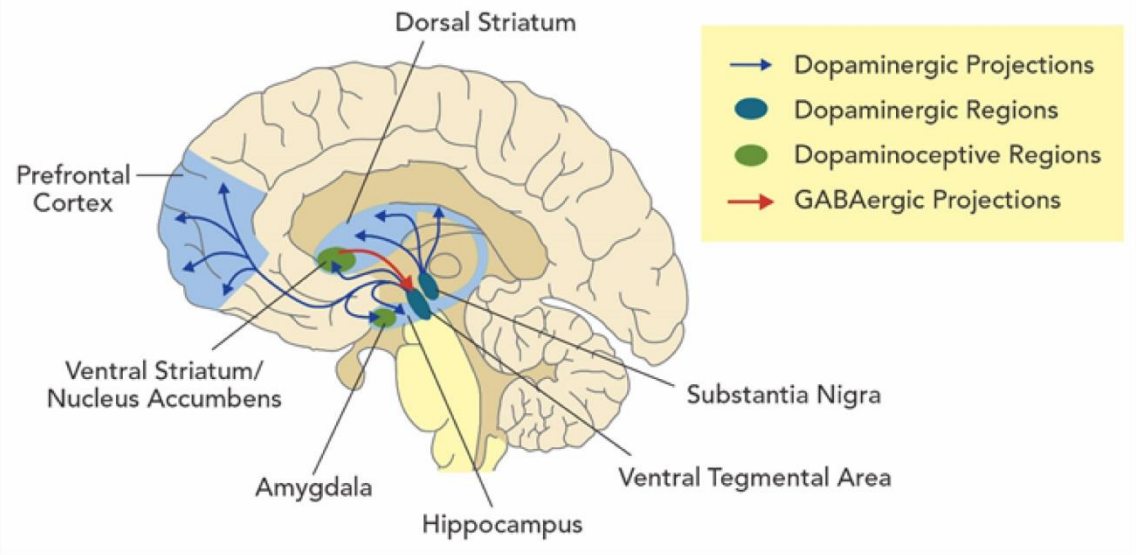
به نظر می‌رسد که سروتونین در هیپوتالاموس، انکفالین‌ها و گابا در ناحیه تگمنتوم شکمی و هسته اکومبنس و نورآدرنالین در هیپوکامپ در فرآیند پاداش نقش دارند؛ با این حال مسیر نهایی در این فرآیند، سیستم دوپامینرژیک مزولیمبیک است. نورون‌های دوپامینرژیکی A_{10} که از ناحیه تگمنتوم شکمی منشاء گرفته‌اند و به هسته اکومبنس وارد می‌شوند، تحت تاثیر محرک‌های لذت‌بخش (مانند غذا، نوشیدنی، دیدن منظره زیبا و ...) دوپامین ترشح می‌کنند که در هسته اکومبنس آزاد می‌شود (Carlson and Birkett, 2021؛ Harris, 2023).



شکل ۳- فرکانس‌های مختلف، تاثیرات متفاوتی بر غشاء پایه دارند. هر ناحیه از غشاء پایه به علت تفاوت در پهنا و سختی با بقیه نواحی، برای دریافت فرکانس ویژه‌ای اختصاص یافته است. فرکانس‌های بالا در قاعده حلزون و فرکانس‌های پایین در راس حلزون دریافت می‌شوند (Purves, 2004).



شکل ۴- قشر شنوایی در مغز انسان. قشر شنوایی اولیه به رنگ آبی نشان داده شده است. قشر شنوایی ثانویه در اطراف قشر شنوایی اولیه، به رنگ قرمز دیده می‌شود. قشرشنوایی اولیه با مکانیسم تونوتوپی پیام را دریافت می‌کند (A). ناحیه ورنیکه، ناحیه‌ای مهم در درک گفتار، فقط در قسمت پشتی قشر شنوایی قرار دارد (B) (Purves, 2004).



شکل ۵- سیستم پاداش در مغز انسان (SAMHSA, 2021).

هیجان گوش دادن به آهنگ مورد علاقه، رضایت از انجام یک کار دشوار یا لذت به اشتراک گذاشتن یک خنده صمیمانه با یکی از عزیزانتان را تصور کنید. این تجربیات VTA را فعال می‌کنند که با ترشح دوپامین پاسخ می‌دهد. دوپامین ترشح شده از VTA، به هسته اکومبنس و قشر

پیش‌پیشانی می‌رود و احساس لذت و رضایت را ایجاد می‌کند (Harris, 2023).

دوپامین یک پیامبر عصبی است که بر حرکت، ترجیح غذایی، یادگیری، توجه، عادات، خلق‌وخو، انگیزه و شناخت تاثیر می‌گذارد. دوپامین بیشتر به دلیل نقشش در سیستم پاداش مغز شناخته شده است. به عنوان بخشی از سیستم پاداش، باعث ایجاد احساس لذت و رضایت می‌شود. هنگامی که درگیر فعالیت‌هایی می‌شوید که لذت‌بخش هستند یا به موفقیتی دست می‌یابید، دوپامین ترشح می‌شود که شما را به تکرار آن فعالیت‌ها تشویق می‌کند (Carlson and Birkett, 2021؛ Nuca, 2024).

خوشایند بودن صدا

مسیرهای عصبی برای درک موسیقی، مشابه با مسیرهای درک گفتار و زبان، به عنوان بخشی از تکامل انسان بوجود آمده‌اند (Peretz & Zatore, 2001). موسیقی و گفتار، نواحی همپوشانی از لوب گیجگاهی و لوب پیشانی را فعال می‌کنند (Zatorre et al., 2002)، اما سلول‌های عصبی خاصی که برای گفتار و موسیقی کد می‌کنند، ممکن است متمایز باشند (Norman-Haignere et al., 2015).

پردازش مغزی گفتار و موسیقی در قشر شنوایی و پیشانی دربرگیرنده مراحل متعددی است که شامل تعیین زمان شروع صداها (آیا چیزی شنیدم؟)، استخراج اطلاعات زیر و بمی (چه نتی است؟)، دنبال کردن خطوط ملودیک (نت‌ها چگونه حرکت می‌کنند؟)، تشخیص کیفیت صدا (منشاء صدا چیست؟) و تحلیل متن گفتار یا ترانه (چه کلماتی شنیده می‌شود؟) می‌باشد. این بدان معنی است که هم محتوای آکوستیک، مانند اینکه کدام فرکانس یا زیروبم در صدا وجود دارد و هم ساختارهای پیچیده‌تر باید کدگذاری شوند (Hamilton, 2022).

پیام‌های عصبی تحلیل شده در قشر شنوایی و پیشانی به سمت سیستم پاداش فرستاده می‌شوند. اگر این پیام‌ها قادر به تحریک VTA باشند، احساس لذت و خوشایندی ایجاد خواهد شد و میزان لذت نیز بستگی به شدت تحریک خواهد داشت (Murgoska, 2023).

با این حال، درک صوت و موسیقی، فرآیندی پیچیده بوده و واکنش‌ها در افراد مختلف نسبت به یک صدای خاص، می‌تواند متفاوت باشد که به عوامل اجتماعی–فرهنگی، تجربه و حافظه (ماهیت افراد) بستگی داشته و ناشی از برهم‌کنش قشر مغز با سیستم پاداش وابسته به دوپامین می‌باشد. هرچقدر ماهیت افراد با یکدیگر شباهت بیشتری داشته باشد، واکنش مشابه‌تری نسبت به یک صوت خوشایند خواهند داشت (Salimpoor et al., 2013).

افراد مختلف پاسخ‌های فیزیولوژیک متفاوتی در برابر یک صدا یا موسیقی ایجاد می‌کنند. یک صدا یا موسیقی ممکن است برای یک فرد خوشایند باشد اما برای یک فرد دیگر نه. همان فرد ممکن است از نظر احساسی در یک وضعیت خاص به صدای دریافت‌شده، پاسخ دهد، اما در وضعیت دیگر نه؛ این تفاوت در رابطه بین محرک و فرد پاسخ‌گو وجود دارد. این امر جایگاه مسائل فرهنگی و یادگیری را در تجربه شخصی و موسیقی پراهمیت می‌کند (Panksepp and Bernatzky, 2002).

چرا در مواقعی، صدای خوشایند، لذت‌بخش نیست یا در زمانی لذت‌بخش‌تر می‌باشد؟

برانگیختگی یا فعال شدن سیستم عصبی سمپاتیک، با تحریک آزادسازی انتقال دهنده‌های عصبی مانند دوپامین و نوراپی‌نفرین، باعث ایجاد واکنش شدیدتر نسبت به محرک می‌شود. افزایش برانگیختگی، واکنش‌ها به محرک‌های پاداش را تقویت می‌کند و لذت را افزایش می‌دهد (Harris, 2023).

فعال شدن نورون‌های بازدارنده در آمیگدال مرکزی باعث ایجاد حالت بی‌توجهی می‌شود که در آن انسان به محرک‌های دردناک یا لذت‌بخش پاسخ نمی‌دهد. سرکوب برانگیختگی، سیگنال‌های نوراپی‌نفرین تحریک‌کننده سیستم عصبی سمپاتیک را کاهش می‌دهد که نتیجه آن، ایجاد نشدن واکنش‌های هیجانی و پاسخ‌های لذت می‌باشد؛ بنابراین برانگیختگی برای درک کامل حس‌های مثبت یا منفی ضروری است. همانطور که افزایش برانگیختگی، واکنش به محرک‌ها را افزایش می‌دهد، کاهش برانگیختگی می‌تواند هم لذت و هم درد را نامحسوس‌تر کند (Harris, 2023). بنابراین، در چنین شرایطی شنیدن صدایی که قبلا خوشایند بوده است؛ ممکن است لذت‌بخش نباشد، یا اینکه منجر به ایجاد احساس منفی شود.

سبک زندگی و عوامل استرس‌زا می‌توانند سطح دوپامین را کاهش دهند و باعث ایجاد عوارض کمبود دوپامین شوند. سطوح پایین دوپامین می‌تواند منجر به فقدان شادی در فعالیت‌ها، کاهش انگیزه و کاهش کلی اشتیاق به زندگی شود. سطوح پایین دوپامین می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی باشد، از جمله:

عوامل ژنتیکی: صفات ارثی می‌تواند بر تولید دوپامین و متابولیسم تأثیر بگذارد (Nuca, 2024). **تغذیه ضعیف:** تیروزین کم، کمبود منیزیم، کمبود ویتامین D و سایر کمبودهای غذایی می‌تواند سطح دوپامین را کاهش دهد (Nuca, 2024). **استرس مزمن:** استرس طولانی مدت می‌تواند ذخایر دوپامین را تخلیه کند. کمبود دوپامین با سطوح بالای استرس مرتبط است. بااینکه همیشه نمی‌توان شرایط محیط اطراف خود را کنترل کردد، اما می‌توان از راه‌های زیادی برای کمک به مقابله بهتر با استرس و اضطراب روزانه استفاده کرد. مدیتیشن، تنفس عمیق، یوگا، تای چی، مطالعه کردن، دعا کردن، یادداشت روزانه و بسیاری دیگر از شیوه‌های کاهش استرس می‌توانند به کاهش استرس و ترشح دوپامین در بدن کمک کنند (Nuca, 2024). **سوء مصرف مواد:** داروهایی که دوپامین را افزایش می‌دهند در نهایت می‌توانند تولید طبیعی را کاهش دهند (Nuca, 2024). **شرایط سلامتی:** بیماری‌هایی مانند افسردگی که بر سلامت روان تاثیر می‌گذارند و همچنین بیماری‌های سیستم عصبی مرکزی، با سطوح پایین دوپامین مرتبط هستند (Nuca, 2024). **کمبود خواب:** خواب ناکافی می‌تواند حساسیت گیرنده‌های دوپامین را کاهش دهد. یک راه آسان برای افزایش دوپامین، پیروی از یک الگوی خواب منظم است. در حالت ایده‌آل، هر چرخه ۲۴ ساعته شبانه‌روز باید شامل هفت تا هشت ساعت خواب و دوره‌های منظم فعالیت بدنی باشد. چرخه خواب نامنظم همراه با نبود فعالیت بدنی می‌تواند سطح دوپامین را به شدت کاهش دهد. دوره‌های فعالیت کافی و استراحت به مغز اجازه می‌دهد تا ذخایر انتقال‌دهنده‌های عصبی خود را دوباره شارژ کند و دوپامین کافی برای فعالیت روزانه تامین شود (Nuca, 2024). **افزایش سن:** پیری طبیعی می‌تواند تولید دوپامین را کاهش دهد (Nuca, 2024). **کمبود فعالیت بدنی:** ورزش دوپامین را افزایش می‌دهد، بنابراین عدم تحرک می‌تواند باعث کاهش سطح آن شود.

این عوامل می‌توانند برهم‌کنش داشته باشند و اثرات آنها با هم ترکیب شده و منجر به تغییرات قابل توجهی در سطوح دوپامین از فردی به فرد دیگر شود (Nuca, 2024).

منابع

ضمیری عبدالهی، ف.، دلفی، م.، ناظری، ا. (۱۳۹۲). *آکوستیک و سایکوآکوستیک*. انتشارات قلم علم، تهران.

کوتروف، ه. (۱۳۹۷). مقدمه‌ای بر آکوستیک. ترجمه امیر مسعود عباسی. موسسه انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

Carlson, N. R., & Birkett, M. (2021). Foundations of Behavioral Neuroscience, Tenth Edition, Global Edition. Pearson Education Limited, New York.

Hamilton, L. S. (2022). Human song: Separate neural pathways for melody and speech. *Current Biology*, *32*(7), R311-R313.

Harris, J. (2023). The Neuroscience of Pleasure: Hacking the Brain's Reward System. URL: https://jhwordsmith.medium.com/the-neuroscience-of-pleasure-hacking-the-brains-reward-system.

Moyes, C. D., & Schulte, P. M. (2016). *Principles of Animal Physiology*, 3rd Edition. Pearson, Pearson, Ontario.

Murgoska, A. (2023). Music to My Ears: Exploring the Neural Pathways of Music-Induced Reward. *Ottawa-Carleton Journal of Neuroethology*, *1*(2).

Norman-Haignere, S., Kanwisher, N. G., & McDermott, J. H. (2015). Distinct cortical pathways for music and speech revealed by hypothesis-free voxel decomposition. *neuron*, *88*(6), 1281-1296.

Nuca, R. (2024). Dopamine Nootropics: Supplements for Mood, Motivation & Memory. URL: https://www.mindlabpro.com/blogs/nootropics/nootropics-dopamine/.

Panksepp, J., & Bernatzky, G. (2002). Emotional sounds and the brain: the neuro-affective foundations of musical appreciation. *Behavioural processes*, *60*(2), 133-155.

Peretz, I., & Zatore, R. (2001). *The biological foundations of music*. New York Academy of Sciences, New York.

Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., LaMantia, A. S., McNamara, & Williams, S. M. (2004). *Neuroscience*, Third Edition. Sinauer Associates, Sunderland.

Salimpoor, V. N., Van Den Bosch, I., Kovacevic, N., McIntosh, A. R., Dagher, A., & Zatorre, R. J. (2013). Interactions between the nucleus

accumbens and auditory cortices predict music reward value. *Science*, *340*(6129), 216-219.

SAMHSA (Substance Abuse and Mental Health Services Administration) (2021). Treatment for Stimulant Use Disorders (Treatment Improvement Protocol (TIP) Series, No. 33). Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK576541/

Zatorre, R. J., Belin, P., & Penhune, V. B. (2002). Structure and function of auditory cortex: music and speech. *Trends in cognitive sciences*, *6*(1), 37-46.

Why do we like certain sounds?

Khoshrou D. and Roohi Aminjan A. *

Dept. of Biology, Faculty of Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, I.R. of Iran

Abstract

The human voice is a natural auditory stimulus that is very important in social communication. It has happened to everyone in their lives that they have enjoyed the voice of a certain person, certain music or the sounds caused by natural phenomena, so that they want to hear that voice/sound again. Sound reaches the human ear from the air in the form of sound waves. The ear uses the mechanism of tonotopy to convert sound waves into nerve impulses to understand the intensity and pitch of the sound. The impulses travel along the auditory nerve to the primary and secondary auditory cortex. Auditory messages are sent to the brain's reward system after being analysed in both the auditory cortex and the frontal cortex. If these messages can activate the ventral tegmental area, dopamine is released to the nucleus accumbens and prefrontal cortex. This produces feelings of pleasure and happiness.

Keywords: sound, auditory, social