

İşitme ve Denge

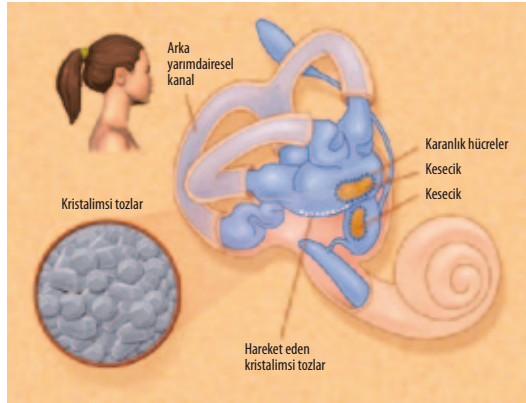
Tüm canlılar için işitme ve denge hayatı devam ettirmenin gereklerinden biri. İnsanların birbiriyle olan iletişimi, bazı tehlikeleri önceden algılama, yön belirleme ve dengeyi sağlama en önemli işlevler arasında. Bu işlevlerin yerine getirilmesi için son derece karmaşık bir yapıya sahip olan sağlıklı kulaklar gerekiyor. Kulak, birbiriyle bağlantılı üç farklı bölüme oluşur. Dış kulak, kepçe şeklindedir ve sesi toplayarak kulak zarına iletmeye yarar. Kulak kepçesi, önden gelen seslerin daha fazla algılanmasını kolaylaştıracak ve seslerin geliş yönünü saptayacak şekilde gelişmiştir. Ses dalgaları, havayı titreştirerek ilerler. Titreşen hava, yaklaşık 4 cm'lik dış kulak yolundan geçerek kulak zarına çarpar. Kulak zarı orta kulağın giriş kapısıdır. Çok ince olan bu zar, ses dalgaları çarpınca titreşir. Orta kulağın içerisinde, birbiriyle bağlantılı üç küçük kemik bulunur. Kulak zarı titreşince, bu kemikler hareket eder. Titreşen kemikler, iç kulağın giriş kapısı olan oval pencereyi titreştirerek ses dalgalarının iç kulağa girmesini sağlar.

İç kulak, salyangoza benzer bir şekle sahiptir. İç kulağın koklea denilen kısmı temel olarak işitmeden sorumludur. Salyangozun dış kabuğuna benzeyen koklea'nın içerisinde, 2,5 tur atan ince bir kanal vardır. Kanalin toplam hacmi 0,2 mililitre kadardır. Bu kanal, iki ince zarla üç kısma bölünür. Orta kısım endolenf, dış iki kanal da perilenf denilen sıvıyla doludur. İki sıvının içerdiği elektrolit oranları oldukça farklıdır. Orta kulaktan gelen ses dalgası, oval pencereyi titreterek perilenf sıvısını harekete geçirir. Oluşan titreşim, iç kulak kanalındaki zarları titreştirir. Bu zarın üzerinde bulunan ve sayıları 30 bini bulan özel hücreler, değişik frekanslardaki titreşimleri algılayarak, elektrokimyasal sinyallere çevirir. Hücreler, buldukları yere ve işlevlerine göre farklı titreşimleri algırlarlar. Koklea'nın tabanında yer alan hücreler yüksek frekanstaki, tavanındaki hücreler de düşük frekanstaki titreşimlere duyarlıdır. Her hücrenin algıladığı frekansın farklı olması değişik sesleri ayırtmamızı sağlar. Sinyaller, duyma siniri (8. sinir) aracılığıyla ilk önce beyin sapına, buradan da beyne iletilir. Beynin duyma merkezine ulaşan sinyaller burada sese dönüşür.

Kulağın, işitme dışında diğer önemli işlevi de dengeyi sağlamaktır. Dengeyi sağlamak için beyne değişik bölgelerden sinyaller gider. Gelen sinyaller sayesinde beyin, vücudun bulunduğu şekli üç boyutlu olarak algılar ve

dengeyi sağlar. Kafanın değişik yönlere yaptığı hareketlere karşı vücudun dengesini korumak için iç kulaktan beyne doğru sürekli sinyal iletilir. İç kulaktaki duyma organı olan koklea'nın devamı olan ve "C" şeklinde üç adet kanal (semisirküler kanallar) dengeyi sağlamada oldukça önemlidir. Semisirküler kanallar birbiriyle 90 derece açı yapacak şekilde konumlanmıştır. Bu sayede kafanın her yöne hareketini algırlarlar. Kafa hareket ettiğinde, bunu algılayan kanal içerisindeki endolenf denilen sıvı ters yöne hareket eder. Endolenf sıvısı hareket edince içerisindeki kalsiyum kristalleri harekete geçer ve semisirküler kanallar içerisindeki hücreleri uyarır. Uyarılan hücrelerin meydana getirdiği elektrokimyasal sinyaller, denge siniri tarafından beyin sapına ve beyincige gönderilir. Bu sayede beyin, kafanın ve vücudun aldığı üç boyutlu şekli algılar.

Kulağın işitme veya denge işlevlerinde meydana gelen bozukluklar hayatı tehlike oluşturmaya da yaşamı son derece olumsuz etkiler. Dış veya orta kulaktaki bozukluklar temelde işitmeyi etkiler. İç kulağı etkileyen hastalıklarsa hem işitmeyi hem de dengeyi etkileyerek, duyma güçlüğü, sağırılık, baş dönmesi, denge kaybı, bulantı gibi şikâyetleri doğurur. İç kulak sıvısının basıncındaki değişiklikler, baş dönmesi ve denge kaybıyla seyreden Menier hastalığına yol açar. Uzun süre devam eden basınç değişiklikleri koklea'daki işitme hücrelerinin yavaş yavaş ölmesine neden olur. Bu yüzden, Menier hastalığı zamanla işitme kaybına, yani sağırılığa yol açabilir. Son yıllarda, endolenf sıvısının içeriğini değiştirerek dengeyi sağlamak mümkün olabilmektedir. Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda, iç kulak sıvısının miktarını artırıp, suni olarak Menier hastalığı yaratılmıştır. İç kulak sıvısında, potasyum miktarının önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir.



Kısaca, iç kulak sıvısında artan potasyum seviyesinin, baş dönmesi ve denge kaybına yol açtığı gösterilmiştir. Bu bulgulardan yola çıkan araştırmacılar, iç kulak sıvısının içeriğini değiştirerek, Menier hastalığının tedavisini hedeflemektedirler. Farelerde suni olarak meydana getirilen Menier benzeri tablodan sonra, iç kulağa verilen suni endolenf sıvısı sayesinde denge kaybının giderildiği gösterilmiştir. Henüz deneme aşamasında olan suni iç kulak sıvısı belki de yakın gelecekte baş dönmesi, denge kaybı, araç tutması gibi rahatsızlıkların tedavisinde kullanılabilir.

Elektronik İşitme

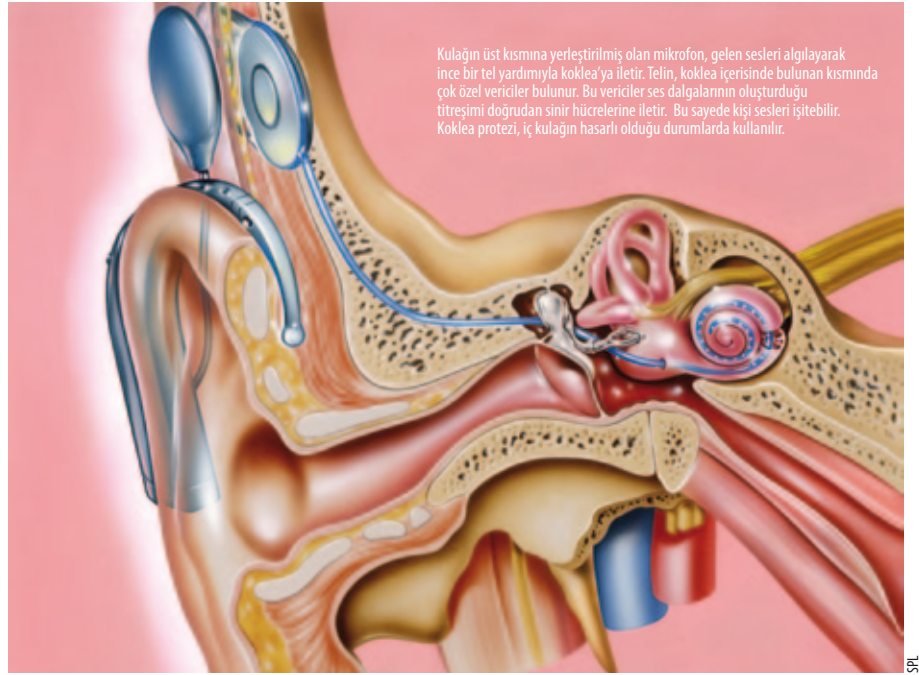
Çeşitli hastalıklara bağlı olarak meydana gelen dış, orta veya iç kulak hastalıkları işitme kaybına yol açabilmektedir. Tedavi yöntemi işitme kaybının nedenine göre belirlenmektedir. Yaranmalar veya doğuştan dış kulağın olmaması, işitme sorunlarının nedenlerinden ikisidir. Genetik mühendisliğinin ilerlemesiyle artık suni dış kulak yapılabilmektedir. Dış kulak oluşturmaya programlanmış kök hücreler, hayvan cilt do-

kusuna enjekte edilerek dış kulak elde edilebilmektedir. Doku mühendisleri, oluşturulan kulak iskeleti üzerine yerleştirilen kırıldık hücrelerinin büyütülmesiyle de suni kulak oluşturabilmektedirler. Elde edilen suni kulak, hasta kişiye nakledilerek işitme sorununa çözüm getirilmekte ve uygun estetik görünüm sağlanmaktadır.

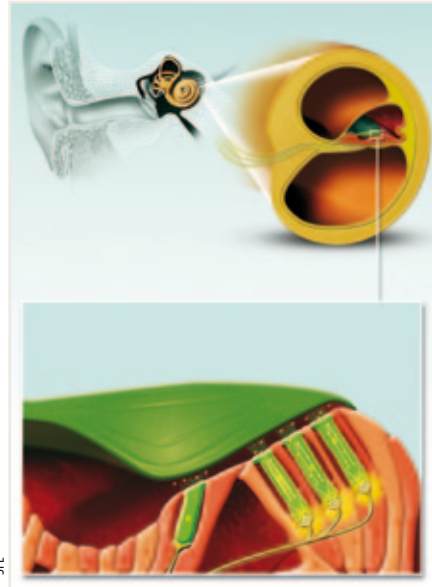
Orta kulakla ilgili sorunlar çoğunlukla uzun süren orta kulak iltihaplarına ve orada

bulunan üç kemiğin yapışıklığına bağlıdır. Sese iç kulağa iletilmesini engelleyen bu tür sorunları aşmak için ses güçlendirici işitme cihazları kullanılır. İşitme cihazları, dışarıdan gelen ses dalgalarını doğrudan iç kulağa, oval pencereye iletir. İç kulağa iletilen titreşimler iç kulak sıvısını titreştirerek sese dönüşür. Kısaca, işitme cihazları birer suni orta kulak olarak kabul edilebilir.

İç kulaktan kaynaklanan işitme sorunları kendi içerisinde ikiye ayrılır. İşitme organı olan koklea'daki bozukluklar işitme kaybına yol açabileceği gibi, işitme sinirinin hasar görmesi de sağırlığa sebep olabilir. Koklea içerisindeki sıvıların görevini tam olarak yapamaması veya koklea'nın yapısal bozukluklarına bağlı olarak sinyal üretimi durabilir. İç kulakta duymadan sorumlu olan hücrelerin, üzerlerinde yer alan tüylerdeki bozukluğa bağlı olarak titreşimleri algılayamaması durumunda da sesleri duymak için gerekli sinyal oluşturulamaz. Bütün bu durumlarda, orta kulaktan iç kulağa titreşim iletirse bile, beyne yollanmak üzere gerekli elektrokimyasal uyarı oluşmaz. İç kulaktan kaynaklanan bu tür işitme kayıplarında suni koklea kullanılmaktadır. Koklear implant denilen suni koklea, vücut dışından gelen ses dalgalarını doğrudan iç kulaktaki titreşime duyarlı hücrelere iletir. Bunun için, vücut dışına yerleştirilen bir mikrofon ve sesi iç kulaktaki hücrelere taşıyan çok ince bir tel



Kulağın üst kısmına yerleştirilmiş olan mikrofon, gelen sesleri algılayarak ince bir tel yardımıyla koklea'ya iletir. Telin, koklea içerisinde bulunan kısımda çok özel vericiler bulunur. Bu vericiler ses dalgalarının oluşturduğu titreşimi doğrudan sinir hücrelerine iletir. Bu sayede kişi sesleri işitebilir. Koklea protezi, iç kulağın hasarlı olduğu durumlarda kullanılır.



İnce bir zarın üzerinde dört sıra halinde bulunan saç hücrelerin (hair cells) dış yüzeyinde çok ince saçlar bulunur. Hücrelerdeki bu saçlar, ses dalgalarının iç kulak sıvısını hareket ettirmesiyle oluşan titreşimleri algılayarak hareket ederler. Bunu takiben hücre içerisinde bir uyarı meydana gelir. Bu uyarı da, saç hücrelerin tabanında bulunan sinir lifleriyle işitme sinirine iletilir. Saç hücrelerde veya sinir liflerindeki hasarlar ya da iç kulak sıvısındaki değişimler işitme kaybına yol açar.

kullanılır. Bu tel, koklea'daki ince kanalın içerisine yerleştirilir. Dışarıdan gelen ses dalgaları, mikrofon tarafından algılandıktan sonra teli titreştirir. Titreşen tel, iç kulaktaki sinir uçlarını uyarak elektrokimyasal sinyallerin oluşmasını sağlar. Oluşan sinyaller de duyma siniriyle beyne iletilir. Kısaca, koklear implantın yaptığı işlev, iç kulağın bay-pass edilmesi, yani atlanmasıdır. Koklear implant sayesinde duyulan ses, doğal sese ben-

zemesi de, belirli bir eğitim programıyla kişi belirli sesleri ayırt edebilmektedir. Koklear implantla, hastanın dudak okumadan, hareketlere bakmadan, sadece işitsel olarak konuşulanları anlayabilmesi hedeflenmektedir.

Son yıllarda, koklear implant teknolojisi de aşarak, beyin sapı implantları geliştirildi. Sağlıklı dış, orta veya iç kulağı olup da tümöre veya başka bir hastalığa bağlı olarak işitme sinirinde bozukluk olan kişilerde beyin sapı implantları kullanılmaktadır. Çeşitli yaralanma, ameliyat veya nörofibromatozis-2 hastalığına bağlı olarak 8. sinirin hasar görmesi durumunda sağırılık oluşur. Nörofibromatozis-2 hastalığında, her iki (sağ ve sol) işitme sinirlerinin etrafında tümör oluşur. Bu tümörün ameliyatla alınması sırasında işitme sinirleri kesilir ve bu durum tam sağırlığa yol açar. Beyin sapı implantları, dışarıdan gelen ses dalgalarının elektrik sinyallerine dönüştürülüp, beyin sapındaki işitme çekirdeklerine yollanmasını hedefler. Vücut dışındaki mikrofonla bağlı ince bir tel (elektrod), ameliyatla beyin alt merkezinde, beyin sapının içerisinde bulunan ventral koklear çekirdeğe yerleştirilir. Elektrik sinyalleri, duyma siniri görevini gören bu telden geçerek işitme çekirdeğini uyarır. Oluşan uyarı buradan beyindeki üst işitme merkezlerine yollanarak ses algılanır. Son yıllarda bu teknoloji daha da ileri götürülerek, ses dalgalarının, beyin orta kesimindeki işitme merkezlerine gönderilmesi hedeflenmiştir. Orta-beyin implantı denilen bu cihazlarla, koklear çekirdek atlanarak, sinyaller doğrudan beyne iletilir. Nörofibromatozise bağlı olarak koklear çekirdeğin hasar görmesi durumunda

dahi bu tür implantların kullanılabilmesi teknolojinin en önemli avantajıdır. Ancak bu tür implantların yerleştirilmesi teknik olarak oldukça zordur.

İç kulak veya işitme siniri görevi yapacak çok küçük elektronik devreler üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Vücut dışarısında bağlantısı olmayan, tekparça elektronik devreler estetik açıdan da avantaj sağlayacaktır. Yakın bir gelecekte, belki de beyin içerisine yerleştirilecek mikroçip sayesinde, dış ve orta kulaktan geçen ses dalgaları, iç kulak olmasa bile elektrik sinyallerine dönüştürülüp beyne iletilecektir. Yani, geliştirilen mikroçipler, iç kulağın yerini bütünüyle alabilir. Koklear veya beyin sapı implantlarının halen en önemli dezavantajı elde edilen seslerin doğal olmamasıdır. Araştırmaların en önemli hedefi, işlevini görmeyen kulak bölümünün yerine geçerek elektronik devrelerin geliştirilmesi ve seslerin en doğal haliyle algılanmasıdır.

Diş kulak oluşturmaya programlanmış kök hücreler, hayvan cilt dokusuna enjekte edilerek dış kulak elde edilebilmektedir.

Kaynaklar

- Lim, H. H., Lenarz, M. ve T. Lenarz, "Auditory midbrain implant: a review," *f 13; 3* (2009): 149-80.
- Colletti, V., Shannon, R. V., Carner, M., Veronesi, S. ve L. Colletti, "Progress in restoration of hearing with the auditory brainstem implant," *ScienceDirect - Progress in Brain Research* 175 (2009): 333-45.
- Schwartz, M. S., Otto, S. R., Shannon, R. V., Hitselberger, W. E. ve D. E. Brackmann, "Auditory brainstem implants," *Neurotherapeutics* 5; 1 (2008): 128-36.
- Kakigi, A., Salt, A. N. ve T. Takeda "Effect of artificial endolymph injection into the cochlear duct on perilymph potassium," *Journal for Oto-Rhino-Laryngology and Its Related Specialties* 71, Ek 1 (2010):16-8.
- Ren, T. ve P. G. Gillespie, "A mechanism for active hearing," *Current Opinion in Neurobiology* 17; 4 (2007): 498-503.