

Derleme Makalesi– Review Paper

İŞİTSEL İŞLEMLEME VE İŞİTME KAYBINDA İŞİTSEL REAKSİYON ZAMANI
AUDITORY PROCESSING AND AUDITORY REACTION TIME IN HEARING
LOSS

Yaşam Yıldırım BAŞKURT¹, Günay KIRKIM²

Özet

Akustik uyarın, yayılımı için katı, sıvı veya gaz gibi partiküler ortam gereksinimi duyan ve dalga şeklinde ilerleyen bir enerji birimidir. Akustik uyarını tanımlayan parametreler şiddet ve frekanstır. Sesin temporal (zamansal) özellikleri kortikal düzeyde anlam kazanmasını sağlayan temel parametredir. İnsanlarda bu enerji biriminin işlenmesi iletim, dönüşüm, kodlama ve çözümü olmak üzere 4 fazdan oluşur. İşitsel uyarının sunulduğu an ile bu uyarana istemli olarak verilen tepki arasında geçen zaman olan reaksiyon zamanı, klinik odyoloji anabilim bilim dalında işitme kaybının simülasyon veya fonksiyonel olup olmadığını anlamada kullanılmaktadır. Fonksiyonel işitme kaybı olan bireyler ile normal bireylerin karşılaştırıldığı bir çalışmada fonksiyonel işitme kaybı tanısı almış bireylerin istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha yavaş işitsel reaksiyon zamanı olduğu belirtilmektedir. İşitsel reaksiyon mekanizmasının işitme cihazı kullanıcılarının gürültüde konuşma anlaşılabilirliği üzerine etkisinin olduğu göz önüne alındığında, görsel veya işitsel reaksiyon zamanı hızlı bir klinik değerlendirme aracı olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Reaksiyon zamanı, işitme kaybı, santral işitsel işleme

Abstract

Acoustic stimulus is an energy waves that requires a particulate environment such as solid, liquid or gas for its moves. The parameters defining the acoustic stimulus are intensity and frequency. The temporal properties of the sound are the basic parameters that make it meaningful at the cortical level. The processing of this energy unit in humans consists of 4 phases: transmission, conversion, encoding and decoding. Reaction time, which is the time between the moment the auditory stimulus is presented and the voluntary response to this stimulus, is used in clinical audiology to understand whether hearing loss is simulated or functional. In a study comparing individuals with functional hearing loss and normal individuals, it was stated that individuals diagnosed with functional hearing loss had significantly slower auditory reaction time. Given that the auditory reaction mechanism has an effect on the speech intelligibility of hearing aid users in noise, the visual or auditory reaction time can be used as a rapid clinical assessment tool.

Keywords: Reaction time, hearing loss, central auditory processing

Geliş Tarihi (Received Date): 09.04.2021, Kabul Tarihi (Accepted Date):03.12.2021, Basım Tarihi (Published Date): 27.12.2021. ¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye, ²Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Meslek Yüksek Okulu, İzmir, Türkiye, **E-mail:** yasambaskurt@gmail.com, **ORCID ID's:** Y.Y.B; <https://orcid.org/0000-0001-7749-5791>, G.K.; <https://orcid.org/0000-0003-4170-5317>

1. GİRİŞ

Periferik organ aracılığıyla sağlanan bir duyu olan işitme, canlıların birbirleri ile iletişim kurmalarında önemli bir yere sahiptir. İletişim merkezi işitsel sinir sistemi tarafından işlenen bilgilerin üst merkezlerde anlam kazanması sayesinde gerçekleşen karmaşık bir süreçtir. İnsanoğlu zamanla üretmiş olduğu işitsel çıktılara farklı anlamlar yükleyerek kendine özgü dil olgusunu yaratmıştır. Dilin en temel üç bileşeni biçim, içerik ve kullanımdır. Her fonemin temporal ve spektral özelliklere sahip akustik çıktıları dil olgusunun anlaşılabilirliğini sağlayan çok önemli ayrıntıları oluşturur. Konuşma sinyali daha alt bölgeler olan dış, orta, iç kulak, beyin sapı ve talamusta işlem görmeden serebral kortekste anlam kazanamaz (Webster, 1995, ss. 293-315).

İşitsel işlemlenin sorunsuz gerçekleşmesi her bölgenin kendine özgü görevlerini yapması sonucunda oluşmaktadır. İşitme ile ilgili patolojiler periferik ve/veya merkezi işitsel bölge tutulumları ile ortaya çıkar. Dış ve orta kulak anatomik yapılarını tutan patolojiler iletim tipi işitme kaybı olarak adlandırılırken, sensör organ (iç kulak) ve nöral yapılar (işitme siniri) ile ilgili bozulmalar sensorinöral işitme kaybı tipi olarak adlandırılır. İşitme kaybının aynı anda iki sorunu barındırması mikst tip işitme kaybı olarak adlandırılır. Daha üst bölgelerde gerçekleşen ve işitsel işleme basamaklarını etkileyen işitme kaybı tipi ise işitsel işleme bozukluğu olarak tanımlanır (Jerger ve ark., 1991, ss.36-54). İşitme kayıpları, tipi ve derecesine göre farklı şekillerde rehabilite edilmektedir. Orta-ileri dereceye kadar olan işitme kayıplarında işitme cihazı ile rehabilitasyon yüksek oranda başarıya sahiptir. Ancak ileri ve çok ileri derecede işitme kaybına sahip bireylerin işitme cihazından aldıkları yarar azalmaktadır. Bu nedenle işitme kaybı derecesinin çok ileri olduğu durumlarda koklear implant ile rehabilitasyon daha verimli sonuçlar sunar. İşitme cihazı ve koklear implantlı rehabilitasyonun amacı, pediatrik grup için konuşma gelişiminin normale yakın bir şekilde gerçekleşmesini, yetişkinler için ise kaybolan konuşma anlama ve ayırt etme becerilerinin yeniden karşılanmasını sağlamaktır. Başarılı bir rehabilitasyon sayesinde bireyler topluma kolay ve iyi bir şekilde uyum sağlayabilir, yaşam kalitelerini arttırabilir (Ögüt, Kırkım & Başak, 2021, ss. 487-775).

Beyin sapı, talamus ve serebral korteks, merkezi işitsel işleme bölgesi olarak adlandırılır. Bu bölgenin görevini tam olarak yerine getirememesi ise işitsel işleme bozukluğu olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım nöroloji, sinir bilimleri, odyoloji, psikiyatri ve geriatri gibi birçok bilim dalının irdelediği geniş spektrumlu bir durumdur. American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) çıkarmış olduğu tanımlamaya göre işitsel işleme bozukluğu, işitsel bilginin merkezi sinir sistemi tarafından verimli ve etkin bir şekilde kullanımında oluşan zorluk olarak tanımlanmaktadır (Catts ve ark., 1996, ss. 41-52).

Bireylerin sesleri veya konuşmaları duyma, anlama ve cevap verme becerileri topluma katılımlarını sağlar. Bu becerilerden duyma ve anlamamanın sağlanması işitsel rehabilitasyonun temel amaçlarının başında gelir. Diğer yandan cevap verme ve verilen cevabın hızının yani reaksiyon hızının artması rehabilitasyonun önemli kazanımları arasındadır. Klinisyenler işitme ve konuşma ile ilgili verileri objektif ve subjektif odyolojik değerlendirmelerle sağlamaktadırlar. İşitsel reaksiyon zamanı konusunda literatürde özellikle koklear implantlı

bireylerle yapılan çok az çalışmaya rastlanmaktadır. Konuşma anlaşılabilirliği ve anlaşılan konuşmaya cevap verme hızı işitsel reaksiyon zamanı ile birebir ilişkilidir (Gatehouse ve Gordon, 1990, ss.63-68).

İşitsel işleme bozukluğu anatomik olarak geniş bir bölgeden kaynaklanması nedeniyle işitme kaybına göre daha karmaşık bir patolojidir. Kişiler duyduğu sesleri anlama, ayırt etme, nereden geldiğini fark etme, Sesin yönünü tayin etme ve gürültüde ayırt etme, anlama gibi becerilerini tam olarak kullanamazlar (Ögüt, Kırkım & Başak, 2021, ss. 345-449).

Bu derlemenin amacı, bilinen anatomik yapıların görevleri irdelenerek işitsel işleminin tüm basamaklarını anlamak ve ayrıca işitsel reaksiyon zamanının işitsel işleme içerisindeki yerini anlayıp, işitme kayıplı bireylerde elde edilen bulguları irdelemektir.

2. PERİFERİK VE SANTRAL İŞİTSEL İŞLEMLEME

Ses, yayılımı için katı, sıvı veya gaz gibi partiküler ortam gereksinimi duyan ve dalga şeklinde ilerleyen bir enerji birimidir. Bu enerjiyi tanımlayan parametreler şiddet ve frekanstır. Sesin temporal (zamansal) özellikleri, kortikal düzeyde anlam kazanmasını sağlayan temel parametrelerdir. İnsanlarda bu enerji biriminin işlenmesi iletim, dönüşüm, kodlama ve çözümlenme olmak üzere 4 fazdan oluşur. Dış, orta ve iç kulak anatomik yapılarında herhangi bir fonksiyonel bozukluğun olmadığı durumlarda ses iletimi gerçekleşir. İç kulakta bulunan korti organı üzerinde konumlanmış iç ve dış tüylü hücreler tarafından sesin önce kimyasal potansiyellere sonra da elektriksel sinyallere çevrilmesi sağlanmaktadır. Bu bölümde gerçekleşen basamaklar faz dönüşüm ve kodlama fazı olarak adlandırılır. Dönüşüm fazı dış, orta ve iç kulak tarafından oluşturulan mekanik etkilerin korti organında bulunan iç ve dış tüylü hücreler yardımı ile işitme sinirine aktarılmasıdır. Gerçekleşen dönüşüm sesin şiddet, frekans ve zaman gibi özelliklerinin nöral yapılara kodlanmasını da kapsar. Bu yüzden dönüşüm ve kodlama fazı birbiri ile iç içe geçmiştir. En son faz olan çözümlenme fazında ise nöral yapılara kodlanan ses hakkındaki bilgiler santral işitsel merkezler tarafından algılanır. Bir kişinin duyduğu herhangi bir sesi fark edip, tanıyıp anlayabilmesi için bu fazların sorunsuz olarak çalışması gerekmektedir (Önerci & Güneri, 2016, ss. 33-42).

İşitmenin periferik anlamda mekanizması tamamen çözülmüştür. Dış, orta ve iç kulak yapılarının görevleri, mekanizmaları ve fiziksel özelliklerinin işitmeye olan katkıları bütünü ile bilinmektedir. Örneğin kulak zarının titreşim özelliklerine ait modellemeler 1868 yılında Helmholtz ile başlamış ve sonrasında gözlemsel yöntemler ile devam ederek, Khanna ve Thonndorf tarafından yapılan lazer interferometri çalışmaları ile ilerleyen dalga modeline kadar gelmiştir (Önerci & Güneri, 2016, ss. 26-32). Ayrıca akustik refleks ve orta kulak kas yapıları ile ilgili zaman içerisindeki gelişmeler önce hayvanlar üzerinde (Amfibiyan, sürüngenler, kuşlar, memeliler, tavşanlar, yarasalar) sonra da insanlardan elde edilen veriler ile son halini almıştır. Zakrisson insan orta kulak kaslarının akustik uyarana olmadığı zamanlarda motor hareketler haricinde spontan bir kasılmasının olmadığını gözlemiştir. Sese karşı orta kulakta oluşan refleksin VII. Sinir ile ilişkisi Politzer tarafından ortaya atılmıştır. Çoğunlukla tavşanlar

üzerinde yapılmış çalışmalarda Hammerschlag ve Borg refleks arkının Süperior Oliver Komplekse kadar çıkan bir döngüye sahip olduğunu belirtmiştir (Van de Water, 2012, ss. 1741–1759).

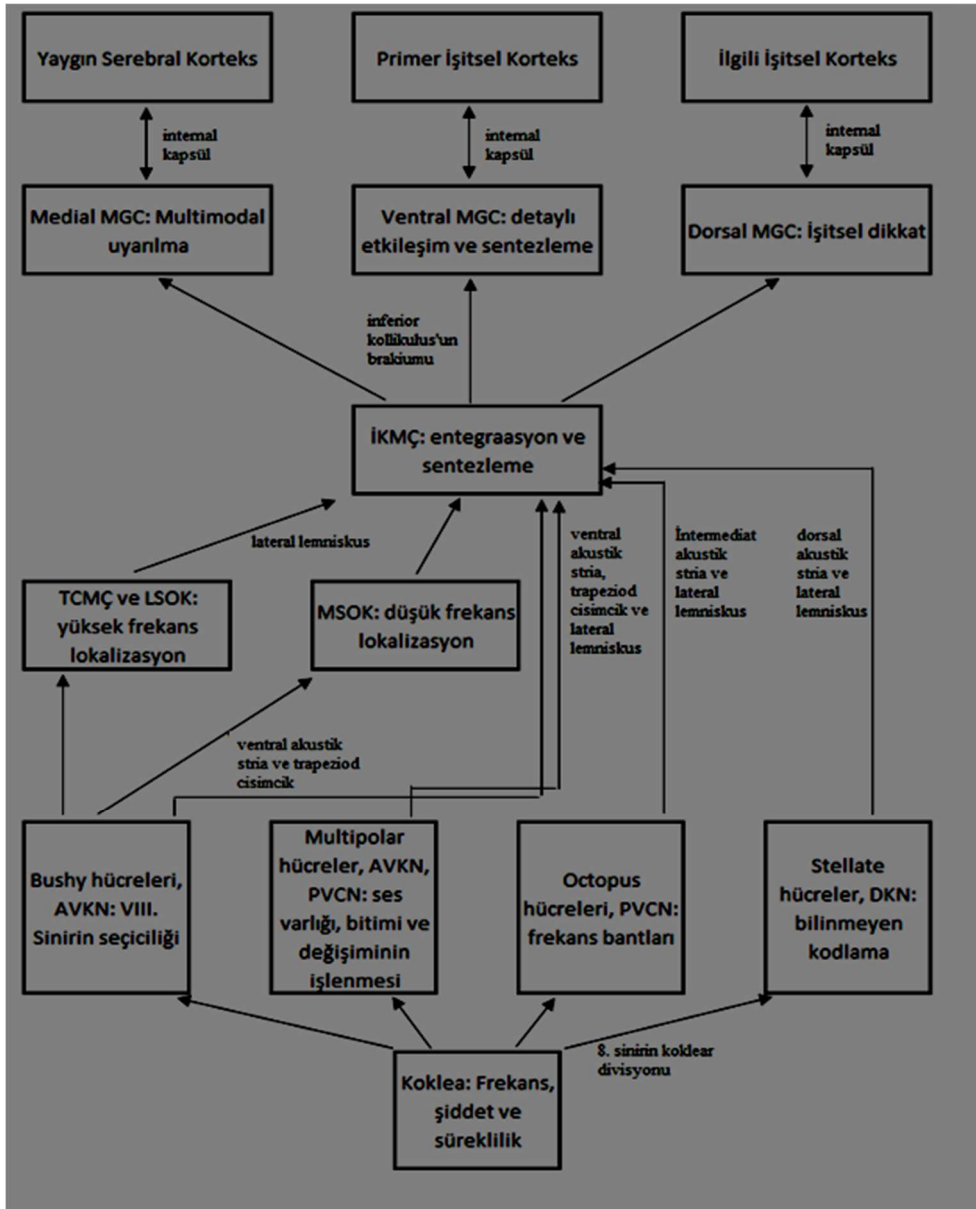
İç kulak labirent yapısına ait tarihteki ilk gözlemler ve çok detaylı olmayan tanımlar Vasalius ve Eustachi tarafından yapılmıştır (Van de Water, 2012, ss. 1741–1759). Bu tanımlar iç kulak yapılarının hava içerisinde bulunduğu temeline dayanmaktadır. Sonrasında yapılan taze kadavra çalışmalarında ilk kez kemik labirent içerisinde sıvı olduğu bulgusu Cotugno tarafından belirtilmiştir (Van de Water, 2012, ss. 1741–1759). Kemik labirent içerisinde bulunan ve mekanik enerjiyi nöro-elektriksel potansiyellere dönüştüren tüylü hücrelerin denge ve duyma organı ayrımı olmaksızın aynı işlemi gerçekleştirdiği bu çalışma sayesinde fark edilmiştir. Smith ve arkadaşları sterosilya ve kinesilyum arasındaki bu mekanik etki sayesinde oluşan endolenf perilenf değişimleri hakkında ilk bulguları paylaşmışlardır (Smith ve ark., 1958, ss. 203-206). Zaman içerisinde yapılan çalışmalar göstermektedir ki sesin bundan sonraki yolculuğu daha da kompleks bir hal almıştır. Tüylü hücrelerin aktarım yaptığı sinir fibrillerinin bulguları Spoendlin tarafından kediler üzerinde yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Spoendlin, 1967, ss. 717-738). Elde edilen verilerde tip I afferent, tip II afferent ve efferent olmak üzere üç tip sinir fibrili olduğu ve bunların farklı görevlere sahip olduğu belirtilmiştir. Dunn ve Morest afferent fibrillerin hem dış tüylü hem de iç tüylü hücrelere inerve oldukları ancak farklı fonksiyonlara sahip olduklarını gözlemiştir (Dunn ve Morest, 1975, ss. 3599–3603). İç tüylü hücrelere inerve olan ve tip I miyelinli olarak adlandırılan afferent fibriller ses bilgisini corti organından alıp işitsel yollara iletmekle görevliyken, dış tüylü hücrelere inerve olan tip II miyelinsiz afferent sinir fibrilleri kendine has geribildirim mekanizması ile koklear hassasiyet ve frekans ayırt etme becerisini sağlamaktadır. Spoendlin ve Warr efferent sinir fibrillerinin ise medial olivo-koklear kaynaklı olanlarının dış tüylü hücrelere, lateral olivocochlear olanlarının ise iç tüylü hücrelere inerve olduğunu vurgulamıştır. Dönüşümün sağlandığı bu yollardan sonra işitme merkezi işleme ile devam eder (Spoendlin, 1979, ss. 381–387, Warr, 1980, ss. 114–120).

Santral işitsel işleme birden fazla komponenti bulunan ve işitsel nukleuslar ile başlayıp kortekse kadar uzanan çok karmaşık bir süreçtir. Bu sürece dahil olan beyinsapı, subkorteks, primer korteksin işitme ile ilgili bölgeleri ve korpus kollozumda bulunan anatomik yapılar kendi içlerinde paralel ve çapraz etkileşim yaparlar. Bu bölgelerde oluşan işlemlenin tamamı aşağıda sıralanan olayların gerçekleştiği bölgelerdir;

- Ayırt etme
- Tanıma
- Temporal çözümleme
- Lokalizasyon ve laterilizasyon
- Önemli sinyallerin gürültüden ayrıştırılması



Santral işitsel işleme sırasında gerçekleşen bu olayların tamamı bireylerin konuşmayı anlaması için gerekli dil özelliklerini tanımlaması için kritik önem taşımaktadır. Sadece konuşma gibi çok karmaşık konularda değil, sesin nereden geldiğini anlamamız ve duyduğumuz sese en basit şekilde tepki vermemiz gibi refleks ve reaksiyon düzeyindeki işlemler de bu bölgede gerçekleşmektedir. Ayrıca müzik gibi karmaşık akustik sinyaller dizilimi ile oluşan duygusal paternlere sahip zarf yapılarının işlenmesi santral işitsel işleme ile gerçekleşmektedir. Webster'ın belirttiği gibi periferden santrale doğru; koklea, koklear nükleus, süperior oliver kompleks, trapezoid cisimcik, inferior kollikulus, medial genikulat cisimcik ve bunların lokalize bölgelerinin birbirleri ile yaptığı paralel yollar ile görevleri Resim 1'de gösterilmektedir. Bu yollara dikkatlice bakıldığında kokleadan üst merkezlere doğru çıktıkça refleks öncesi işitsel bilginin işlenmesinden başlayan ve daha karmaşık işlemlere doğru ilerleyen bir düzen göze çarpmaktadır. Koklear nükleuslarda oluşan seçicilik ve sesin varlığının algılanması gibi temel ve dikkat gerektirmeyen olaylar gerçekleşmektedir. Beyin sapı düzeyine gelindiğinde lokalizasyon ve entegrasyon gibi kendiliğinden oluşan ve bilinç düzeyimize yön veren işlemler gerçekleşir. Daha üst düzeyler olan korteks bölgesine bakıldığında ise konuşma anlaşılabilirliği, dil olgusunun üretimi ve nesnelerin anlam kazanması gibi kompleks işlemler hafıza ve bellekten de etkilenmektedir (Webster, 1995, ss. 257-289).



Şekil 1: Merkezi işitsel işleme blok diyagramı ve paralel yollar belirtilmektedir. MGC: medial ganikulat cisimcik, İKMÇ: inferior kollikulusun medial çekirdeği, TCMÇ: trapezoid cisimciğin medial çekirdeği, LSOK: lateral süperior oliver kompleks, MSOK: medial süperior oliver kompleks, AVKN: anterior ventral koklear nükleus, PVCN: posterior ventral koklear nükleus, DKN: dorsal koklear nükleus.

3. İŞİTSEL REAKSİYON ÇEŞİTLERİ VE MEKANİZMALARI

Reaksiyon bir uyarana verilen istemli yanıt olarak tanımlanmaktadır. Reaksiyon zamanı ise uyarının verildiği an ile yanıtın oluştuğu an arasındaki süre olarak belirlenir. Bu tanıma göre işitsel reaksiyon zamanı, işitsel uyarının sunulduğu an ile bu uyarana istemli olarak verilen tepki arasında geçen süredir. Bu sürenin ölçümünde referans uyarının verilmeye başladığı andır. Reaksiyon zamanı geçmiş yıllarda birden fazla bilim dalının dikkatini çekmiştir. Basit

reaksiyon zamanı nöromaskuler-fizyolojik araştırmalar sayesinde tıp, engellilik değerlendirmesi, çevre güvenliği ve spor dallarının irdelediği bir konu olmuştur. Literatüre göre basit işitsel reaksiyon zamanı insanda elde edilen en hızlı reaksiyon zamanlarından biridir. Bu reaksiyon zamanına etki eden faktörler; uyarının sensör organ tarafından algılanması, sensör organın uyarı nöral sinyallere dönüştürmesi, nöral yapıların bu sinyalleri işlemesi, kas aktivasyonu, yumuşak doku direnci ve ölçüm parametreleridir. Ölçüm parametrelerini uyarının şiddeti, frekans aralığı ve verilmiş şekli oluşturmaktadır. Diğer kişisel faktörler arasında ise yaş ve cinsiyet öne çıkmaktadır. Bu parametrelerin her biri ortalama reaksiyon zamanına etki eder (Pain ve Hibs, 2007, ss. 79-86).

Pain ve Hibs'in yaptığı çalışmada basit işitsel reaksiyon zamanının 100ms'nin altına nadiren indiği belirtilmiştir. Bu sürenin işitsel korteks ile ilgili yapılan reaksiyon zamanı çalışmalarında hesaba katılması gereklidir. Diğer bir yandan startle refleksinin EMG ile ölçümlerinin yapılması sonucunda refleksin ortaya çıkması için geçen ortalama sürenin 65-70 ms olduğu bilinmektedir. Buna bağlı olan teoriler normal işitmeye sahip ve düzenek hakkında eğitim almış bireylerde basit işitsel reaksiyon zamanının 100ms'nin altına inebileceğini ortaya atmaktadır. Bu teori sesli uyarana karşılık oluşan startle refleksini temel almaktadır. Startle refleksi arkında uyarının iç kulak tarafından algılanmasından beyinsapına ulaşmasına kadar geçen süre 10 ms'dir. Sonrasında beyinsapının retiküler formasyonundan devam eden sinyalin retikülosipinal korda ve oradan da cevap verecek kas grubundan sorumlu spinal bölgeye ulaşması için geçen süre ise 50 ms'dir. Cevabın kas tonusunda mekanik hareket bulması için geçen sürenin 15-20 ms kadar olduğunu varsayarsak, startle refleksinin oluşması için minimum süre 75-80 ms aralığında yer alır. Bu değere sesin bir metrelik mesafedeki ulaşma süresinin 3 ms olması da eklendiğinde 78-83 ms gibi bir rakam ortaya çıkmaktadır. Önceden de belirtildiği gibi bu süre normal işiten ve çok iyi derecede test düzeneği ile ilgili eğitimi olan bireyler için geçerlidir. Basit reaksiyon zamanı hem işitsel hem de görsel uyarılar ile birçok farklı grubun karşılaştırılmasına konu olmuştur. Literatürde normal işiten bireylerin basit işitsel ve görsel reaksiyon zamanları karşılaştırıldığında işitsel reaksiyon zamanının daha hızlı olduğu gözlenmiştir. Görsel reaksiyon zamanı için ortalama değer aralığı 180-200 ms işitsel reaksiyon zamanı için ise 140-160 ms olarak kabul edilir (Pain ve Hibs, 2007, ss. 79-86).

Poon ve arkadaşlarının IQ ve reaksiyon zamanı arasında yaptıkları korelasyon çalışmalarında, bu iki değer arasında düşük korelasyon elde etmişlerdir (Poon ve ark., 1986, ss. 375-378). Bu durumun basit reaksiyon zamanının daha çok sensör organ ile bağlantılı olduğu sonucuna bağlamışlardır. Ayrıca işitsel reaksiyon zamanına ait korelasyon verilerini irdelediklerinde mental retarde bireylerde dahi düşük korelasyon bulgusu gözlemişlerdir. Ancak minimum reaksiyon zamanı değerlerinin bu bireylerde daha yüksek elde edildiği fakat yapılan birden fazla kayıtlama sonucunda elde edilen ortalama veriye bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

4. MANÜPLATİF VE BEDEN TEMELLİ YÖNTEMLER

İşitme kaybının insan sağlığı üzerine bilinen birçok olumsuz etkisi mevcuttur. Fizyolojik ve psikolojik sonuçları olan bu etkiler birçok araştırmacı tarafından dikkatlice

irdelenmiştir. İşitme kaybı bazı yardımcı araçlar ile rehabilite edilse bile etkileri sadece belli bir oranda azaltılabilir. Kaybın getirdiği dezavantajlı durumların azaltılması ancak işitme kaybını gidermeye yönelik kullanılan teknoloji ve rehabilitasyon programı kadar başarılıdır. Diğer yandan bu dezavantajlı durumları giderirken işitme kaybının tipi, derecesi, süresi ve anatomik özellikler gibi kişisel faktörlere hakim olunmalı ve rehabilitasyonun başarısına etkileri iyi bilinmelidir. Periferik organ ile sonrasındaki retrokoklear yapıların katkısı sayesinde oluşan konuşmayı ayırt etme, yön bulma ve işitsel reaksiyon zamanı gibi beceriler mutlaka işitme kaybının tipinden, derecesinden ve süresinden etkilenir. İşitme kaybının yarattığı gürlük algısındaki bozukluklar, frekans seçicilikteki değişimler ve kompleks seslerin anlamlandırılması ile ilgili eksiklikler şüphesiz bu seslere verilen basit ve seçici tepkilerin sürelerini etkiler. İşitme kaybının özellikle tüylü hücreler üzerinde yarattığı bozulma iç kulaktaki dönüşümleri ve bu dönüşümler sayesinde ses şiddetindeki algıyı direk olarak bozmaktadır. Buna bağlı olarak baziler membranın işitme sınırı üzerindeki nöral aktiviteye sebep olan büyüme fonksiyonu bozulur ve işitme eşiklerinde değişimler meydana gelir. Elde edilen düşük işitme eşikleri nedeni ile dinamik işitme alanı azalır ve gürlük algı fonksiyonları bozulur. Bozulmanın etkisi ile hafif, orta ve yüksek ses basamaklarının arasındaki seviyeler birbirine çok yaklaşır ve çoğu zaman ses şiddetine göre tanımlanmış alanlar birbirine karışır. Hellman ve Meiselman gürültüye bağlı işitme kaybına sahip 128 birey ile yaptıkları çalışmada işitme kayıplı bireylerin gürlük fonksiyon eğrilerinin normal işitenlere göre daha dik olduğunu ve bu eğrinin işitme kaybı arttıkça daha da dik bir hal aldığını belirtmişlerdir (Hellman ve Meiselman, 1993, ss. 966-975). Gürlük değişiminin işitsel reaksiyon zamanı üzerine etkileri ile ilgili yapılan ilk çalışmalardan birisi Pflingst ve arkadaşları tarafından hem primatlar hem de insanlar üzerine araştırılmıştır (Pflingst ve ark., 1975, ss. 421-430). Basit reaksiyon zamanının farklı gürlük seviyelerinde sunulması sonucunda her iki deney grubu için uyaran seviyesinin artması ile işitsel reaksiyon zamanlarının hızlandığı gözlenmiştir. Şiddetler arası reaksiyon zamanındaki değişim 45-50 dB SPL'den daha düşük şiddetlerde ciddi farklılık gösterirken, bu değerden daha yüksek şiddetlerde fark şiddet arttıkça azalmaktadır. Seitz ve arkadaşları yaptıkları çalışmada uzun süreli sensorinöral işitme kaybı olan bireyler ile normal işiten bireylerin işitsel ve görsel reaksiyon zamanlarını karşılaştırmışlardır. Yazarlar hafif ve yüksek gürlük seviyesinde her iki grubun reaksiyon zamanlarını ölçmüş ve iki grup içinde gürlük arttıkça daha hızlı reaksiyon zamanları elde etmişlerdir. Verilere göre işitsel reaksiyon zamanı normal işitenler için hafif şiddette 314 ms, yüksek şiddette 245ms, işitme kayıplılar için işitme cihazsız olarak yapılan ölçümde hafif şiddette 340 ms, yüksek şiddette 280 ms olarak elde edilmiştir. İşitme kaybı olan bireylerde elde edilen reaksiyon zamanları normal bireylere göre daha yavaş veya yakın elde edilmiştir (Seitz ve ark., 1997, ss. 502-512).

İç kulakta oluşan tüylü hücre kaybı nedeni ile bir başka bozulma da frekans algısı ile ilgilidir. İşitme kaybı nedeni ile duyulan sesin her frekans için şiddet algısı değişir. Bu değişime bağlı olarak her frekansın taşıdığı bilgi ve bu bilginin üst merkezlerde yarattığı etkiler farklılık gösterir. Pflingst ve arkadaşları 125 Hz ile 45 kHz aralığındaki beyaz gürültü ile sundukları uyaranlara karşılık elde ettikleri işitsel reaksiyon zamanı verilerinde birbirinden çok farklı yanıtlar elde etmişlerdir. Ancak beyaz gürültü için elde edilen reaksiyon zamanı verileri diğer

frekanslardakinden daha hızlı gözlenmiştir. Bu sonucu beyaz gürültünün geniş bantlı bir uyarın olması sebebi ile işitsel reaksiyon zamanına olumlu katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir. Burke ve arkadaşları üç farklı işitme kaybı türüne sahip bireyler ile (iletim, sensorinöral işitme kaybı) normal işiten bireyler arasında farklı eşik üstü şiddetteki saf ses uyarın için (20 dB SL, 60 dB SL) işitsel reaksiyon zamanı ölçümleri yapmışlardır (Burke ve ark., 1965, ss. 49-56). Çalışmada normal işiten bireylerde basit işitsel reaksiyon zamanı 500 Hz ortalaması 20 dB SL'de 231 ms (9.0 ms SS), 60 dB SL'de 190 ms (7.3 ms SS), 1000 Hz ortalaması 20 dB SL'de 233 ms (12.7 ms SS), 60 dB SL'de 196 ms (12.6 ms SS), 4000 Hz 20 dB SL'de 228 ms (10.3 ms SS), 60 dB SL'de 194 ms (7.7 ms SS) olarak elde edilmiştir. Yazar elde ettiği sonuçlarda 500 ve 4000Hz için daha hızlı reaksiyon zamanı yanıtları elde etmiştir. Gürültüye bağlı sensorinöral işitme kayıplı grup için basit işitsel reaksiyon zamanı 500 Hz ortalaması 20 dB SL'de 223 ms (11.9 ms SS), 60 dB SL'de 186 ms (14.6 ms SS), 1000 Hz ortalaması 20 dB SL'de 211 ms (13.2 ms SS), 60 dB SL'de 177 ms (15.0 ms SS), 4000 Hz 20 dB SL'de 197 ms (16.0 ms SS), 60 dB SL'de 171 ms (5.2 ms SS) olarak elde edilmiştir. Gürültüye bağlı sensorinöral işitme kaybı olan grubun ortalama standart sapması diğer gruplara göre daha yüksek gözlenmektedir. İletim tipi işitme kayıplı grup için basit işitsel reaksiyon zamanı 500 Hz ortalaması 20 dB SL'de 241 ms (11.1 ms SS), 60 dB SL'de 196 ms (3.5 ms SS), 1000 Hz ortalaması 20 dB SL'de 236 ms (13.6 ms SS), 60 dB SL'de 204 ms (8.4 ms SS), 4000 Hz 20 dB SL'de 219 ms (11.0 ms SS), 60 dB SL'de 196 ms (6.2 ms SS) olarak elde edilmiştir. İletim tipi işitme kayıplı grupta diğer gruplara göre daha yavaş işitsel reaksiyon zamanı bulguları gözlenmiştir. Bu bulgulara göre işitme kaybı türüne göre reaksiyon zamanının farklı sonuçlar gösterdiği ve standart sapma değerlerinin de çok yüksek olduğu anlaşılmaktadır (Pfingst ve ark., 1975, ss. 421-430).

İşitme kaybının belki de en önemli etkilerinden birisi konuşmayı anlama, ayırt etme ve anladığına yanıt verebilmedir. Konuşmayı ayırt etme çoğunlukla kortekste oluşan temel olarak iki basamaklı karmaşık bir süreçtir. Bu sürecin ilk basamağı periferik organ sayesinde sunulan akustik ve fonemik bilgilerin üst merkezlere iletilmesi ile gerçekleşen "bottom-up" işleme, ikincisi ise önceden öğrenilmiş dil bilgilerinin işleme katılarak işitilen kelime veya cümlenin doğru anlama kavuşmasını sağlayan "top-down" işlemedir. Konuşma anlaşılabilirliğinde da reaksiyon zamanından söz edilir. Gatehouse ve Gordon yaptıkları çalışmada işitme kayıplı bireylerin işitme cihazlı ve cihazsız olarak gürültüde kelime ve cümle ayırt etmelerini irdelemiştir. Elde ettikleri verilere göre kelime ayırt etme testindeki reaksiyon zamanları ortalaması işitme cihazlı 566 ms iken işitme cihazsız 730 ms'dir. Yazarlar ortalamalar arasındaki bu farkın sesin amplifikasyon etkisinden kaynaklandığını belirtmiştir. Ayrıca cümle ayırt etme testindeki reaksiyon zamanı ortalamasının işitme cihazlı 1676 ms olarak elde edilmesine karşın işitme cihazsız 4488 ms elde edilmiştir (Gatehouse ve Gordon, 1990, ss. 63-68).

Reaksiyon zamanının klinik odyoloji anabilim dalında bir diğer kullanımı da işitme kaybının simülasyon veya fonksiyonel olup olmadığını anlama üzerinedir. Simülasyon veya fonksiyonel işitme kaybı, bireylerin içinde buldukları psikolojik veya sosyolojik nedenlerden dolayı işitme kaybı varmış gibi davranışlar göstermeleridir. Wood ve arkadaşları fonksiyonel işitme kaybı olan bireyler ile normal bireyleri karşılaştırdıkları çalışmada fonksiyonel işitme

kayı tanıması almış bireylerin istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha yavaş işitsel reaksiyon zamanı olduğunu belirtmişlerdir. Verilere yakından bakıldığında eşik değerleri ve eşik değerinin üzerindeki her 5 dB SL seviyesi için fonksiyonel işitme kayıplı bireylerin reaksiyon zamanlarında ortalama 250ms'lik bir uzama gözlemlendiği belirtilmiştir. Yazarlar bu bulgulara göre, kişilerin işitme kaybını simüle ederken ses şiddetini duyduktan sonra yanıt için karar verme mekanizması kullandıklarını ve bu durumun işitsel reaksiyon zamanına yansıdığını vurgulamışlardır (Wood ve ark., 1977, ss. 177-191).

Dasika ve arkadaşları 13-32 ay yaş aralığında 12 koklear implant kullanıcısında yaptığı çalışmada serbest alandan verilen uyarana karşı oluşan işitsel reaksiyon zamanı bulgularından bahsetmiştir. Yazarların kendi geliştirdikleri prosedür ile gözlemledikleri reaksiyon zamanları serbest alan işitme eşik değeri ve üst değerler için kaydedilmiştir. Özellikle 4 olgu için işitme eşik değerlerine yaklaşıldığında grup ortalaması olan 800 ms'den anlamlı ölçüde uzama olduğunu belirtilmiştir. Bu 4 olgu ile grup ortalama verileri arasında ise negatif yönde bir korelasyon bulgusu not edilmiştir. Yazarların belirttiğine göre reaksiyon zamanı bulgusunun çocukluk çağı odyolojik değerlendirme için önemli bir veri olduğunu özellikle gözleme dayalı subjektif ölçümlerde bu verilerin klinikler tarafından çalışılması gerektiği belirtilmiştir (Dasika ve ark., 2009, ss. 250-261).

5. REAKSİYON ZAMANI ÜZERİNE FARKLI ALANLARDAKİ ÇALIŞMALAR

İşitsel reaksiyon zamanı ülke içi epidemiyolojik çalışmalar için, zaman zaman da farklı çalışma grupları için araştırma konusu olmuştur. Bu bölümde basit kognitif becerileri gözlemek amacıyla uygulaması basit ve net sonuçlar sunan işitsel reaksiyon zamanı üzerine yapılmış farklı değerlendirme yönteminden bahsedilmiştir.

Madison ve arkadaşlarının 1959 ile 1985 yılları arasında İsviçre genelinde 27-54 yaş arası bireylerde yapmış oldukları basit işitsel reaksiyon zamanı çalışması; 7081 bireyden alınan veriler ile güçlü istatistiksel analizlere sahiptir. Geniş zaman aralığına sahip bu çalışma ülkenin demografik yapısına göre de reaksiyon zamanı analizi açısından değerli veriler içermektedir. Çalışmaya göre, 4084 kadında 243,9 ms (47,5 ms SS), 2997 erkekte 239,5 ms (48,4 ms SS) ortalama reaksiyon zamanı elde edildiği bildirilmektedir. Bu denli geniş kapsamlı bir çalışmada yaşa bağlı değişimleri gözlemek daha kolaylaşmaktadır. Yaşa bağlı verilere göre reaksiyon zamanındaki yavaşlamanın 50 yaş sınırından sonra istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca reaksiyon hızının genç yetişkinlerde orta yaş sonuna kadar her on yılda bir 0,5 ms kadar uzadığı gözlenmiştir (Madison ve ark., 2016, ss. 407).

Güven ve arkadaşları dikkat eksikliği ve hiperaktivite tanısı almış çocuklarda Metilfenidat kullanımının etkisini reaksiyon zamanı ölçümleri ile değerlendirmiştir. Test düzeneğinde 1500 ve 2000 Hz uyarı barındıran toplam 160 uyaran kullanılmıştır. 18 dikkat eksikliği ve hiperaktivite tanısı almış çocuk ile 18 normal çocuğun verdiği reaksiyon zamanları karşılaştırılmıştır. Kontrol grubunun reaksiyon zamanı 506,5ms (66,9 ms SS) olarak elde edilmişken çalışma grubunda Metilfenidat öncesinde reaksiyon zamanı ortalaması 816,1 ms (279,1 ms SS), sonrasında 653,4 ms (121,8 ms SS) olarak elde edilmiştir. Yazarlar bulguların

literatür ile uyumluluğunu ve Metilfenidat kullanımının reaksiyon zamanı ve standart hata üzerine olumlu etkisini belirtmiştir (Güven ve ark., 2016, ss. 27-31).

Baykara ve Alkan'ın Opioid kullanımı bozukluğunun etkilerini işitsel ve görsel reaksiyon zamanı verileri değerlendirerek yaptıkları çalışmada Alkol ve Uyuşturucu Madde Bağımlıları Tedavi ve Araştırma Merkezinde (AMATEM) takibi devam eden 27 birey ile kontrol grubu reaksiyon zamanları değerlendirmeye katılmıştır. Çalışmada saf ses uyaran ile mavi ve kırmızı görsel uyaran kullanılarak basit reaksiyon zamanı değerleri her iki grup için ölçülmüştür. Bulgulara göre kontrol grubunda görsel reaksiyon zamanı 306,48 ms (49,7 ms SS), işitsel reaksiyon zamanı 317,43 ms (73,83 ms SS), patoloji grubunda görsel reaksiyon zamanı 352,68 ms (89,45 ms SS), işitsel reaksiyon zamanı 389,32 ms (106,59 ms SS) olarak gözlenmiştir. Yazarlar bu verilerin ışığında basit reaksiyon zamanı gibi refleks düzeyindeki tepkilerin bile Opioid kullanımından olumsuz etkilendiğini ve verilerin yüksek standart sapmaya sahip olduğunu belirtmiştir (Baykara ve Alkan, 2019, 602-606).

6. TARTIŞMA

İşitsel reaksiyon zamanının belirlenmesi klinik odyoloji için gözlemsel verileri zenginleştirmek ve işitme kaybı rehabilitasyonunu farklı açılardan değerlendirmemizi sağlar. Ayrıca basit ve çabuk kullanımı sayesinde tanıya hızlı bir katkı sağlayabilir. Spöndlin'in iç kulak ve işitme siniri üzerine sunduğu bilgiler frekans ve gürlük algısının kaynak noktalarını anlamamızı sağlamaktadır. Webster'ın bölümünde bahsettiği koklear nükleuslar ile devamındaki yolaklar arasındaki çapraz ve paralel bağlantılar ise işitsel uyaranların üst bölgelerde nasıl ilerlediğini görmemize büyük ölçüde yardımcı olmaktadır. Bu anatomik bilgilerin ışığında işitsel reaksiyon zamanı üzerine yapılan deneysel çalışma sonuçları işitme olgusuna farklı bir pencereden bakmamıza yol açmaktadır.

Pfingst ve arkadaşlarının bulgularında bahsettiği gürlük algısı verilerinin koklear implantlı kullanıcılarda yapılacak çalışmalarda karşılığı rehabilitasyon için değerli bir kaynak olabilir. Diğer yandan işitme cihazlı rehabilitasyon söz konusu olduğunda Gatehouse ve Gordon'un elde ettiği veriler klinik anlamda konuşma anlaşılabilirliğinin farklı bir özelliğini yansıtmaktadır (Pfingst ve ark., 1975, ss. 421-430, Gatehouse ve Gordon , 1990, ss. 63-68).

İşitsel reaksiyon mekanizmasının işitme cihazı kullanıcılarının gürültüde konuşma anlaşılabilirliği becerilerine etkisi değerli bulgular arasında yer almaktadır. Reaksiyon zamanı görsel veya işitsel olsun hızlı bir klinik değerlendirme aracı olarak tanımlanabilir. Bu bileşeni nerede, nasıl kullanacağımız ve ne ölçüde yarar sağlayacağımız klinisyenlerin aradıkları soruya bağlı değişiklik gösterecektir. Her klinik aradığı cevaba göre kendi prosedürünü belirleyebilir ve bu prosedüre göre materyaller geliştirebilir.

7. KAYNAKLAR

Baykara, S., & Alban, K. (2019). Visual and Auditory Reaction Times of Patients with Opioid Use Disorder. *Psychiatry investigation*, 16(8), 602–606.



Burke, K. S., Creston, J. E., & Shutts, R. E. (1965). HEARING LOSS AND REACTION TIME. Archives of otolaryngology (Chicago, Ill. : 1960), 81, 49–56.

Catts, H. W., Chermak, G. D., Craig, C. H., Johntson, J. R., Keith, R. W. & Musiek, F.E. (1996) Central Auditory Processing: Current Status of Research and Implications for Clinical Practice. American Journal of Audiology. 5. 41-52.

Dasika, V. K., Werner, L. A., Norton, S. J., Nie, K., & Rubinstein, J. T. (2009). Measuring sound detection and reaction time in infant and toddler cochlear implant recipients using an observer-based procedure: a first report. Ear and hearing, 30(2), 250–261.

Dunn, R. A., & Morest, D. K. (1975). Receptor synapses without synaptic ribbons in the cochlea of the cat. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 72(9), 3599–3603.

Gatehouse, S., & Gordon, J. (1990). Response times to speech stimuli as measures of benefit from amplification. British journal of audiology, 24(1), 63–68.

Güven, A., Altinkaynak, M., Dolu, N., Demirci, E., Özmen, S., İzzetoğlu, M., & Pektaş, F. (2019). Effects of Methylphenidate on Reaction Time in Children with Attention Deficit / Hyperactivity Disorder. Noro psikiyatri arsivi, 56(1), 27–31.

Hellman, R. P., & Meiselman, C. H. (1993). Rate of loudness growth for pure tones in normal and impaired hearing. The Journal of the Acoustical Society of America, 93(2), 966–975.

Jerger, J., Johnson, K., Jerger, S., Coker, N., Pirozzolo, F., & Gray, L. (1991). Central auditory processing disorder: a case study. Journal of the American Academy of Audiology, 2(1), 36–54.

Madison, G., Woodley Of Menie, M. A., & Sängler, J. (2016). Secular Slowing of Auditory Simple Reaction Time in Sweden (1959-1985). Frontiers in human neuroscience, 10, 407.

Önerci, M. & Güneri, E., A. (2016). Kulak Burun Boğaz Baş Boyun Cerrahisi, Otoloji. Ankara. Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Basım Evi.

Ögüt M.F., Kırkım G., Başak H. S., Şahin M., & Çobanoğlu B. Y. (2021). Tüm Yönleriyle Odyoloji, VI: İşitme Kayıplıların Rehabilitasyonu-Konvansiyonel İşitme Cihazları. İzmir, US Akademi, 487-755.

Ögüt M.F., Kırkım G., Başak H. S., Şahin M., & Çobanoğlu B. Y. (2021). Tüm Yönleriyle Odyoloji, V: İşitme Kayıplarında Odyolojik Değerlendirme. İzmir, US Akademi, 345-449.

Pain, M. T., & Hibbs, A. (2007). Sprint starts and the minimum auditory reaction time. Journal of sports sciences, 25(1), 79–86.



Pfingst, B. E., Hienz, R., Kimm, J., & Miller, J. (1975). Reaction-time procedure for measurement of hearing. I. Suprathreshold functions. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 57(2), 421–430.

Poon, P. W., Yu, W. Y., & Chan, J. W. (1986). Correlation between auditory reaction time and intelligence. *Perceptual and motor skills*, 63(2 Pt 1), 375–378.

Seitz, P. F., & Rakerd, B. (1997). Auditory stimulus intensity and reaction time in listeners with longstanding sensorineural hearing loss. *Ear and hearing*, 18(6), 502–512.

Smith, C. A., Davis, H., Deatherage, B. H., & Gessert, C. F. (1958). DC potentials of the membranous labyrinth. *The American journal of physiology*, 193(1), 203–206.

Spoendlin, H. (1967). The Innervation of the Organ of Corti. *The Journal of Laryngology & Otology*, 81(7), 717-738.

Spoendlin H. (1979). Neural connections of the outer haircell system. *Acta oto-laryngologica*, 87(3-4), 381–387.

Van De Water T. R. (2012). Historical Aspects of Inner Ear Anatomy and Biology that Underlie the Design of Hearing and Balance Prosthetic Devices. *Anatomical record (Hoboken, N.J. : 2007)*, 295(11), 1741–1759.

Warr W. B. (1980). Efferent components of the auditory system. *The Annals of otology, rhinology & laryngology. Supplement*, 89(5 Pt 2), 114–120.

Webster, D., B. (1995). *Neuroscience of Communication; Chapter 9: Central Auditory System*, London, Singular Publishing Group Inc. 257-289.

Webster, D., B. (1995). *Neuroscience of Communication; Chapter 10: Cortical organization and Speech perception*, London, Singular Publishing Group Inc. 293-315.

Wood, T. J., Goshorn, E. L., & Peters, R. W. (1977). Auditory reaction times for functional and nonfunctional hearing loss. *Journal of speech and hearing research*, 20(1), 177–191.