

# Duyu Reseptörleri ve Otizmle İlişkisi

## Sensory Receptors and Their Relationship with Autism

Fatih BAL [1]

Başvuru Tarihi: 21 Kasım 2022

ÖZ

Kabul Tarihi: 26 Mayıs 2023

Otizm spektrum bozukluğu, yaşamın erken dönemlerinde başlayan bir beyin bozukluğudur. Sosyal iletişimi ve etkileşimi etkiler ve yinelenen ve dar davranış veya ilgi kalıpları eşlik eder. Otizm spektrum bozukluğu, duyuşal deneyim ile hafızayı ilişkilendirememeyi içeren bilişsel bir bozukluk olarak nitelendirilmektedir. Bu bağlamda, bireyin çevresi hakkında anlamlı duyuşal bilgiler elde etmek için alıcı sistemlerini kullanması, otizmin incelenmesi ve tedavisi için kritik bir konu oluşturmaktadır. Görme, işitme, dokunma, tatma ve koku alma gibi duyu reseptörlerinin kullanımı yoluyla birey çevresiyle uyumlu bir etkileşim geliştirir. Otistik bireyin derin uyum sorunları olmakta, reseptör kullanımında işlevsel açıdan sorun yaşamaktadır. Klinik gözlemler, işitme ve görme olarak uzak alıcılardan kaçınıldığını ve dokunma, koku ve tat gibi yakın alıcıların tercih edildiğini kapsamlı bir şekilde bildirmiştir. Bu tarz atipik duyuşal temelli davranışlar, otizm spektrum bozukluklarının temel özelliğidir. Bu doğrultuda çalışmada veri toplama yolu olarak, "belge tarama - literatür tarama" yönteminden yararlanılmıştır. Yapılan çalışmada duyuşal sistemler ve otizmle ilişkisine genel bakış açısı sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** duyu reseptörleri, beş duyu, otizm

Received Date: November 21, 2022

ABSTRACT

Accepted Date: May 26, 2023

Autism spectrum disorder is a brain disorder that begins early in life. It affects social communication and interaction and is accompanied by repetitive and narrow patterns of behavior or interest. Autism spectrum disorder is a cognitive disorder that includes the inability to associate the sensory experience with memory. In this context, the individual's use of receptor systems to obtain meaningful sensory information about their environment is a critical issue for the study and treatment of autism. The individual develops a harmonious interaction with his environment through sensory receptors such as sight, hearing, touch, taste, and smell. An autistic individual has serious adaptation problems and functional problems in using receptors. Clinical observations have extensively reported that distant receptors such as hearing and vision are avoided and close receptors such as touch, smell and taste are preferred. This type of atypical sensory-based behavior is a crucial feature of autism spectrum disorders. In this direction, the "document scanning - literature review" method was used for data collection in the study. The study presented a general perspective on sensory systems and their relationship with autism.

**Keywords:** sensory receptors, five sense, autism

Atıf Cite Bal, F. (2023). Duyu reseptörleri ve otizmle ilişkisi. *Humanistic Perspective*, 5(2), 921-953.  
<https://doi.org/10.47793/hp.1207870>

## GİRİŞ

**O**tizm Spektrum Bozuklukları (OSB) klinik olarak iletişim, sosyal etkileşim ve davranışsal esneklikte bozulma ile tanımlanır (APA, 1994). OSB'li çocuklar genellikle beden dili ve göz teması, sosyal etkileşimler, ilişkiler kurmak ve sürdürmek, duyuşsal girdi, katı davranış, yoğun ve olağandışı ilgi alanları, gecikmiş konuşma, sadece birkaç hareket kullanarak (*el sallama, alkışlama, işaret etme*), birisi adını seslendiğinde cevap vermemek, göz temasından kaçınmak, zevk veya ilgi alanlarını başkalarıyla paylaşmamak, elleri, parmakları veya tüm vücudu hareket ettirmenin alışılmadık yolları çok odaklanmış veya benzersiz nesnelere bağlı olmak, başkalarını çok az taklit etme veya taklit etme, olağandışı duyuşsal ilgi alanları, şeyleri tekrar tekrar tekrarlamak veya nesnelere sıraya koymak gibi ritüeller, dostluklar kurmak, rol yap, farklı sosyal durumlarda nasıl davranacağını bilmek, belirli konulara veya faaliyetlere olağandışı, yoğun ilgi gibi sorunlar yaşarlar. Her otizmlili aynı belirti ve semptomlara sahip değildir. Dil gecikmeleri, düşünme ve öğrenme sorunları ve davranışsal zorluklar gibi birçok şey rol oynayabilir. Bu nedenle otizm bir "spektrum" olarak tanımlanmaktadır.

Ruhsal Bozukluklar için Tanısal ve İstatistiksel El Kitabında (DMS-5) bu duruma ilişkin resmi bir kriter bulunmadığından, duyuşsal işleme bozukluğunu teşhis etmek zor olabilir (Suarez, 2012). Otizmlili çocuklar genellikle test edilemezler ve psikolojik süreçleri standart bir değerlendirmeye erişilemez. Standartlaştırılmış tanısal verilerin yokluğunda, reseptör kullanımının normal gelişimindeki filogenetik ve ontogenetik eğilimler ışığında otistik reseptör sapmaları incelenerek infantil otizmin etiyolojik temelleri açıklığa kavuşturulabilir.

Otizm teşhisi kapsamında bile çok çeşitli entelektüel yetenekler olabilir. Tüm teşhislere uyan tek bir boyut değildir. Bilinen birçok etiyoloji, genetik varyasyonlar, çevresel maruziyetler ve erken doğum dahil olmak üzere bir otiamin fenotipine katkıda bulunur. Spektrumdaki bireylere tanıdık gelen şey duyuşsal bilgilere atipik davranışsal tepkilerdir. OSB'li çocukların %96'sından fazlası birden fazla alanda hiper ve hipo-duyarlılık bildirmektedir. İletişim ve sosyal eksiklikler için bulunan geniş spektrum şiddeti aralığına benzer şekilde, duyuşsal, davranışsal farklılıklar da hafiften şiddetliye kadar değişir ve bu davranış farklılıkları yetişkinliğe kadar devam edebilir (Crane vd., 2009).

Belirli duyuşsal uyanların neden olduğu sıkıntı, baskılarını iletmeyenlerde kendine zarar verme ve saldırgan davranışlara neden olabilir. Duyuşsal hiper ve hipo-tepkisellik OSB'ye özgü olmasa da bu popülasyonda diğer gelişimsel yetersizliklerden daha yaygın görünmektedir (Ben vd., 2009). OSB'deki bu duyuşsal eksikliklerin nedeni konusunda sınırlı bir fikir birliği vardır. Bununla birlikte, tarihsel olarak, dokunma, koku alma ve tatma gibi yakın duyuşlar özellikle risk altındaydı ve gelişimsel olgunlaşmamışlığı gösterilmektedir (Baranek vd., 2007).

Otizimli insanlar genellikle çevrelerine karşı hassastır. Bu, spektrumdaki farklı insanlar için farklı şeyler ifade edebilir. Ancak genel olarak, otizmli insanlar alışılmadık derecede hassas duyu sistemlerine sahiptir. Görme, işitme, dokunma, koku alma ve tat alma duyuları kolayca aşırı yüklenebilir. Daha da zorlayıcı, otizmli kişilerin duyu bilgileri geldiği anda "görmezden gelmesi" zor olabilir. Tipik duyu sistemlerine sahip insanların aksine, spektrumdaki insanlar araba alarmları veya bir spor müsabakasındaki kalabalığın gürültüsü gibi sesleri görmezden gelemeyen veya seçici olarak filtreleyemezler. Bu duruma duyu işlem bozukluğu denir. Otizmli kişilerde duyu işlem bozukluğunun yönetimi farklı olsa da hem otizmi olan hem de olmayan kişilerde ortaya çıkabilir (Suarez, 2012). Duyusal işlem bozukluğu kişinin çevresinin stabilitesine müdahale eden herhangi bir uyarandan tetiklenebilir (Marco vd., 2011). Bazı durumlarda, kişi o kadar aşırı duyarlı olabilir ki, başkalarının fark etmeyeceği duylara tepki verebilir. Örneğin, bir kişi yüksek seslere ve sakinlik hissi verebilecek fiziksel duylara karşı aşırı duyarlı olabilir (McCormick vd., 2016). Duyusal düzensizlik, otizmli kişilerin sinir krizi geçirmesinin veya sıradan durumları yönetememelerinin başlıca nedenlerinden biridir (Mazefsky vd. 2013).

### Duyusal Reseptörler

İnsan vücudu dünyayı duyu sistemleri aracılığıyla anlayabilir. Duyular beden ve çevresi hakkında bilgi sağlar (Sotnikov, 2006). İnsanların koku alma (*koku*), tat alma (*tat*), denge (*denge ve vücut pozisyonu*), görme ve işitme olmak üzere beş özel duyusu vardır. Ek olarak, sıcaklık, ağrı, basınç ve titreşim gibi uyarılara yanıt veren somatosensasyon adı verilen genel duylara sahiptirler. Duyusal reseptörlerin önemli bir rolü, çevremizdeki çevre veya iç çevremizin durumu hakkında bilgi edinmemize yardımcı olmaktır. Farklı kaynaklardan gelen farklı uyarılar alınır ve sinir sisteminin elektrokimyasal sinyallerine dönüştürülür (Cushwa, 2015). Vestibüler duyu, bir organizmanın uzaysal oryantasyon ve denge duygusu, propriosepsiyon (*kemiklerin, eklemlerin ve kasların konumu*) ve somatosensasyonun kinestezisini (*uzuv hareketi*) izlemek için uzuv pozisyonunun önemidir. Bu duylarla ilişkili duyu sistemleri çok farklı olmasına rağmen, hepsi standart bir işlevi paylaşır. Bu işlev; bir uyarıyı (*ışık, ses veya vücudun konumu gibi*) sinir sistemindeki bir elektrik sinyaline dönüştürmektir. Bu işleme duyu transdüksiyon denir. Duyusal sistemler, vücudun ve ortamdaki olaylarla ilgili olayları yakalamak, iletmek ve işlemeye yarar (Frlog, 2019). Duyusal iletimi gerçekleştiren iki geniş hücresel sistem türü vardır. Birinde, bir nöron, belirli bir uyarıya bağlantı kurmak ve onu tespit etmek için bir duyu reseptör, bir hücre veya özel bir hücre süreci ile çalışır. Duyusal reseptörün uyarılması, merkezi sinir sistemine inspirasyon hakkında bilgi taşıyan ilişkili afferent nöronu aktive eder. İkinci tip duyu iletiminde, bir duyu sinir ucu, iç veya dış ortamdaki bir uyarıya yanıt verir. Bu nöron duyu alıcısını oluşturur. Birkaç farklı tetikleyici, erişilebilir sinir uçlarını uyarabilir, böylece çok az reseptör özgülüğü gösterir. Duyumdaki ilk adım, duyu alıcılarının mekanik uyarılarla (*örneğin bükülme*

veya ezilme) kimyasallar veya sıcaklıkla aktivasyonu olan alımdır. Reseptör daha sonra uyarılara cevap verebilir. Uzayda, belirli bir duyu alıcının, uzaktaki veya vücutla temas halindeki bir uyarıya yanıt verebildiği bölge, bu alıcının alıcı alanıdır (Molnar ve Gair, 2015).

Duyu sistemleri, dünyayı doğrudan dışarıdan algılayanlar (*dış alıcılar*), iç organlardan ve süreçlerden gelen bilgileri algılayanlar (*iç alıcılar*) ve konum ve yük algısını algılayanlar (*proprioepsiyon*) dahil olmak üzere tüm vücutta yaygındır (Sotnikov, 2006). Duyusal işlevi duyum veya algı terimiyle tanımlamak kasıtlı bir ayırmadır. Duyum, uyarı düzeyinde duyu reseptörlerinin aktivasyonudur. Algı, duyu alıcıların farkındalığı içeren anlamlı bir modele merkezi olarak işlenmesidir. Algı duyuma bağlıdır, ancak tüm duyumlar algılanmaz. Alıcılar, duyu alıcı yapılarıdır (*ve bazen bütün hücrelerdir*). Bir reseptör veya reseptör hücresi, bir uyarı tarafından doğrudan değiştirilir. Bir transmembran protein reseptörü, hücre zarında bulunan ve çoğunlukla iyon kanallarının açılması veya hücre sinyali süreçlerindeki değişiklikler yoluyla bir nöronda fizyolojik bir değişikliğe aracılık eden bir proteindir. Bazı transmembran reseptörler, ligand adı verilen kimyasallar tarafından aktive edilir (Miller ve Lappin, 2022).

Algı, bireyin bir duyumunu yorumlamasıdır. Algı, duyu reseptörlerinin aktivasyonuna dayansa da algı duyu reseptör seviyesinde değil, sinir sisteminde, beyinde daha yüksek seviyelerde gerçekleşir. Beyin, duyu alıcıları duyu alıcı bir yol aracılığıyla ayırt eder. Duyusal reseptörlerden gelen aksiyon potansiyelleri, belirli bir ilhama adanmış nöronlar boyunca hareket eder. Bu nöronlar, bu spesifik uyarıya adanmıştır ve berrak beyin veya omurilik nöronları ile sinaps yapar (Mouton, 2021).

Bir duyu nöronunda dereceli bir potansiyel oluşturan bir reseptör tarafından bir tetikleyici tespit edildiğinde meydana gelir. Yeterince güçlüyse, dereceli potansiyel, duyu nöronunun, diğer duyu bilgileri ve bazen daha yüksek bilişsel işlevlerle bütünleştiği merkezi sinir sistemine (CNS) iletilen bir uyarıcı aksiyon potansiyeli üretmesine neden olur. Merkezi entegrasyon daha sonra bir motor tepkisine yol açabilir (National Research Council, 1989). Duyusal birim, periferde ve CNS'de dallanmaları olan duyu alıcı bir nörondur. Duyusal nöronun alıcı alanı, bilgi örneklediği vücudun veya ortamın bir parçasıdır. Bu terimler, spinal ganglionlardan serebral kortekse kadar duyu alıcı yolların tüm seviyelerindeki nöronlara uygulanır. Yakınsama nedeniyle, alıcı alanlar, CNS'nin daha düşük seviyelerinden daha yüksek seviyelerde daha belirgindir. Neredeyse tüm vücut kısımlarından gelen duyu alıcı sinyaller merkezi sinir sistemine (CNS) iletilir ve çeşitli dokular, organlar ve çevredeki durumlar hakkında bilgi getirir. Duyusal sinyallerin kaynaklandığı yapılara duyu organları veya reseptörler denir. Reseptörler ya bir aksonun uç dalları (*deri, eklemler, kaslar ve iç organlar*) ya da mesajı sinir uçlarına ileten özel duyu hücreleri (*retina, tat tomurcukları ve iç kulak*) tarafından oluşturulur. Reseptörlerin görevi uyarılara cevap vermektir (Brodal, 2010). Bir duyu sisteminin en temel işlevi, sinir sistemindeki

duyusal bir sinyali elektrik sinyaline çevirmektir. Duyusal reseptörler; gözler, kulaklar, burun, ağız ve iç organlar gibi özel organlarda meydana gelir. Her alıcı tipi, sonunda tek bir algısal çerçeveye entegre olmak için farklı bir duyusal modalite taşır. Bu bilgi, enerjiyi özel mekanizmalarla elektrik sinyaline dönüştürerek elde edilir (Marzvanyan ve Alhawaj, 2021).

Canlı bir organizmanın özelliklerinden biri, uyarılara cevap verme yeteneğidir. İnsan duyu sistemi son derece gelişmiştir ve aynı anda binlerce gelen mesajı işler. Bu karmaşıklık, çevrenizin farkında olmanıza ve uygun önlemleri almanıza olanak tanır. Tüm duyusal sinyaller reseptör potansiyelleri olarak başlar. Bu potansiyeller, beyne bilgi göndermek için ilgili siniri uyaran bir nörotransmitterin salınmasına yol açar. Serbest ve kapsüllü sinir uçlarındaki dereceli potansiyellere jeneratör potansiyelleri denir. Eşiğe ulaşacak kadar güçlü olduklarında, duyu nöronunun aksonu boyunca doğrudan bir aksiyon potansiyelini tetikleyebilirler. Bununla birlikte, alıcı hücreler tarafından tetiklenen aksiyon potansiyelleri dolaylıdır.

Reseptör hücrelerindeki dereceli potansiyellere reseptör potansiyelleri denir (Hille, 2001). Bu dereceli potansiyeller, dereceli bir postsinaptik potansiyele neden olan bir duyu nöronuna nörotransmitterlerin salınmasına neden olur (Strathern, 2021). Bu dereceli postsinaptik potansiyel eşiğe ulaşacak kadar güçlüyse, duyu nöronunun aksonu boyunca bir aksiyon potansiyelini tetikleyecektir (Moini vd., 2021).

Duyusal reseptör bilgiyi iletir. Duyusal reseptör, bir sinir uyarısı üreterek bir iç veya dış uyarana yanıt veren bir nöronun veya hücrenin bir bölümünün sonudur. İnsanlarda duyu alıcıları, mekanik uyarım (*veya basınç*), ışık, sıcaklık veya kimyasal maddeler gibi tepki verdikleri uyarı tipine göre sınıflandırılabilir. Tepki gösterdikleri özel uyarı, esas olarak buldukları duyu organına ve vücuttaki konumuna bağlıdır. Vücudun duyu reseptörlerinin tümü, o anda aktive olan proteinler aracılığıyla belirli bir uyarana aynı şekilde yanıt verir. Duyusal reseptör, ister dahili ister harici olsun, ortamdaki fiziksel bir uyarana tepki veren bir yapıdır. Bilgi alan ve yorumlama ve algılama için beyne iletilmek üzere sinir uyarıları üreten duyusal bir sinir ucudur. Duyusal reseptörler sınıflandırmalarda farklılık gösterir, ancak genellikle aynı uyarıları kaydetme ve sinir sinyalleri oluşturma sürecini başlatır.

Duyusal reseptörleri sınıflandırmak için yeterli bir uyarı kullanılabilir. Duyusal reseptörün iyi uyarı, kabul edilebilir duyu iletim aparatına sahip uyarı modalitesidir. Tüm duyu alıcıları, ortamdaki değişiklikleri algılamak için bu dört kapasiteden birine güvenir, ancak belirli bir duyusal işlevi gerçekleştirmek için her birinin belirli özelliklerini algılamak üzere ayarlanabilir. Bazı durumlarda, bir reseptörün etki mekanizması açık değildir. Duyusal reseptörler vücudumuzda sayısız işlevi yerine getirir.

Dünyada var olduğumuz için bedenlerimiz, iç ve dış çevremiz hakkında bilgi sağlayan çevresel girdileri almak, entegre etmek ve yorumlamakla görevlidir. Beynimiz genellikle görsel, işitsel, koku alma, tat alma ve somatosensoryel sistemlerimizden duyuşsal uyarınları alır. Dikkat çekici bir şekilde, özel alıcılar, bu duyuşsal sistemlerin her birinden duyuşsal girdileri iletmek için geliştirdi. Duyuşsal reseptörler bir uyarının modalite / tip, yoğunluk, konum ve süre olmak üzere dört yönünü kodlar.

Çevredeki uyarınlar, periferik sinir sistemindeki özel reseptörleri veya reseptör hücrelerini aktive eder. Farklı alıcı türleri, farklı türde teşvikleri algılar. Alıcı hücreler, diğer üç kritere göre sınıflandırılabilir: hücre tipi, konumu ve işlevi. Reseptörler, hücre tipine ve duyuşsal rollerine göre yapısal olarak sınıflandırılabilir. Ayrıca, teşviklerin transdüksiyonuna veya mekanik uyarım, ışık veya kimyasalın hücre zarı potansiyelini nasıl değiştirdiğine bağlı olarak işlevsel olarak sınıflandırılabilirler. Duyuşsal nöronlar erişilebilir sinir uçlarına veyakapsüllenmiş uçlara sahip olabilir. Çubuk hücreler gibi gözlerdeki fotoreseptörler özelleşmiş reseptör hücrelerinin örnekleridir. Bu hücreler, optik sinir nöronları ile sinaps yapan bir bipolar hücreye nörotransmitterler bırakır. Reseptörlerin uyarınlara göre konumlarına göre sınıflandırılmasının başka bir yolu. Bir dış alıcı, deride bulunan somatosensoryel reseptörler gibi dış ortamın yakınında bulunan bir reseptördür. Bir interseptör, aort veya karotis sinüsteki kan basıncındaki artışı algılayan reseptörler gibi iç organlardan ve dokulardan gelen uyarınları yorumlar. Son olarak, bir propriyoseptör, bir kas veya eklem kapsülü gibi vücudun hareketli bir bölümünün yakınında bulunan ve dokuların hareket ederken pozisyonlarını yorumlayan bir reseptördür. Reseptörlerin üçüncü sınıflandırması, reseptörün uyarınları potansiyel membran değişikliklerine nasıl dönüştürdüğüdür (Squire, 2009). Bazı tetikleyiciler, transmembran reseptör proteinlerini bağlayarak veya hücre zarı boyunca doğrudan difüze ederek etkileyen iyonlar ve makromoleküllerdir (Klinge ve Rao, 2008). Bazı uyarınlar, alıcı hücre zarı potansiyellerini etkileyen fiziksel çevresel varyasyonlardır (Moini vd., 2021). Diğer teşvikler, görünür ışıktan gelen elektromanyetik radyasyonu içerir.

Reseptörler, ayrı uyarınlara duyarlıdır. Duyuşsal bir alıcının duyarlılığı, son zamanlarda ne sıklıkta uyarıldığına bağlıdır. Reseptörler genellikle hem sistemik fonksiyona hem de reseptörün konumuna göre sınıflandırılır. Duyu alıcıları vücudumuzun her yerinde bulunur ve ortak bir konumu paylaşan duyu alıcıları genellikle ortak bir işlevi paylaşır.

Yapısal alıcı tipleri, çevreyle ilgili bilgileri yorumlayan hücrelerdir. Bunlar; bir duyu alacak dokuya gömülü serbest bir sinir ucuna (*dendrit*) sahip bir nöron, dendritlerin, duyarlılıklarını artıran bağ dokusu içinde kapsüllendiği, kapsüllenmiş bir ucu olan bir nöron, belirli bir uyarınlı yorumlayan farklı yapısal bileşenlere sahip özel bir reseptör hücrelidir (Ju, 2018).

Duyusal reseptörler, belirli uyaran türlerini almak için uzmanlaşmış duyu nöronlarının dendritleridir. Duyusal reseptörler üç yöntem ile sınıflandırılır (Biga vd., 2019):

### 1. Alıcı karmaşıklığına göre sınıflandırma:

- Serbest sinir uçları, terminal uçları çok az fiziksel uzmanlığa sahip olan veya hiç olmayan dendritlerdir.
- Kapsüllenmiş sinir uçları, terminal uçları bağ dokusu kapsülleri içine alınmış dendritlerdir.
- Duyu organları (*gözler ve kulaklar gibi*), bağ, epitel veya diğer dokularla birlikte özel duyular (*görme, işitme, koku, tat ve denge*) için alıcılara sahip duyu nöronlarından oluşur.

### 2. Yere göre sınıflandırma:

- Eksteroseptörler, cilt yüzeyinde veya yakınında meydana gelir ve vücudun dışında veya yüzeyinde meydana gelen uyarılara duyarlıdır. Bu reseptörler, dokunma, ağrı ve sıcaklık gibi dokunsal duyular ve görme, işitme, koku ve tat alma duyuları için olanları içerir.
- İnteroseptörler (*visseroseptörler*), vücutta viseral organlardan ve kan damarlarından meydana gelen uyarılara yanıt verir. Bu reseptörler, otonom sinir sistemi ile ilişkili duyu nöronlarıdır.
- Proprioseptörler iskelet kaslarına, tendonlara, bağlara ve eklemlere yanıt verir. Bu alıcılar, vücut pozisyonu ve bu yerlerin fiziksel koşulları hakkında bilgi toplar.

### 3. Tespit edilen uyaran türüne göre sınıflandırma:

- Mekanoreseptörler, basınç (*dokunma veya kan basıncı*) ve gerilme gibi fiziksel kuvvete tepki verir.
- Fotoreseptörler ışığa tepki verir.
- Termoreseptörler sıcaklık değişikliklerine tepki verir.
- Kemoreseptörler, tat ve koku duyuları sırasında çözünmüş kimyasallara ve kandaki O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> veya H<sup>+</sup> varyasyonları gibi iç vücut kimyasındaki değişikliklere tepki verir.
- Nosiseptörler, doku hasarı ile ilişkili çeşitli uyarılara yanıt verir. Beyin acıyı yorumlar.

Sherrington (1906) reseptörleri yakın ve uzak olmak üzere ikiye ayırmıştır. Yakın alıcılar arasında tat, dokunma ve acıyı, uzak alıcılar arasında işitme ve görmeyi, kokunun her iki işleve de hizmet ettiği şekilde dahil etti. Yakın alıcılar organizmaya çok yakın çevresinden bilgi iletir.



Beslenme, kavga ve üreme gibi doğuştan gelen davranış dizileriyle yakından ilgilidirler. Nispeten ilkel organizmalar, neredeyse özel olarak yakın reseptörleri kullanırlar. Buna karşılık, bu tür organizmaların hafızası ve beklentisi vardır; daha karmaşık zihinsel süreçlerin daha sonraki gelişen hayvan formları arasında ortaya çıktığı görülmektedir. Daha yüksek bilişsel işlevlerine öncelikle görme ve işitmenin uzak alıcıları aracılık ediyor gibi görünmektedir. Organizmanın çevresel alanı incelemesini ve bu alıcılar tarafından sağlanan oluşumlara bağlı olarak girmesini veya kaçınmasını sağlarlar. Uzak alıcılar, organizmaya yakın alıcıları aracılığıyla ulaşamadığı hayatta kalma fırsatları için bilgi sağlayabilir. Aynı zamanda, mesafe reseptörlerinin artan kullanımı, kortikal büyümeye elverişli görünmektedir. Ontogenetik çizgiler boyunca paralel bir eğilim izlenebilir.

### Görsel Reseptörler

Görme, gözlerden alınan ışık uyarılarının transdüksiyonuna dayanan benzersiz görme duyusudur. Gözler kafatasındaki yörüngelerden herhangi birinde bulunur. Kemik yörüngeler göz kürelerini çevreler, onları korur ve gözün yumuşak dokularını sabitler. Ön kenarlarında kirpik bulunan göz kapakları, göz yüzeyine gelebilecek partikülleri bloke ederek gözün aşınmaya karşı korunmasına yardımcı olur. Her kapağın iç yüzeyi, palpebral konjonktiva olarak bilinen ince bir zarıdır. Konjonktiva gözün beyaz bölgelerine (sklera) uzanır ve göz kapaklarını göz küresine bağlar (Rehman vd., 2022). Gözyaşı, burnun yan kenarlarının altında bulunan gözyaşı bezi tarafından üretilir. Bu bez tarafından üretilen gözyaşları, gözyaşı kanalından gözün medial köşesine akar, burada gözyaşı konjonktiva üzerinden akar ve yabancı partikülleri temizler. Gözün yörünge içindeki hareketi, dönme kemiklerinden kaynaklanan ve göz küresinin yüzeyine yerleştirilen altı ekstraoküler kasın kasılması ile gerçekleştirilir. Göz çevresindeki ana noktalarda dört kuvvet düzenlenir ve bu konumlar için adlandırılır. Üst rektus, medial rektus, alt rektus ve lateral rektustur. Her kas kasıldığında, göz kasılan kasa doğru hareket eder. Örneğin, üst rektus kasıldığında, göz yukarı bakmak için döner. Üst eğik, arka yörüngede, dört rektus kasının kökenine yakın bir yerde ortaya çıkar. Bununla birlikte, eğik kasların tendonu, troklea olarak bilinen kasnak benzeri bir kıkırdak parçasından geçer. Tendon, gözün üst yüzeyine eğik olarak girer. Tendonun trokleadan geçen açısı, superior oblik kasının gözü medial olarak döndürdüğü anlamına gelir. Alt oblik kas, yörünge tabanından kaynaklanır ve gözün inferolateral yüzeyine girer. Kasıldığında gözü üstün eğikliğe zıt olarak lateral olarak döndürür. Gözün sagittal düzlemde tam olarak hizalanmaması nedeniyle, iki eğik kas tarafından gözün döndürülmesi gereklidir. Göz yukarı veya aşağı baktığında, üst rektus çekişini düz yukarı değil yaklaşık 20 derecelik bir açıyla telafi etmek için saat hafifçe dönmelidir. Aynısı, alt obliğin kasılması ile dengelenen alt rektus için de geçerlidir (Ju, 2018). Ekstraoküler kaslar üç kranial sinir tarafından innerve edilir. Gözün kaçırılmasına neden olan lateral rektus, abduzens siniri tarafından innerve edilir. Troklear sinir,



üst obliği innerve eder. Okülomotor sinir, levator palpebra superioris gibi diğer tüm kasları innerve eder. Bu kranial sinirlerin motor çekirdekleri, göz hareketlerini koordine eden beyin sapına bağlanır (Joyce vd., 2022). Gözün kendisi, üç doku katmanından oluşan içi boş bir küredir. En dıştaki katman, beyaz sklera ve şeffaf korneayı içeren lifli tuniktir. Sklera, göz yüzeyinin altında beşini oluşturur ve çoğu görünür değildir, ancak insanlar diğer birçok türle karşılaştırıldığında benzersizdir, ancak "gözün beyazı" çok fazla görünür durumdadır. Şeffaf kornea gözün ön ucunu kaplar ve ışığın göze girmesine izin verir. Gözün orta tabakası, esas olarak koroid, siliyer cisim ve irisden oluşan vasküler tuniktir. Koroid, göz küresine kan sağlayan oldukça vaskülarize bir bağ dokusu tabakasıdır. Koroid siliyer cismin arkasındadır, zonül lifleri ile merceğe bağlı kaslı bir yapıdır. Bu iki yapı merceği bükerek ışığı gözün arkasına odaklamasını sağlar. Siliyer cisim örten ve ön gözde görünen gözün renkli kısmı olan iristir. İris, gözün merkezinde ışığın girmesine izin veren delik olan öğrenciyi açan veya kapatan düz bir kastır. İris, parlak ışığa tepki olarak öğrenciyi daraltır ve loş ışığa tepki olarak öğrenciyi genişletir. Gözün en iç tabakası, fotoreseptiyondan sorumlu sinir dokusunu içeren retinadır. Göz ayrıca iki boşluğa ayrılır: ön ve arka boşluklar. Ön boşluk, iris ve siliyer cisim dahil olmak üzere kornea ve lens arasındaki boşluktur. Sulu bir sıvı ile doludur. Arka boşluk, retinanın bulunduğu iç göz küresinin arka tarafına uzanan merceğin arkasındaki boşluktur. Arka boşluk, vitröz adı verilen bir sıvı ile doludur (Lake, 2019). Retina birkaç katmandan oluşur ve görsel uyarıların ilk işlenmesi için özel hücreler içerir. Fotoreseptörler (*çubuklar ve koniler*), ışık enerjisiyle uyarıldığında zar potansiyellerini değiştirir. Membran potansiyelindeki değişiklik, fotoreseptör hücrelerinin dış sinaptik katmandaki bipolar hücrelere saldırdığı nörotransmitterlerin sayısını değiştirir. Retinadaki bipolar hücre, bir fotoreseptörü iç sinaptik katmandaki bir retina ganglion hücresine (RGC) bağlar. Amacrine hücreleri, RGC bir aksiyon potansiyeli üretmeden önce retinal işlemeye de katkıda bulunur. Retinanın en iç tabakasında bulunan RGC'lerin aksonları optik diskte toplanır ve optik sinir olarak gözü terk eder. Bu aksonlar retinadan geçtiği için, optik sinirin başladığı gözün en arkasında fotoreseptörler yoktur. Bu, retinada bir "kör nokta" ve görme alanımızda buna karşılık gelen bir kör nokta oluşturur (Henley, 2021). Retinadaki (*çubuklar ve koniler*) fotoreseptörlerin aksonların, RGC'lerin, bipolar hücrelerin ve retinal kan damarlarının arkasında yer aldığına dikkat edin. Bu yapılar, ışık fotoreseptör hücrelere ulaşmadan önce önemli miktarda ışığı emer. Bununla birlikte, retinanın tam merkezinde, fovea olarak bilinen küçük bir alan bulunur. Retina, foveadaki destekleyici hücrelerden ve kan damarlarından yoksundur ve sadece fotoreseptörler içerir. Bu nedenle, görme keskinliği veya görme keskinliği en çok foveadadır. Fovea, gelen ışığın en az miktarda diğer retina yapıları tarafından emildiği yerdir. Retinanın bu merkezi noktasından herhangi bir yönde hareket edildiğinde görme keskinliği önemli ölçüde düşer (Barrett vd., 2015). Ek olarak, foveanın her bir fotoreseptör hücresi, tek bir RGC'ye bağlıdır. Bu nedenle, bu RGC, görsel transdüksiyonun doğruluğunu azaltan çoklu fotoreseptörlerden gelen girdileri entegre

etmek zorunda değildir. Retinanın kenarlarına doğru, birkaç fotoreseptör, RGC'lerde (*bipolar hücreler aracılığıyla*) 50'ye 1 oranında birleşir. bu paragrafın. Görüş alanının ortasındaki görsel uyaran, foveaya düşer ve en odaklanmış olanıdır. Gözlerinizi o kelimedenden ayırmadan paragrafın başındaki veya sonundaki konuşmaların odakta olmadığına dikkat edin. Periferik görüşünüzdeki görüntüler, periferik retina tarafından odaklanır ve belirsiz, bulanık kenarlara ve açıkça tanımlanmayan kelimelere sahiptir. Sonuç olarak, gözlerin sinirsel işlevinin büyük bir kısmı, kritik görsel uyaranların fovea üzerinde merkezlenmesi için gözleri ve başı hareket ettirmekle ilgilidir. Her biri belirli bir ışık dalga boyuna duyarlı olan, opsin adı verilen üç koni fotopigmenti vardır. Görünür ışığın dalga boyu rengini belirler. İnsan gözündeki pigmentler, üç farklı ana rengi algılamada uzmanlaşmıştır: kırmızı, yeşil ve mavi. Opsinler, ışığın sınırlı dalga boylarına duyarlıdır. Çubuklardaki fotopigment olan Rodopsin, 498 nm dalga boyunda ışığa en duyarlıdır. Üç renkli opsin, kabaca kırmızı, yeşil ve mavinin ana renklerine karşılık gelen 564 nm, 534 nm ve 420 nm'lik tepe hassasiyetlerine sahiptir. Rodopsin'in çubuklardaki absorpsiyonu, koni opsinlerdekinden çok daha hassastır; özellikle, çubuklar düşük ışık koşullarında görmeye duyarlıdır ve koniler daha parlak koşullara duyarlıdır. Normal güneş ışığında, koniler aktifken rodopsin sürekli olarak ağartılacaktır. Karanlık bir odada koni opsinlerini harekete geçirmek için yeterli ışık yoktur ve görüş tamamen çubuklara bağlıdır. Çubuklar ışığa o kadar duyarlıdır ki, tek bir foton, bir çubuğun karşılık gelen RGC'sinden bir aksiyon potansiyeli ile sonuçlanabilir. Işığın farklı dalga boylarına duyarlı olan üç tip koni opsin, bize renkli görme sağlar. Beyin, üç farklı koninin aktivitesini karşılaştırarak, görsel uyaranlardan renk bilgisi çıkarabilir. Düşük ışık görüşümüz özünde gri tonlamalı. Başka bir deyişle, karanlık bir odada her şey grinin bir tonu olarak görünür. Karanlıkta renkleri görebildiğinizi düşünüyorsanız, bunun nedeni büyük olasılıkla beyninizin bir şeyin ne renk olduğunu bilmesi ve bu belleğe güvenmesidir. Optik sinirin bağlantıları, diğer kranial sinirlerin bağlantılarından daha karmaşıktır. Her bir göz ile beyin arasında bağlantıların olması yerine, görsel bilgi görsel alanın sol ve sağ tarafları arasında ayrıştırılır (Kelly, 2023). Ek olarak, görsel alanın bir tarafından gelen bilgilerin bir kısmı beyin karşı tarafına yansır. Her gözün içinde, retinanın medial tarafından çıkıntı yapan aksonlar, optik kiazmada kesişir. Her gözün sol görüş alanı beyin sağ tarafında işlenirken, her bir gözün sağ görüş alanı beyin sol tarafında işlenir (Henley, 2021).

Retina, retinadaki başlıca görme molekülüdür. Retinadaki bir duyu nöronu için, alıcı alan, görme alanının karşılık gelen bir bölümünden ışık alan belirli bir noktadır. Bir akson veya hücre gövdesinde üretilen aksiyon potansiyellerini ince bir elektrotla kaydederek bir duyu biriminin alıcı alanını belirlenebilir. Görsel korteksteki bir nöron, nöronun alıcı alanını temsil eden retinanın yalnızca belirli bir kısmına çarpan ışığa tepki verir (Brodal, 2010).

Retina farklı ışık frekanslarını emebilir. İzomeri (*Cis-retinal*), çubuklarda ve konilerde bulunan ışığa duyarlı bir transmembran G-proteini olan rhodopsin'de bulunur; hem cis-retinal hem de opsin içerir. Işık uyarıcı, retina ise alıcıdır. Enerjinin emilmesi, cis-retinali trans-retinale dönüştürür. Bu konformasyonel değişim ile rodopsin, meta-rhodopsin adı verilen aktif hale dönüşür. Sinyal iletimi daha sonra, çok alt birimli bir protein olan transdusini, onu rodopsin'e bağlayarak ve GDP'nin GTP'ye dönüştürülmesine neden olarak içerir; bu, cGMP seviyelerini düşüren cGMP fosfodiesteraza bağlanmasına izin veren alfa alt biriminin salınmasına yol açar. Bu, aksi takdirde karanlık olduğunda açık olan sodyum kanallarının kapandığını gösterir. İlginç bir şekilde, bu senaryoda, ışık sinyali ile meydana gelen hiperpolarizasyondur. Bu hiperpolarizasyon, postsinaptik zara salınan glutamat miktarının azalmasına neden olarak beyinde bir değişiklik sinyali verir (Yoshioka ve Sakakibara, 2013). Bu anatomik düzenlemeyle ilgili benzersiz bir klinik sunum, bilateral hemianopi olarak bilinen lateral periferik görme kaybıdır. Bu, "tünel görüşünden" farklıdır çünkü üst ve alt çevresel alanlar kaybolmaz. Görme alanı eksiklikleri bir hasta için rahatsız edici olabilir, ancak bu durumda neden görme sisteminin kendisinde değildir. Hipofiz bezinin büyümesi optik kiazmaya baskı yapar ve sinyal iletimini engeller. Ancak beynin aynı tarafına çıkıntı yapan aksonlar etkilenmez. Bu nedenle hasta görüş alanının en dış alanlarını kaybeder ve sağındaki ve solundaki nesnelere göremez. Optik kiazmadan uzanan görme sisteminin aksonlarına optik sinir yerine optik yol denir. Optik yolun, ikisi diensefalonda ve biri orta beyinde olmak üzere üç ana hedefi vardır. Gözler ve diensefalonda arasındaki bağlantı, retinanın nöral dokusunun sekonder veziküllerin büyümesiyle diensefalondan farklılaştığı gelişim sırasında gösterilmiştir. Retinanın CNS ile bağlantıları, bu gelişimsel birlikteliğin bir kalıntısıdır. Optik yolun bağlantılarının çoğu, özellikle talamusa, yani lateral genikulat nükleusa yöneliktir. Bu çekirdekten gelen aksonlar daha sonra oksipital lobda bulunan serebrumun görsel korteksine yansır. Optik yolun bir başka hedefi de üst kollikulustur. Ek olarak, çok az sayıda RGC aksonu, optik kiazmadan hipotalamusun suprakiazmatik çekirdeğine uzanır. Bu RGC'ler ışığa duyarlıdır, çünkü ışığın varlığına veya yokluğuna tepki verirler. Ancak fotoreseptörlerin aksine, bu ışığa duyarlı RGC'ler görüntüleri algılamak için kullanılamaz. Bu RGC'ler ışığın yokluğuna veya varlığına basitçe yanıt vererek gün uzunluğu hakkında bilgi gönderebilir. Güneş ışığının karanlığa algılanan oranı, vücudumuzun sirkadiyen ritmini belirler ve belirli fizyolojik olayların her gün yaklaşık olarak aynı saatte gerçekleşmesine izin verir (Warren vd., 2003).

Duyusal algıdaki başarısızlıklar olağandışı ve zayıflatıcı olabilir. İnsanların önemli bir sosyal işlevini engelleyen belirli bir duyu eksiklik, prosopagnozi veya yüz körlüğüdür. söz şuradan gelir Yunanca persona "yüzler" anlamına gelir ve agnosia "bilmemek" anlamına gelir. Bazı insanlar insanları yüzlerinden kolayca tanıyamadıklarını hissedebilirler. Bununla birlikte, prosopagnozisi olan bir kişi, kendi kültürlerinde en çok tanınan insanları tanıyamaz. Bir ünlünün, önemli bir tarihi şahsiyetin ve hatta anneleri gibi bir aile üyesinin yüzünü tanımazlar. Kendi

yüzlerini bile tanımayabilirler. Prosopagnozi, beyin travmasından kaynaklanabilir veya doğumdan itibaren mevcut olabilir. Prosopagnozinin kesin nedeni ve neden bazı insanlarda olduğu belirsizdir. Eksiklikle doğan insanların beyinleri üzerinde yapılan bir araştırma, temporal lobun ön fusiform girusu olan belirli bir beyin bölgesinin genellikle az gelişmiş olduğunu buldu. Beynin bu bölgesi, görsel uyarıları ve onların hatıralarla olası ilişkilerini tanımakla ilgilenir. Kanıtlar henüz kesin olmasa da bu bölge muhtemelen yüz tanımanın gerçekleştiği yerdir. Bu yıkıcı bir durum olsa da bundan muzdarip insanlar, gördükleri insanları tanımak için diğer ipuçlarını sıklıkla kullanabilirler. Çoğu zaman, bir kişinin sesinin sesi veya farklı yüz özellikleri (*ben gibi*) veya saç rengi gibi benzersiz ipuçlarının varlığı, hastanın tanıdık bir kişiyi tanımasına yardımcı olabilir. Bu bölümde sağlanan prosopagnozi ile ilgili videoda, ünlüleri, aile üyelerini ve kendini tanımakta güçlük çeken bir kadın gösterilmektedir. Bazı durumlarda, yüzleri tanımasına yardımcı olması için başka ipuçlarını kullanabilir (Grüter vd., 2008). OSB'li bireyler ayrıca görsel girdiden kaçınmaya (örneğin, parlak ışıklarda gözleri kapatmaya) veya ek görsel uyarıları aramaya (örneğin, parmakları gözlerin önünde bükme) teşebbüs etmek olarak yorumlanabilecek atipik görsel davranışlar sergilerler (Leekam vd., 2007). Nörofizyolojik bulgularda, işitsel ve dokunsal alanlara benzer şekilde önemli bir tutarsızlık vardır. Gelişmiş detay algısının görünür kısmında, özellikle daha karmaşık görevlerde bozulmaya neden olan basit uyarılar için anlamlı raporlar vardır (Bertone vd., 2005). Bazı eşik çalışmaları, düşük ve yüksek uzaysal frekanslar veya hareket/biçim işleme için kontrast duyarlılığında ASD bireyleri ve kontroller arasında hiçbir fark göstermez (Koh vd., 2010). Diğer görsel uyarılmış potansiyel çalışmalar, otizmliler, nesne sınır algılamasında bozulmalar, çeşitli sinyal/gürültü oranlarında hem hareketsiz hem de hareketli uyarılarda kontrast algılama yeteneğinin azalması ve orta ve yüksek uzamsal frekans ızgaraları için farklılaşmamış tepkiler ile atipik erken tepe noktalarına sahip olduğunu göstermektedir (Jemel vd., 2010). Lokal hareket işleme çalışmaları, ikinci dereceden (doku tanımlı) hareket işlemede farklılıklar gösterir, ancak birinci dereceden (parlaklık tanımlı) işlemde bozulmaz, bu da daha nüanslı görevlerle büyütülmüş gelen uyarıların etkin entegrasyonu ile ilgili zorluklar olduğunu gösterir (Bertone vd., 2003).

Otizimde görsel algının en iyi çalışılmış yönlerinden biri, bu becerinin insan sosyal etkileşimi için uygunluğu göz önüne alındığında yüz işlemedir (Schultz, 2005). Yüzün aşinalığı, dikkat, bakış yönü ve fiksasyonu ve uyarının tipi/karmaşıklığı arasındaki farklılıklar nedeniyle büyük ölçüde karıştırılmaktadır (Klin, 2008). Ayrıca görsel bilginin türü de önemlidir; otizmliler çocuklar, nötr ve ayrıntılı, yüksek uzamsal frekans bilgilerine kontrollerden daha güçlü yanıt verebilir ve hızlı tempolu sosyal dünyamız için çok kritik olan hızlı düşük frekanslı işlemeye daha az sağlam tepki verebilir (Vlamings vd., 2010). Basit uyarılardaki ve yüzlerdeki eksiklikler, biyolojik hareket çalışmalarına kadar uzanır, öyle ki otizmliler çocuklar dinamik gürültünün işlenmesinde, hareket tutarlılığında ve hareketten biçim algılamada bozulmalar gösterir (Annaz

vd., 2010). Otizmlı çocukların kontrol çocuklarından günlük nesnelere nokta-ışık koleksiyonlarını değil, yalnızca dinamik nokta-ışık gösterilerini adlandırma yeteneklerinde farklılık gösterdiği tespit edildiğinden, gözlenen bu eksikliğin kısmen duygusal bilgilerin atipik işlenmesinden kaynaklanabileceğine dair öneriler vardır (Parron vd., 2008). Bu bulgu, birincil duyuşal işlemeyi bilgilendiren limbik veya "duygu" sinir ağlarından potansiyel bir kopukluk olduğunu gösteriyor. Bu farklılıklar için genetik bir temelden bahsederken, OSB'li bireylerin kardeşlerinde verimsiz hareket işleme bulunmuştur (Koh vd., 2010). Bir bütün olarak ele alındığında, bu çalışmalar, sosyalleşme gibi üst düzey kortikal yeteneklerin omurgasını oluşturan temel tek modlu duyuşal bilginin işlenmesindeki bozulmayı daha da desteklemektedir.

### İşitsel Reseptörler

İşitme veya işitme, ses dalgalarının kulağın yapılarının mümkün kıldığı sinirsel bir sinyale dönüştürülmesidir. Başın yan tarafındaki büyük, etli yapı kulak kepçesi olarak bilinir (Stangor ve Walinga, 2014). Bazı kaynaklarda bu yapıdan pinna olarak da bahsedilecektir. Bununla birlikte, bu terim, dış kulak gibi hareket ettirilebilen bir yapı için daha uygundur. Kulak kepçesinin C şeklindeki eğrileri, ses dalgalarını işitsel kanala doğru yönlendirir. Kanal, kafatasına temporal kemiğin dış işitsel kanalından girer. Timpanik zar veya kulak zarı, ses dalgaları kendisine çarptıktan sonra titreşen işitsel kanalın sonundadır (Cushwa, 2015). Kulak kepçesi, kulak kanalı ve kulak zarı genellikle dış kulak olarak adlandırılır. Orta kulak, kemikçik adı verilen üç küçük kemiğin kapsadığı bir boşluktan oluşur. Üç kemik, malleus, incus ve stapes'tir; Latince isimler kabaca çekiç, örs ve üzengi anlamına gelir (George ve Bordoni, 2022). Malleus kulak zarına yapışıktır ve inkus ile eklem yapar. İnkus, sırayla, stapes ile iletişim kurar. Stapes daha sonra ses dalgalarının nöral bir sinyale dönüştürüleceği iç kulağa bağlanır. Orta kulak, östaki borusu aracılığıyla farenkse bağlanır ve bu, timpanik membran boyunca hava basıncının dengelenmesine yardımcı olur. Çizgi genellikle kapalıdır, ancak yutma veya esneme sırasında farinks kasları kasıldığında açılır. İç kulak, temporal kemiğe gömülü bir dizi kanaldan oluştuğu için genellikle kemikli bir labirent olarak tanımlanır. İşitme ve dengeden sorumlu olan koklea ve vestibül olmak üzere iki ayrı bölgesi vardır. Bu iki bölgeden gelen sinirsel sinyaller, farklı lif demetleri aracılığıyla beyin sapına iletilir (Quah, 2017). Bununla birlikte, bu iki farklı demet, iç kulaktan beyin sapına vestibulokoklear sinir olarak birlikte hareket eder. Ses, spiral ganglionların duyuşal nöronlarını içeren iç kulağın koklear bölgesinde nöral sinyallere dönüştürülür. Bu ganglionlar, iç kulağın spiral şeklindeki kokleasında bulunur. Koklea, oval pencereden stapeslere bağlanır. Oval pencere, koklea içinde skala vestibuli adı verilen sıvı dolu bir tüpün başlangıcında bulunur (Kountakis, 2013). Skala vestibuli oval pencereden uzanır ve ses ileten nöronları içeren kokleanın merkezi boşluğu olan koklear kanalın üzerinde ilerler. Kokleanın en üst ucunda, skala vestibülü, koklear kanalın üst kısmına doğru kıvrılır. Şimdi skala timpani olarak adlandırılan sıvı dolu tüp, bu sefer

koklear kanalın altından geçerek kokleanın tabanına döner (Felten vd., 2021). Skala timpani yuvarlak pencerede biter ve skala içindeki sıvıyı içeren bir zarla örtülür. Kemikçiklerin titreşimleri oval pencereden geçerken, skala vestibuli ve skala timpani suyu dalga benzeri bir hareketle hareket eder. Akışkan dalgalarının frekansı, ses dalgalarının frekanslarıyla eşleşir. Yuvarlak pencereyi kaplayan zar, sıvının skala timpani içindeki hareketi ile dışarı çıkacak veya büzülecektir. Kokleanın enine kesit görünümü, skala vestibuli ve skala timpaninin koklear kanalın her iki yanından geçtiğini gösterir. Koklear kanal, iki skalanın dalga hareketini nöral sinyallere dönüştüren birkaç Corti organı içerir (McHose vd., 2022). Corti organları, Corti organları ile skala timpani arasında yer alan koklear kanalın tarafı olan baziler membranın üstünde yer alır. Sıvı dalgaları skala vestibül ve skala timpani boyunca hareket ederken, baziler membran dalgaların frekansına bağlı olarak belirli bir noktada hareket eder (White vd., 2023). Daha yüksek frekanslı dalgalar, koklea tabanına yakın olan baziler membran bölgesini hareket ettirir. Düşük frekanslı dalgalar, baziler membranın kokleanın ucuna yakın kısmını hareket ettirir. Koklea, insan kulağının algılayabileceği ses aralığı olan 20 ila 20.000 Hz arasındaki frekanslar için işitsel uyarıları kodlar. Hertz birimi, saniyede üretilen döngülerde ses dalgalarının frekansını ölçer. 20 Hz kadar düşük frekanslar, kokleanın tepesindeki veya ucundaki tüy hücreleri tarafından tespit edilir. 20 kHz'lik daha yüksek aralıklardaki frekanslar, koklea tabanında, yuvarlak ve oval pencerelere yakın tüy hücreleri tarafından kodlanır. Çoğu işitsel uyarı, çeşitli frekanslarda ve yoğunluklarda (*ses dalgasının genliği ile temsil edilen*) seslerin bir karışımını içerir (Kelly, 2023). Her biri belirli bir frekansa duyarlı olan koklear kanalın uzunluğu boyunca uzanan tüy hücreleri, tıpkı bir prizmanın görünür ışığı bileşen renklerine ayırması gibi, kokleanın işitsel uyarıları frekansa göre ayırmasına izin verir (Biga vd., 2019).

İşitsel reseptörler sinyalleri kendilerine tahsis edilmiş sistemleri üzerinden iletir ve beyin, işitsel reseptörlerin aksonlarındaki elektriksel aktiviteyi işitsel bir uyarı / bir ses olarak yorumlayacaktır (Molnar ve Gair, 2015). Ses dalgaları kulak zarında bir titreşim yaratarak kulağa gider. Bu enerji malleus, inkus ve stapes için mekanik enerjiye dönüşür. Stapes oval pencerenin yakınındadır ve mekanik enerjiyi, perilemf adı verilen bir sıvı ile sıvı dolu bir yapı olan kokleaya doğrudan iterek yükseltir. Koklea, skala vestibuli (*yükselen kısım*), skala media ve skala timpani (*inen kısım*) olarak adlandırılan üç katmana sahiptir. Corti organı baziler membran yüzeyinde bulunur ve ses sinyali oluşturmada birincil reseptörler olan tüy hücrelerini içerir. İki çeşit saç hücresi vardır: iç ve dış. İç hücreler bilgiyi işitsel sinire iletir ve dış hücreler kokleaya giren düşük seviyeli sesi mekanik olarak yükseltir. İç tüy hücrelerinin, koklear kanal zarlarının ve sıvılarının hareketiyle büküldükleri bir tektoryal zar ile bir bağlantısı vardır. Tüylü hücrelerdeki stereosilyalar en uzun siliya doğru büküldüğünde potasyum ve voltaj kapılı kalsiyum kanalları açılır ve iyon akışı artarak depolarizasyona neden olur. Bu depolarizasyon, postsinapta işitsel sinirde nörotransmitter salınımına izin vererek, saç hücrelerinin stereosilyasından glutamat



iletimi yoluyla merkezi sinir sistemine yayılan sinir uyarıları üretir. Sesin ayırt edilmesi, kokleanın farklı bölgelerinden gelen orijinal sinir uyarılarının konumu aracılığıyla gerçekleşir (Yoshioka ve Sakakibara, 2013).

İşitme için duyuusal yol, superior medullanın koklear çekirdeğindeki nöronlarla sinaps yapan vestibulokoklear sinir boyunca ilerler. Beyin sapı içinde, işitsel uyarılardan konum bilgisi çıkarmak için her iki kulaktan gelen girdi birleştirilir. Kokleada alınan ilk işitsel uyarılar, darbelerin frekansını veya perdesini kesin olarak temsil ederken, seslerin yerleri her iki kulağa gelen bilgiler karşılaştırılarak belirlenebilir. Ses lokalizasyonu, beyin sapının işitsel çekirdeklerinde merkezi işlemenin bir özelliğidir. Ses lokalizasyonu, beyin, kulaklar arası zaman farkı ve kulaklar arası yoğunluk farkını hesaplayarak elde edilir (Bordoni vd., 2023). Belirli bir yerden kaynaklanan bir ses, doğrudan dinleyicinin önünde olmadıkça her kulağa farklı zamanlarda ulaşacaktır. Ses kaynağı dinleyicinin solunda hafifse, ses sağ kulağa gelmeden mikrosaniyeler önce sol kulağa ulaşacaktır. Bu zaman farkı, kulaklar arası zaman farkına bir örnektir. Ayrıca, karşı kulağa ulaşan ses dalgalarının bir kısmı kafa tarafından bloke edildiğinden, ses sol kulakta sağ kulağa göre biraz daha yüksek olacaktır. Bu, kulaklar arası yoğunluk farkının bir örneğidir. İşitsel işlem, orta beyindeki alt kollikulus adı verilen bir çekirdeğe devam eder. Alt kollikulustan gelen aksonlar, talamus ve üst kollikulus olmak üzere iki yere çıkar. Talamusun medial genikulat çekirdeği işitsel bilgiyi alır ve daha sonra bu bilgiyi serebral korteksin temporal lobundaki işitsel kortekse yansıtır. Üst kollikulus, başı ve boynu işitsel uyarana doğru çeviren kasların uyarılmasını başlatmak için kulakların yanı sıra görsel ve somatosensoryel sistemlerden girdi alır (Olman, 2022).

Genel olarak, otizmde işitsel işlemenin nörofizyolojik çalışması, işleme akışında birincil işitsel korteks kadar erken atipik nöral aktivite önermektedir. Bununla birlikte bu fark, kodlamaya ve erken ses işlemeye aracılık eden yukarıdan aşağıya engelleyici süreçlerin bir sonucu olabilir (Whitehouse ve Bishop, 2008). Dil eksiklikleri OSB'nin temel bir özelliği olduğundan, işitsel işleme çalışması OSB'nin köklerini göz önünde bulundurmaya ve rasyonel müdahaleleri kavramsallaştırmak için esastır. İşitsel bilgi işleme akışını ölçmenin bir yolu, geleneksel işitsel beyin sapı yanıtıdır. Tıklamalardan veya tonlardan kaynaklanan elektriksel aktivite, yüzey elektrotları kullanılarak milisaniye cinsinden kaydedilir. Vestibulokoklear sinirden gelen işitsel uyarılar, beyin sapındaki ve orta beyindeki (*inferior kollikulus*) işleme yapılarına gider (Dunn vd., 2008.). Alan yazındaki çalışmalar, çocuk ve ergen OSB kohortlarında uzamış gecikmeler göstermiştir (Kwon vd., 2007). Beyin sapı anormallikleri otizm spektrumundaki tüm bireyler için eksiklikleri açıklamak için yeterli görünmese de özellikle giderek daha karmaşık uyarılarla erken işitsel yollarda ölçülebilir farklılıklar olduğunu öne süren literatür vardır. İşitsel duyu akışındaki bu temel adımın doğasını anlamak çok önemlidir çünkü gelen çeşitli seslerin alınması



ve ayrıştırılması dil ve iletişimin temelini oluşturur. Çocuk yeterince duyuyor olsa dahi sesleri çok yavaş ya da yanlış işliyor olabilir. Ses duyularını modüle etmekte ya da ayırt etmekte sorun yaşayabilir. Ya da hareket planlama bozukluğuyla birlikte ses duyduğunda, bir aktiviteye nasıl ve ne zaman başlayacağını ve bitireceğini bilemeden öylece kalabilir. Ritim ve zamanlama duygusu çalışmayabilir ve bu da hareketlerini, okumasını ve iletişimini etkiler. tetiklenebilir (Russo vd., 2009).

### **Denge Reseptörleri (Vestibüler Sistem)**

Duyusal aşırı yüklenme, beş temel duyu ile sınırlı değildir. Spektrumdaki bir kişi, kişinin dengesini, motor becerilerini ve vücut farkındalığını etkileyen üç ek nedene de aşırı tepki verebilir. Vestibüler, başın pozisyonundaki hareketi ve değişiklikleri algılayan iç kulaktaki yapıları ifade eder. Vestibüler sistem, örneğin, başınız dik veya eğik olduğunda, gözleriniz kapalı olsa bile size söyleyebilir. Proprioepsiyon, vücudunuzun diğer nesnelere hakkında nerede olduğunu anlamak anlamına gelir. Proprioseptif sistem, kas uzunluğunu, gerginliğini ve basıncını izleyen kaslardaki reseptörleri içerir. İnteroception, ne zaman aç, tok, sıcak, soğuk veya susuz olduğunuzu bilmek de dahil olmak üzere vücudunuzun içinde neler olup bittiğini tanımak anlamına gelir. İnteroseptif sistem, sindirim sistemindeki, kan damarlarındaki ve diğer organ sistemlerindeki değişiklikleri yorumlayan karmaşık bir kranial sinir ağı etrafında taşınır. Bu duyarlılık, otizmli bazı kişilerde denge ve koordinasyon sorunlarına yol açabilir ve öz düzenlemeyi zorlaştırabilir (Camarata vd., 2020).

Vestibüler Sistem işitme ile birlikte iç kulak, denge, denge duygusu hakkındaki bilgileri kodlamaktan sorumludur. Benzer bir mekanoreseptör, stereocilia bir saç hücresi, başın pozisyonunu, başın hareketini ve vücudumuzun hareket halinde olup olmadığını algılar. Bu hücreler iç kulağın girişinde bulunur. Yarım daire kanalları kafa hareketini algılamak için kafa pozisyonu kesecik ve kese tarafından algılanır. Vestibüler gangliyonunda üretilen nöral sinyaller, vestibulokoklear sinir yoluyla beyin sapına ve serebelluma iletilir. Utrikül ve sakkül esas olarak makula dokusudur (*çoğul = makula*). Makula, destek hücreleriyle çevrili saç hücrelerinden oluşur. Saç hücrelerinin stereocilia'sı, otolitik membran adı verilen yapışkan bir jele uzanır. Otolitik zarın üstünde, otolit adı verilen bir kalsiyum karbonat kristalleri tabakası bulunur. Otolitler esasen otolitik zarın üst kısmını ağırlaştırır. Otolitik membran, kafa hareketlerine yanıt olarak makuladan ayrı hareket eder. Başın eğilmesi otolitik zarın yerçekimi yönünde makula üzerinde kaymasına neden olur. Hareket eden otolitik membran, sırayla, stereocilia'yı bükerek, bazı tüy hücrelerinin, diğerleri hiperpolarize olurken, depolarize olmasına neden olur. Beyin, saç hücresi depolarizasyon modeline dayalı olarak başın tam konumunu yorumlar (Biga vd., 2019).

İç kulak dengeyi algılar. Baş hareketi veya sesin basınç darbeleri ile endolenf titreşir ve vestibüler sistemin reseptörleri - utrikül ve kesecik için bir uyarı oluşturur. Kesecik ve kesecik içinde, endolenfin hareketini algılayan, mikroskobik otokonyadan oluşan membranöz bir kaplamaya sahip tüy hücrelerini içeren makulalar bulunur. Kesecikteki dikey ivmeleri algılamaya yardımcı olurken, kesecikteki yatay ivmeleri algılar. Konumdaki değişiklikler ve dolayısıyla sıvı hareketindeki değişikliklerle birlikte, bu tüylü hücrelerin kayması, tüy hücrelerinden işitme sinirine yayılan aksiyon potansiyellerine yol açan alıcı kanallarının açılmasına neden olur. Akışkan hareketinin hızı artı akışkanın kalitesi, hareket hakkında daha fazla bilgi verir. Kesecik ve kesecik lineer hareketi algılayan, yarım daire kanalları da benzer şekilde rotasyonları algılar (Ekdale, 2016).

Denge, vestibüler sistem, utrikül kesesi ve yarım daire kanallarından bilgi taşıyan vestibüler gangliondan gelen aksonlardan oluşan sinirler aracılığıyla koordine edilir. Sistem, vestibüler sinyallere yanıt olarak baş ve boyun hareketlerini kontrol eder. Vestibüler sistemin temel bir işlevi, görsel dikkati sürdürmek için göz ve baş hareketlerini koordine etmektir (Martin, 2012). Aksonların çoğu medullanın vestibüler çekirdeklerinde sonlanır (Hernandez ve Das, 2022). Bazı aksonlar, vestibüler çekirdeklerde araya giren sinaps olmaksızın, vestibüler gangliondan doğrudan serebelluma uzanır (Lahunta ve Glass, 2009). Beyincik öncelikle denge bilgisine dayalı hareketlerin başlatılmasından sorumludur. Vestibüler çekirdeklerdeki nöronlar, aksonlarını beyin sapındaki hedeflere yansıtır. Vücut hareketleri hakkında solunum ve kardiyovasküler fonksiyonları etkileyen retiküler oluşumunu hedefler (Mangold ve Das, 2022). Duruş ve denge ile ilgili spinal refleksi başlatan, omurilikteki vestibüler çekirdeklerdeki nöronların aksonlarının ikinci hedefi görsel sisteme yardımcı olmak için, vestibüler çekirdeklerin lifleri, kranial sinirler boyunca gönderilen sinyalleri etkilemek için okülomotor, troklear ve abduzens çekirdeklerine projekte olmaktadır (Purves vd., 2001). Bu bağlantılar, retinadaki görüntüleri stabilize ederek baş ve vücut hareketini dengeleyen vestibulokoklear refleksin (VOR) yolunu oluşturur (Binder vd., 2009). Son olarak, vestibüler çekirdekler, dorsal kolon sisteminin proprioseptif yoluna katılmak için talamusa projekte olur ve bilinçli denge algısına izin verir (Purves vd., 2001).

Vestibüler duyarlılığı az olan otizmliler çeşitli hareket deneyimlerine karşı tepkisiz kalır, kendisini korumak için gerekli refleksi yapamaz. Düşüğünde bir şey hissetmeyebilir. Doğrusal harekete aşırı istek duyabilir ve son derece uzun sürelerde sallanabilir. Proprioseptif duyusu zayıf olan çocuk, vücut parçalarının pozisyonları ve hareketleri hakkındaki duyuları anlamakta zorluk çeker. Objeleri kullanmakta zorlanabilir. Objelere çok az ya da çok fazla basınç uygulayabilir, kapı kulplarını çevirmekte zorlanabilir, farklı ağırlıktaki objeleri kaldırmakta ve tutmakta zorlanabilir.

Zayıf vücut farkındalığı olduğundan, vücudunun ne yaptığını gözleriyle görmeye ihtiyaç duyar (Kranowitz, 2014).

### Tat Reseptörleri

Tat veya tat duyusu içinde yalnızca birkaç tanınmış alt modalite mevcuttur. Yakın zamana kadar sadece tatlı, tuzlu, ekşi ve acı olmak üzer dört tat biliniyordu (Witt, 2019). 20. yüzyılın başında, araştırmalar, 1980'lerin ortalarında beşinci tat olan umami'nin tanımlanmasına yol açtı. Umami, "lezzetli tat" anlamına gelen ve genellikle tuzlu olarak çevrilen Japonca bir kelimedir. Son araştırmalar, yağlar veya lipidler için altıncı bir tadın da olabileceğini öne sürdü. Tat, dil ile ilişkili benzersiz duydur. Dilin yüzeyi, ağız boşluğunun geri kalanıyla birlikte, tabakalı bir skuamöz epitel ile kaplanmıştır. Papilla (*tekil*) adı verilen kabarık çıkıntılar, tat transdüksiyonu için yapılar içerir. Görünüşlerine göre dört tip papilla vardır: sirkumvallat, yaprak şeklinde, filiform ve mantar şeklinde. Papilla içindeki yapı, tat uyaranlarının iletimi için özel tat alma reseptör hücreleri içeren tat tomurcuklarıdır. Bu reseptör hücreler, alınan gıdaların içerdiği kimyasallara karşı hassastır ve gıdadaki kimyasalın miktarına bağlı olarak nörotransmitterleri serbest bırakırlar. Tat hücrelerinden gelen nörotransmitterler yüz, glossofaringeal ve vagus kranial sinirlerindeki duyu nöronlarını aktive edebilir. Tuzlu tat, tükürükte sodyum iyonlarının ( $Na^+$ ) algılanmasıdır. Tuzlu bir şey yediğinizde, tuz kristalleri, ağızındaki tükürükte çözünen  $Na^+$  ve  $Cl^-$  bileşen iyonlarına ayrışır.  $Na^+$  konsantrasyonu, tat alma hücrelerinin dışında yükselir ve iyonun hücrelere difüzyonunu sağlayan güçlü bir konsantrasyon gradyanı oluşturur.  $Na^+$ 'nın bu hücrelere girişi, hücre zarının depolarizasyonuna ve bir reseptör potansiyelinin oluşmasına neden olur. Ekşi tat,  $H^+$  konsantrasyonunun algılanmasıdır. Tuzlu aromalardaki sodyum iyonları gibi, bu hidrojen iyonları da hücreye girer ve depolarizasyonu tetikler. Ekşi tatlar, esasen, gıdalarımızdaki asitlerin algılanmasıdır. Tükürükteki artan hidrojen iyonu konsantrasyonları (tükürük pH'ını düşürür), tat alma hücrelerinde giderek daha güçlü dereceli potansiyelleri tetikler. Örneğin, sitrik asit içeren portakal suyu, yaklaşık 3 pH değerine sahip olduğu için ekşi bir tada sahiptir. Tabii ki, genellikle ekşi tadı maskeleyen için tatlandırılır. İlk iki tat (tuzlu ve ekşi)  $Na^+$  ve  $H^+$  katyonları tarafından tetiklenir. Diğer tatlar, G proteinine bağlı bir reseptöre bağlanan gıda moleküllerinden kaynaklanır. Bir G protein sinyal iletim sistemi sonuçta tat alma hücrelerinin depolarizasyonuna yol açar. Tatlı tat, tat alma hücrelerinin tükürükte çözünen glikoza duyarlılığıdır. Fruktoz gibi diğer monosakkaritler veya aspartam (NutraSweet™), sakarin veya sukraloz (Splenda™) gibi yapay tatlandırıcılar da tatlı reseptörleri aktive eder. Bu moleküllerin her birinin afinitesi değişir ve bazıları G proteinine bağlı reseptöre farklı şekilde bağlandıkları için glikozdan daha tatlı tadacaktır (Kelly, 2023). Acı tat, gıda moleküllerinin G proteinine bağlı reseptörlere bağlanması nedeniyle tatlıya benzer. Bununla birlikte, çok çeşitli acı tada sahip moleküller olduğu için bunun gerçekleşmesinin birkaç farklı yolu vardır. Bazı acı moleküller tat hücrelerini depolarize ederken,

diğerleri tat hücrelerini hiperpolarize eder. Benzer şekilde, bazı acı moleküller, tat alma hücrelerinde G protein aktivasyonunu artırırken, diğerleri G protein aktivasyonunu azaltır. Spesifik yanıt, hangi molekülün reseptöre bağlandığına bağlıdır. Acı tada sahip moleküllerin ana gruplarından biri alkaloidlerdir. Alkaloidler, kahve, şerbetçiotu (*birada*), tanenler (*şarapta*), çay ve aspirin gibi acı tadı olan bitki ürünlerinde yaygın olarak bulunan azot içeren moleküllerdir. Bitki, mikrop enfeksiyonuna karşı daha az hassastır ve toksik alkaloidler içerdiğinden otçullar için daha az çekicidir. Bu nedenle, acı tadın işlevi, öncelikle zehirleri yutmaktan kaçınmak için öğürme refleksini uyarmakla ilgili olabilir. Bu nedenle, normalde yenen birçok acı gıda, onları daha lezzetli hale getirmek için genellikle tatlı bir bileşenle birleştirilir (*örneğin, kahvede krema ve şeker*). Acı alıcıların en yüksek konsantrasyonu, bir tıkaç refleksinin hala zehirli yiyecekleri tükürebileceği arka dilde gibi görünüyor. Umami olarak bilinen tada genellikle tuzlu tat denir. Tatlı ve acı gibi, belirli bir molekül tarafından G proteinine bağlı reseptörlerin aktivasyonuna dayanır. Bu reseptörü aktive eden molekül, amino asit L-glutamattır. Bu nedenle, umami aroması, protein açısından zengin yiyecekler yerken sıklıkla algılanır. Şaşırtıcı olmayan bir şekilde, et içeren yemekler genellikle lezzetli olarak tanımlanır (Aptekar, 2023). Tat molekülleri tat hücrelerini harekete geçirdikten sonra, duyu nöronlarının dendritlerine nörotransmitterler bırakırlar. Bu nöronlar fasiyal ve glossofaringeal kraniyal sinirlerin bir parçasıdır ve vagus siniri içinde tıkaç refleksine adanmış bir bileşendir. Fasiyal sinir, dilin ön üçte birlik kısmındaki tat tomurcuklarına bağlanır. Glossofaringeal sinir, dilin arka üçte ikisindeki tat tomurcuklarına bağlanır. Vagus siniri, acılık gibi zararlı uyarılara daha duyarlı olan farinkse yaklaşan dilin en arka kısmındaki tat tomurcuklarına bağlanır (Olman, 2022).

Dildeki ve orofarenkstekteki tat tomurcukları, yediklerimizden zevk almamıza ve bunları ayırt etmemize yardımcı olur. Farklı tatlar arasında tatlı, tuzlu, acı, umami ve ekşi bulunur. Bir tat tomurcuğu, uyarıların girebileceği bir gözenek oluşturmak için bir uçta uzayan bir tat hücreleri topluluğudur. Bu uzamalar boyunca ağız lümenine doğru çıkıntı yapan mikrovilluslar bulunur. Tat hücrelerinin diğer tarafında, kimyasal tat mesajını beyne iletecek olan sinir lifleri vardır (Lee ve Owyang, 2017). Tat duyusu beş farklı alt tipe ayrılabilir: tatlı, acı, tuzlu, ekşi ve tuzlu olarak tanımlanan umami ve glutamat tadı. İyon kanalları ekşi ve tuzlu tat duyularını iletirken, acı, tatlı ve umami duyuları GPCR'leri kullanır. İki farklı tat GPCR'si tanımlanmıştır: TAS1R, tatlı ve umami reseptör proteinlerini kodlar ve TAS2R, acı reseptör proteinlerini kodlar (Dalesio vd., 2018).

Çoğu sinir dokusunda olduğu gibi, uyarıların reseptöre bağlanmasıyla, reseptör depolarize olur ve postsinaptik hücrenin mesajı alması ve iletmesi için bir nörotransmitter bırakır. İlginç bir şekilde, daha yüksek konsantrasyonlar daha yüksek aksiyon potansiyelleri yaratır. Her bir reseptöre bağlanan uyarı, her zevke göre değişir. Tatlı, umami ve acı tatlar, G-protein kenetli

reseptörler (GPCR'ler) tarafından algılanır. Bu reseptörler, reseptör kompleksi üzerindeki farklı alanlara bağlanarak çok çeşitli maddeleri tanır ve ayırt edebilir. Hem sakkaritler hem de proteinler tatlı hisleri tetikler. İnsanlarda monosodyum glutamat ve aspartat çoğunlukla umami tatlarını tetikler. Acı tatların çoğunun toksik çevresel bileşiklerden geldiği düşünüldüğünden, bu alıcılar çok çeşitli uyarınları tanıyabilir; yaklaşık 30 GPCR türü içerirler. Sodyum tuzlu tat için uyarıcıdır ve protonlar ekşi tatlar için uyarıcıdır. Bu uyarınları iyon kanallarının açılmasına neden olarak depolarizasyona ve sinir sinyallerine yol açar. Her tat tomurcuğu çeşitli tipte tat hücrelerine sahiptir ve hangi tadın daha güçlü algılandığını belirlemek konsantrasyona bağlıdır. Alıcı bir sinyal ile ilk karşılaştığında, deşarjda keskin bir artış gösterir, ancak daha sonra uyarana sürekli maruz kalma ile istikrarlı bir şekilde alışı. Ancak tükürük sürekli olarak uyarınları reseptörlerden uzaklaştırır. Bu sinyaller için son varış noktası, ön ve adacık loblarındaki birincil tat alma korteksindedir (Chandrashekar vd., 2006).

Nihayetinde beyin, duyuşal, duygusal ve fizyolojik bir tepki başlatan yağ ile etkileşime giren duyuşal reseptörlerden gelen sinyalleri işler. Nörobilim ve beyin görüntüleme tekniklerindeki son gelişmeler, beynin ağızla etkileşime girdiğinde yağın nasıl temsil ettiğini açıklamaya başlıyor. Belirli beyin alanları (tat korteksi, koku korteksi, somatosensoriyel korteks, görsel korteks) duyu organlarından gelen ilk işlem girdileri olarak tanımlanmıştır (Hort ve Cook, 2007). Daha yakın zamanlarda, orbitofrontal korteks (OFC) ve amigdala gibi ikincil alanlar da gıda aromasının temsillerinin oluşturulduğu alanlar olarak gösterilmiştir (Rolls, 2004).

Tat için duyuşal yol, beyin sapındaki soliter çekirdeğin nöronları ile sinaps yapan yüz, glossofaringeal ve vagus kranial sinirleri boyunca ilerler. Soliter çekirdekten gelen aksonlar daha sonra talamusun ventral posterior çekirdeğine yansır. Son olarak, ventral posterior çekirdekten gelen aksonlar, tadın işlendiği ve bilinçli olarak algılandığı serebral korteksin tat alma korteksine projekte olur (Waxman, 2016).

Otizmdeki tat duyarlılığının ve sosyal zorlukların benzer beyin alanlarını içerir. Otizimli birçok çocuk yemek seçicidir ve yeni yiyecekler denemek konusunda isteksizdir. Yapılan çalışmalar, tat ve koku, yutma davranışları için kritik öneme sahiptir ve otizmde yüksek oranda kısıtlı ve atipik yeme oranlarını belgeler niteliktedir (Schreck ve Williams, 2006). Nörobiyolojik çalışmalar otizmde tat disfonksiyonu olasılığını destekler niteliktedir. Otizmde fasiyal sinir (CN VII) çekirdeğinin hipoplazisi de dahil olmak üzere beyin sapı disfonksiyonuna dair kanıtlar vardır (Rodier, 2002). CN VII, korda timpani yoluyla dilin ön üçte ikisinden tat alma bilgisi taşır ve bu çekirdeğe veya yola verilen hasar, tat tespitini etkiler. Tatlandırıcıların tanımlanması ve lezzet algısı, merkezi olarak talamus, insula/operkulum, orbitofrontal korteks (OFC) ve amigdalayla içeren karmaşık bir ağ tarafından yönlendirilir (Rolls ve Scott, 2003). Bu bölgelerin birçoğu,

özellikle OFC ve amigdala olmak üzere otizmle ilişkilendirilmiştir (Bachevalier ve Loveland, 2006).

### **Koku (Olfaksiyon) Reseptörleri**

Tat gibi, koku alma duyusu veya koku alma duyusu da kimyasal uyarılara duyarlıdır. Olfaktör reseptör nöronları, üstün burun boşluğu içinde küçük bir bölgede bulunur. Bu bölge olfaktör epitel olarak adlandırılır ve bipolar duyu nöronları içerir. Her koku alma duyu nöronu, epitelin apikal yüzeyinden boşluğu kaplayan mukusa uzanan dendritlere sahiptir. Havadaki moleküller burundan solundukları için koku alma epitel bölgesini geçerler ve balçıkta çözülürler. Bu koku veren moleküller, onları mukusta çözülmüş halde tutan ve koku alma dendritlerine taşınmasına yardımcı olan proteinlere bağlanır. Koku verici protein kompleksi, koku alma dendritinin hücre zarı içindeki bir reseptör proteinine bağlanır. Bu reseptörler G proteinine bağlıdır ve koku alma nöronlarında dereceli bir zar potansiyeli üretir. Bir olfaktör nöronun aksonu, epitelin bazal yüzeyinden etmoid kemiğin kribriform plakasındaki olfaktör foramen boyunca ve beyne uzanır. Koku alma yolu adı verilen akson grubu, ön lobun ventral yüzeyindeki koku soğancığına bağlanır. Oradan, aksonlar birkaç beyin bölgesine seyahat etmek için ayrılır. Bazıları serebruma, özellikle de temporal lobun alt ve medial bölgelerinde bulunan birincil koku alma korteksine gider. Diğerleri, kokuların uzun süreli hafıza ve duygusal tepkilerle ilişkilendirildiği limbik sistem ve hipotalamus içindeki yapılara yansır (Kapit ve Elson, 2014). Bazı kokular, kişinin doğum yeri ile ilgili yemek kokusu gibi duygusal anıları bu şekilde tetikler. Koku, serebral kortekse bağlanmadan önce talamusta sinaps yapmayan tek duyu modalitesidir. Koku alma sistemi ile serebral korteks arasındaki bu yakın bağlantı, kokunun hatıraların ve duyguların güçlü bir tetikleyicisi olmasının bir nedenidir. Koku alma hücreleri de dahil olmak üzere nazal epitel, havadaki toksik kimyasallardan zarar görebilir. Bu nedenle, koku alma nöronları nazal epitel içinde düzenli olarak değiştirilir, bundan sonra yeni nöronların aksonları koku ampulünde uygun bağlantılarını bulmalıdır. Bu yeni aksonlar, zaten kranial sinirde bulunan aksonlar boyunca büyürler (Olman, 2022).

Koku, koku moleküllerinin silia zarındaki reseptörlere bağlanmasıyla oluşur ve bu bilgiyi beyne gönderen bir aksiyon potansiyeline neden olur. Bu sistemler, adenilat siklaz ile birlikte G-protein reseptörlerini kullanır. Başlangıçta bilim adamları, moleküllerin doğrudan reseptörlere bağlandığına ve her bir reseptörün potansiyel olarak belirli bir koku tipini tanımladığına inanıyorlardı. Ancak Yoshioka ve ark. daha makul bir teori önerdi, çünkü hidrojen ve izotopu tamamen farklı kokular olarak algılanıyor. Yazarlar bunu "molekül titreşim modeli" adı verilen bir varsayımla ilişkilendirir. Bir madde reseptörüne bağlandığında, substrat elektronların gradyanlarından aşağı inmesine izin verir ve spesifik titreşim enerjileri aracılığıyla bir kimyasal

değişiklik akışına ve ardından beyne sinyal gönderilmesine neden olur (Yoshioka ve Sakakibara, 2013).

Koku alma sistemi dışındaki tüm duyuşal sinyaller, merkezi sinir sistemi aracılığıyla iletilir ve talamusa ve korteksin uygun bölgesine yönlendirilir. Talamus, ön beyinde, duyuşal (aynı zamanda motor) sinyaller için bir takas odası ve aktarma istasyonu olarak hizmet eden bir yapıdır. Duyuşal sinyal talamustan çıktığında, korteksin o belirli duyuyu işlemeye ayrılmış özel alanına iletilir (Boundless, 2023). Birçok araba kazasında beklendiği gibi yüze yapılan künt kuvvet travması, koku alma sinirinin ve ardından koku alma duyusunun kaybına yol açabilir. Bu durum anosmi olarak bilinir. Beynin ön lobu etmoid kemiğe göre hareket ettiğinde, koku alma yolu aksonları parçalanabilir. Profesyonel dövüşçüler sıklıkla yüz ve kafa travması nedeniyle anosmi yaşarlar. Ek olarak, antibiyotikler gibi bazı ilaçlar, koku alma nöronlarının hepsini bir kerede öldürerek anosmiye neden olabilir. Olfaktör sinir içinde akson yoksa, yeni oluşan olfaktör nöronlardan gelen aksonların, onları olfaktör ampul içindeki bağlantılarına götürecektir hiçbir kılavuzu yoktur. Solunum yolu enfeksiyonları veya alerjilerle ilgili inflamatuvar yanıtların neden olduğu gibi, anosminin geçici nedenleri vardır. Koku duyusunun kaybı, yiyeceklerin tatsız olmasına neden olabilir. Koku alma duyusu bozuk bir kişi, yiyeceğin tadına bakabilmek için ek baharat ve baharat seviyelerine ihtiyaç duyabilir. Anosmi, hafif depresyonun bazı sunumlarıyla da ilişkili olabilir, çünkü yemekten alınan zevkin kaybı genel bir umutsuzluk duygusuna yol açabilir. Olfaktör nöronların kendilerini değiştirme yeteneği yaşla birlikte azalır ve yaşa bağlı anosmiye yol açar. Bu, bazı yaşlı yetişkinlerin yiyeceklerini neden gençlerden daha fazla tuzladığını açıklar. Bununla birlikte, bu artan sodyum alımı, kan hacmini ve kan basıncını artırabilir ve yaşlılarda kardiyovasküler hastalık riskini artırabilir (Melinte ve Sarafoleanu, 2019).

İnsan koku alma duyusu, hoş olmayan ve yoğun kokuların düşük büyüklükteki koklamalarla örneklendiği, ancak hoş ve hafif aromaların yüksek büyüklükteki koklamalarla test edildiği koklama tepkisi tarafından desteklenir (Frank vd., 2003). Otizmliler çocukların kokuları modüle etmediklerini ve sonuç olarak çürük balık gibi güçlü kokuları aldıkları bulunmuştur (Rozenkrantz vd., 2015).

### **Dokunma (Somatosensasyon) Reseptörü**

Somatosensasyon, dokunma ve uzuv pozisyonuyla ilişkili duyuşal modaliteler grubudur. Bu yöntemler basınç, titreşim, hafif dokunma, gıdıklama, kaşıntı, sıcaklık, ağrı, propriosepsiyon ve kinesteziyi içerir. Bu, reseptörlerinin özel bir organla ilişkili olmadığı, bunun yerine çeşitli organlarda vücudun her tarafına yayıldığı anlamına gelir. Somatosensoryel reseptörlerin çoğu deride bulunur, ancak reseptörler kaslarda, tendonlarda, eklem kapsüllerinde ve bağlarda da bulunur (Brodal, 2010). Erişilebilir sinir uçları tarafından iletilen iki tür somatosensoryel sinyal, ağrı ve sıcaklıktır. Bu iki modalite, sırasıyla sıcaklık ve ağrı uyaranlarını iletmek için



termoreseptörler ve nosiseptörler kullanır. Yerel sıcaklıklar vücut sıcaklığından farklı olduğunda sıcaklık reseptörleri uyarılır. Bazı termoreseptörler sadece soğuğa ve diğerleri ısıya duyarlıdır. Nosisepsiyon, potansiyel olarak zarar verici uyarıların algılanmasıdır. Belirli bir eşiğin ötesinde mekanik, kimyasal veya termal uyarılar acı verici hisler uyandırır. Stresli veya hasarlı dokular, nosiseptörlerdeki reseptör proteinlerini aktive eden kimyasallar salgılar. Örneğin, baharatlı yiyeceklerle ilişkili ağrı veya ısı hissi, acı biberlerdeki aktif molekül olan kapsaisin içerir. Kapsaisin molekülleri, 37°C'nin üzerindeki sıcaklıklara duyarlı nosiseptörlerde bir transmembran iyon kanalına bağlanır. Bu transmembran iyon kanalına bağlanan kapsaisin dinamikleri, molekülün uzun süre bağlı kalması nedeniyle olağandışıdır. Bu nedenle, aktive edilmiş nosiseptör aracılığıyla diğer uyarıların ağrı duyularını ortaya çıkarma yeteneğini azaltacaktır. Bu nedenle kapsaisin, Icy Hot™ gibi ürünlerde olduğu gibi topikal bir analjezik olarak kullanılabilir. Parmağınızı dokulu bir yüzey üzerinde sürüklerseniz, parmağınızın derisi titrer. Bu tür düşük frekanslı titreşimler, tip I kutanöz mekanoreseptörler olarak da bilinen Merkel hücreleri adı verilen mekanoreseptörler tarafından algılanır. Merkel hücreleri epidermisin stratum bazalesinde bulunur. Katmanlı (Pacinian) cisimcikler, derin basınç ve titreşimi iletir, dermisin veya deri altı dokusunun derinliklerinde bulunan kapsüllü uçlara sahip reseptörler. Dokusal (Meissner's) cisimcikleri olarak bilinen kapsüllenmiş uçlar tarafından hafif bir dokunuş iletilir. Foliküller ayrıca saç folikülü pleksus adı verilen sinir uçlarından oluşan bir pleksusa sarılır. Bu sinir uçları, örneğin bir böceğin cilt boyunca yürümesi gibi, cildin yüzeyindeki kıl hareketini algılar. Derinin gerilmesi, soğanlı cisimcikler olarak bilinen gerilme reseptörleri tarafından iletilir (Chruscik vd., 2021). Soğanlı cisimcikler, Ruffini cisimcikleri veya tip II kutanöz mekanoreseptörlerdir. Diğer somatosensoriyel reseptörler eklemlerde ve kaslarda bulunur. Germe reseptörleri, tendonların, kasların ve eklem bileşenlerinin gerilmesini izler. Bu spazm, kas yırtılmasını önlemek için gerilme reseptörleri tarafından başlatılan bir reflekstir. Bu tür germe reseptörleri ayrıca bir kasın aşırı kasılmasını da önleyebilir. İskelet kası dokusunda bu gerilme reseptörlerine kas içcikleri denir. Golgi tendon organları benzer şekilde tendonların gerilme seviyelerini iletir. Eklem kapsüllerinde, eklem içindeki iskelet sisteminin bileşenlerindeki gerilmeyi ölçen soğanlı cisimcikler de bulunur. Ek olarak, lamelli cisimcikler eklem kapsüllerinin bitişiğinde bulunur ve eklemlerin etrafındaki hareketle ilişkili titreşimleri algılar (Proske ve Gandevia, 2009).

Dokusal duyarlılık OSB'de yaygın olarak görülmektedir (Wiggins vd., 2009). Otizmliler çocuklar dokunulmaktan kaçınırlar, bazı kıyafetleri giymekten hoşlanmazlar ve bazen saçlarını yıkamaktan, fırçalamaktan ve kesmekten nefret eder, diş fırçalamak da ağırlı olabilir, farklı yüzeylere dokunmaktan rahatsız olabilmektedir (Chamak vd, 2008).

### **Düşük Seviyeli Çok Duyusal Entegrasyon**

OSB'lilerde bildirilen atipik algısal deneyimlerin çoğunun, eşzamanlı görsel, işitsel ve dokunsal girdi kanallarını uygun şekilde filtreleme veya işlemedeki yetersizlikten kaynaklandığına inanılmaktadır (O'Neill ve Jones, 1997). Birden fazla alanda girdilerin uygun şekilde sıralanmasını gerektiren duyuşsal yanılışmaların, tipik olarak gelişen bireylere kıyasla otizmde farklı şekilde çalışır (van der Smagt vd., 2007).

Dikkat, duyuşsal işleminin her aşamasını etkiler. Birçok beyin bölgesi, duyuşsal bilgilerin işlenmesi, modülasyonu ve entegrasyonu ile ilgilidir. Dikkat talepleri ve kaynaklarının aracılık ettiği bu hızlı ve çok yönlü iletişim akışını anlamada üstün kollikulus, beyincik ve ön loblar üzerinde özel bir odak vardır (Courchesne vd., 1995). Bu çok yönlü bilgi akışının OSB'li bireyler için bozulmaktadır. Otizimli çocuklar bilginin otomatik işlenmesinde daha fazla zorluk çekebilir ve halihazırda aşırı yüklenmiş dikkat ve çalışan bellek tabanlı ağlara daha fazla güvenebilirler, öyle ki uyaranlar kapasiteye ulaştığında ve kapasiteyi aştığında işleme sistemi başarısız olur (Dunnvd., 2008).

Alanyazında otizmde, alışılmış alıcı tercihleri hiyerarşisinde ve çeşitli duyuşsal modaliteler arasındaki ilişkide bir değişiklik olduğu ileri sürülmüştür. Normalde, görsel ve işitsel keskinlikte veya görsel veya işitsel eşiklerde önemli bir kusur olduğuna dair bir kanıt olmasa da otizmlilerde görme ve işitme gibi uzaklık reseptörlerini daha az kullandığı görülmektedir. Bunun sebebi, davranış görsel ve işitsel kaçınma veya dikkatsizliktir (Goldfarb, 1963). OSB'li bireylerde, eşzamanlı işitsel ve görsel uyaran akışları sunulduğunda (*tipik gelişen çocuklara kıyasla*) yanıt genliğinde azalma belirgin olmaktadır (Courchesne vd., 1995). Araştırmalar, beyindeki aktivitenin hem büyüklüğünün hem de gecikmesinin OSB'deki çok-duyulu işleme açıklarına katkıda bulunabileceğini göstermektedir (Russo vd., 2010).

### **Yüksek Dereceli Çok Duyusal Entegrasyon**

Otizmde özellikle konuşmayı anlama ve üretme sırasında, duyuşsal entegrasyondaki belirgin farklılıklar da karmaşık bir düzeyde belirgindir. Otizimli bireylere sesli ve görsel konuşma uyaranları kademeli olarak sunulduğunda, performans şans düzeyine düşer ve konuşmayı anlamadaki eksiklikleri gösterir (Bebko vd., 2006). McGurk Etkisi gibi OSB'de dilsel işleminin çok modlu yanılışmaları, duyuşsal entegrasyonun uygun olmayan zamanlamasının OSB'de iletişimde görsel eksikliklere katkıda bulunduğunu öne sürer. McGurk Etkisi'nde, görsel yorumlama (*dudak okuma gibi*), konuşulan dilin anlaşılmasını sağlamak için verimli işitsel işleme (*fonem algısı*) ile etkili bir şekilde birleştirilir. Her ikisi de tipik olarak gelişirken ve OSB bireyleri bu görev sırasında iyi performans gösterirken, tipik bireyler görsel geribildirime (*dudak okuma*) OSB'den daha fazla bağımlılık gösterirler (Williams vd., 2004). Her iki grup da McGurk etkisinin görsel geribildirim

bileşeni konusunda eğitildiğinde, OSB katılımcıları performans iyileştirmeleri gösterememektedir (Smith ve Bennetto, 2007). Ayrıca, OSB için gürültülü işitsel ortamlarda görsel geribildirimle güvenmekle elde edilemez. Zorlu çevresel uyaranların mevcudiyetinde belirli duyu uyaranlara "geri çekilememe", bu bozuklukta iyi karakterize edilen iletişim eksikliklerine katkıda bulunabilir (Iarocci vd., 2010).

Otizm spektrumunun temel bir özelliği olduğu bilinen taklit ve empatideki görsel eksiklikler göz önüne alındığında, iletişim eksikliklerinin, çok-duyulu "ayna nöronların" üst düzey bilişsel işlevi kolaylaştırmak için bilgileri birleştirememesinden kaynaklandığı öne sürülmüştür (Oberman ve Ramachandran, 2008). Bununla birlikte, diğerleri, duyu entegrasyonunun, farklı kortikal ve alt kortikal bölgeler arasındaki hızlı bilgi alışverişine bağlı olduğu için, bağlantıdaki bozulmaların büyük olasılıkla nedensel rolü oynadığını öne sürmektedir (Stein ve Stanford, 2008).

## SONUÇ

Yaygın olarak bilinen "5 duyu"nun (*tat, dokunma, işitme, görme ve koku*) yanı sıra otizm spektrumundaki bir kişi iki farklı duyuya aşırı tepki verebilir veya yetersiz tepki verebilir. Vestibüler ve proprioseptif duyu dengesi, motor becerileri ve beden farkındalığını etkiler. Otizmliler bir kişi gördükleri, tattıkları, dokundukları, duydukları ve kokladıkları şeylerden gelen girdileri yorumlamada ve düzenlemede zorluk yaşayabilir. Duyusal algılar korkutucu ve hatta acı verici hale gelebilir ve yüksek kaygı ve erimelere yol açabilir. Otizmi olan birçok insan, günlük duyu bilgileri işlemekte zorluk çeker. Duyusal girdiye karşı aşırı duyarlı (*aşırı duyarlı*) veya hipo duyarlı (*az tepkili*) olabilirler veya parçalanmış veya çarpık algılar yaşayabilirler. Bir kişinin duyu deneyimlere verdiği tepkiler bir günden diğerine dalgalanabilir. Bazı günlerde belirli duyu deneyimler arayabilir, ancak diğer günlerde aynı deneyimden aktif olarak kaçınabilir. Çevrenin değiştirilmesi, duyu işleme güçlükleri için en erişilebilir müdahaledir. Bu, bir çocuğun günlük deneyimlere tepkilerini göz önünde bulundurarak ve bu deneyimlerin aşırı veya hipo duyarlılıklarını gidermek için bu deneyimlerin yönlerini değiştirerek duyu işleme özelliklerini değerlendirmeyi içerir. Otizmliler için duyu davranış farklılıklarının her yerde bulunan doğası göz önüne alındığında, otizm spektrum bozukluklarında birincil duyu resptörlerinin sinirsel temellerini anlamak önemli bir görevdir. Ayrıca, nörofizyolojik veriler arttıkça, duyu işlemedeki farklılıkların, dil gecikmesi (işitsel işleme) ve yüzlerden duyu okumada güçlük (görsel işleme) gibi otizmin temel özelliklerine neden olabileceği görülmektedir. Otizmde anormal duyu işleme, ortak bir özelliği temsil eder ve bir tanı kriteri olarak kabul edilir. Tüm duyu sistemlerin birçok yönünü kapsar ve hem merkezi hem de çevresel kusurlara yol açar. Otizmliler farklı duyu işleme biçimleri, onların gelişimiyle ilgili olabilir, okul ve mesleki performanslarını etkileyebilir. Otizm spektrum bozukluğuna sahip bireyler ve aileleri terapötik

desteğe ihtiyaç duyabilmektedir .Otizmli bireylerin ihtiyaçlarını anlayan ve bunlara uyum sağlayan bir bakış açısı değişikliği gerekli olduğu düşünülmektedir. Otizm spektrum bozukluğundaki duyusal anormallikleri ve sosyal özellikleri, duyusal işlev bozukluklarının içsel çok yönlü doğasına etkili bir şekilde bağlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

## KAYNAKÇA

- Annaz, D., Remington, A., Milne, E., Coleman, M., Campbell, R., Thomas, M. S., & Swettenham, J. (2010). Development of motion processing in children with autism. *Developmental Science*, 13, 826-838. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00939.x>
- APA (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-IV*. American Psychiatric Association.
- Aptekar, R. (2023). *Introductory anatomy and physiology*. LibreTexts.
- Bachevalier, J., & Loveland, K. A. (2006). The orbitofrontal-amygdala circuit and self-regulation of social-emotional behavior in autism. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30, 97-117. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2005.07.002>
- Baranek, G. T., Foster, L. G., & Berkson, G. (1997). Tactile defensiveness and stereotyped behaviors. *American Journal of Occupational Therapy*, 51, 91-95. <https://doi.org/10.5014/ajot.51.2.91>
- Barrett, K., Barman, S., Boitano, S., & Brooks, H. (2015). *Ganong's review of medical physiology*. McGraw-Hill Education.
- Bebko, J. M., Weiss, J. A., Demark, J. L., & Gomez, P. (2006). Discrimination of temporal synchrony in intermodal events by children with autism and children with developmental disabilities without autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47, 88-98. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2005.01443.x>
- Ben, A. S., Hen, L., Fluss, R., Cermak, S. A., Engel, B. Y., & Gal, E. (2009). A meta-analysis of sensory modulation symptoms in individuals with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s10803-008-0593-3>
- Bertone, A., Mottron, L., Jelenic, P., & Faubert, J. (2003). Motion perception in autism: a "complex" issue. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15, 218-225. <https://doi.org/10.1162/089892903321208150>
- Bertone, A., Mottron, L., Jelenic, P., & Faubert, J. (2005). Enhanced and diminished visuo-spatial information processing in autism depends on stimulus complexity. *Brain*, 128, 2430-2441. <https://doi.org/10.1093/brain/awh561>
- Biga, L. M., Dawson, S., Harwell, A., Hopkins, R., Kaufmann, J., LeMaster, M., Matern, P., Graham, K. M., Quick, D., & Runyeon, J. (2019). *Anatomy & physiology*. Oregon State University.
- Binder, M. D., Hirokawa, N., & Windhorst, U. (2009). *Encyclopedia of neuroscience*. Springer.
- Bordoni, B., Mankowski, N. L., & Daly, D. T. (2023). *Neuroanatomy, Cranial Nerve 8*. StatPearls Publishing.
- Boundless (2023). *General biology*. LibreTexts.
- Brodal, P. (2010). *The central nervous system: Structure and function*. Oxford University Press.
- Camarata, S., Miller, L. J., & Wallace, M. T. (2020). Evaluating sensory integration/sensory processing treatment: issues and analysis. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 26, 14:556660. <https://doi.org/10.3389/fnint.2020.556660>
- Chamak, B., Bonniau, B., Jaunay, E., & Cohen, D. (2008). What can we learn about autism from autistic persons? *Psychotherapy and Psychosomatics*, 77, 271-279. <https://doi.org/10.1159/000140086>
- Chandrashekar, J., Hoon, M. A., Ryba, N. J., & Zuker, C. S. (2006). The receptors and cells for mammalian taste. *Nature*, 444 (7117), 288-294. <https://doi.org/10.1038/nature05401>
- Chruscik, A., Kauter, K., Windus, L. & Whiteside, E. (2021). *Fundamentals of anatomy and physiology*. University of Southern Queensland.

- Courchesne, E., Akshoomoff, N. A., Townsend, J., & Saitoh, O. (1995). A model system for the study of attention and the cerebellum: infantile autism. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *44*, 315-325. PMID: 7649039.
- Crane, L., Goddard, L., & Pring, L. (2009). Sensory processing in adults with autism spectrum disorders. *Autism*, *13*, 215-228. <https://doi.org/10.1177/1362361309103794>
- Cushwa, W. (2015). *Human biology*. OpenStax CNX.
- Dalesio, N. M., Ortiz, S. F. B., Pluznick, J. L., & Berkowitz, D. E. (2018). Olfactory, taste, and photo sensory receptors in non-sensory organs: It just makes sense. *Frontiers in Physiology*, *9* (1673), 1-19. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01673>
- Dunn, M. A., Gomes, H., & Gravel, J. (2008). Mismatch negativity in children with autism and typical development. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *38*, 52-71. <https://doi.org/10.1007/s10803-007-0359-3>
- Ekdale, E. G. (2016). Form and function of the mammalian inner ear. *Journal of Anatomy*, *228* (2), 324-337. <https://doi.org/10.1111/joa.12308>
- Felten, D. L., O'Banion, M. K. & Maida, M. S. (2021). *Netter's atlas of neuroscience*. Elsevier.
- Frank, R. A., Dulay, M. F., & Gesteland, R. C. (2003). Assessment of the sniff magnitude test as a clinical test of olfactory function. *Physiology & Behavior*, *78*, 195-204. [https://doi.org/10.1016/s0031-9384\(02\)00965-4](https://doi.org/10.1016/s0031-9384(02)00965-4)
- Frlog, S. H. (2019). *Introductory animal physiology*. Simple Book Publishing.
- George, T. & Bordoni, B. (2022). *Anatomy, head and neck, ear ossicles*. StatPearls Publishing.
- Goldfarb, W. (1963). Self-awareness in schizophrenic children. *Archives of General Psychiatry*, *8* (1), 47. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.1963.01720070049006>
- Grüter, T., Grüter, M., & Carbon, C. C. (2008). Neural and genetic foundations of face recognition and prosopagnosia. *Journal of Neuropsychology*, *2* (1), 79-97. <https://doi.org/10.1348/174866407x231001>
- Henley, C. (2021). *Foundations of neuroscience*. Michigan State University.
- Hernandez, E., & Das, J. M. (2022). *Neuroanatomy, nucleus vestibular*. StatPearls Publishing.
- Hille, B. (2001). *Ion channels of excitable membranes*. Sinauer.
- Hort, J., & Cook, D. (2007). Formulating low-fat food: The challenge of retaining flavour quality. In A. Taylor, & J. Hort (Eds.) *Modifying flavour in food* (pp.131-145). Woodhead Publishing Ltd.
- Iarocci, G., Rombough, A., Yager, J., Weeks, D. J., & Chua, R. (2010). Visual influences on speech perception in children with autism. *Autism*, *14*, 305-320. <https://doi.org/10.1177/1362361309353615>
- Jahangir, M., Avgeropoulos, N., & Samsam, M. (2021). *Epidemiology of brain and spinal tumors*. Academic Press.
- Jemel, B., Mimeault, D., Saint-Amour, D., Hosein, A., & Mottron, L. (2010). VEP contrast sensitivity responses reveal reduced functional segregation of mid and high filters of visual channels in autism. *Journal of Visualization*, *10*, 13. <https://doi.org/10.1167/10.6.13>
- Joyce, C., Le, P. H. & Peterson, D. C. (2022). *Neuroanatomy, cranial nerve 3 (Oculomotor)*. StatPearls Publishing.
- Ju, W. (2018). *Neuroscience*. Simple Book Publishing.
- Kapit, W., & Elson, L. M. (2014). *The anatomy coloring book*. Pearson.
- Kelly, J. (2023). *Biology of aging*. OLI.
- Klin, A. (2008). Three things to remember if you are a functional magnetic resonance imaging researcher of face processing in autism spectrum disorders. *Biological Psychiatry*, *64*, 549-551. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2008.07.028>



- Klinge, C. M., & Rao, C. V. (2008). Cell membrane receptors. *The Global Library of Women's Medicine*. <https://doi.org/10.3843/GLOWM.10282>
- Koh, H.C., Milne, E., & Dobkins, K. (2010). Contrast sensitivity for motion detection and direction discrimination in adolescents with autism spectrum disorders and their siblings. *Neuropsychologia*, 48(14), 4046-4056. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.10.008>
- Kountakis, S. E. (2013). *Encyclopedia of otolaryngology, head and neck surgery*. Springer.
- Kranowitz, C. S. (2014). *Senkronize olamayan çocuk*. Pepino Yayıncılık.
- Kwon, S., Kim, J., Choe, B. H., Ko, C., & Park, S. (2007). Electrophysiologic assessment of central auditory processing by auditory brainstem responses in children with autism spectrum disorders. *Journal of Korean Medical Science*, 22, 656-659. <https://doi.org/10.3346/jkms.2007.22.4.656>
- Lahunta, A. L. & Glass, E. (2009). *Veterinary neuroanatomy and clinical neurology*. Saunders.
- Lake, G. (2019). *Human biology*. New York: State University.
- Lee, A.A., & Owyang C. (2017). Sugars, sweet taste receptors, and brain responses. *Nutrients*, 9 (7), 653. <https://doi.org/10.3390/nu9070653>
- Leekam, S. R., Nieto, C., Libby, S. J., Wing, L., & Gould, J. (2007). Describing the sensory abnormalities of children and adults with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37, 894-910. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0218-7>
- Mangold, S. A. & Das, J. M. (2022). *Neuroanatomy, reticular formation*. StatPearls Publishing.
- Marco, E. J., Hinkley, L. B. N., Hill, S. S., & Nagarajan, S. S. (2011). Sensory processing in autism: A review of neurophysiologic findings. *Pediatric Research*, 69 (2), 48-54. <https://doi.org/10.1203/PDR.0b013e3182130c54>
- Martin, J.H. (2012). *Neuroanatomy text and atlas*. McGraw Hill.
- Marzvanyan, A., & Alhawaj, A.F. (2021). *Physiology, sensory receptors*. StatPearls Publishing.
- Mazefsky, C.A., Herrington, J., Siegel, M., Scarpa, A., Maddox, B.B., & Lawrence M.S.N.S. White, S.W. (2013). The role of emotion regulation in autism spectrum disorder RH: Emotion regulation in ASD. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 52 (7), 679-688. <https://doi.org/10.1203/PDR.0b013e3182130c54>
- McCormick, C., Hepburn, S., Young, G. S., & Rogers, S. J. (2016). Sensory symptoms in children with autism spectrum disorder, other developmental disorders and typical development: A longitudinal study. *Autism*, 20 (5), 572-579. <https://doi.org/10.1177/1362361315599755>
- McHose, A., Range, E., & Carpenter, K. (2022). *Medical terminology*. Simple Book Publishing.
- Melinte, V., & Sarafoleanu, C. (2019). Congenital anosmia: A case report. *Romanian Journal of Rhinology*, 9 (35), 161-164. <https://doi.org/10.2478/rjr-2019-0020>
- Miller, E.J., & Lappin, S.L. (2022). *Physiology, cellular receptor*. StatPearls Publishing.
- Moini, J., Avgeropoulos, N.G., & Samsam, M. (2021). *Epidemiology of brain and spinal tumors*. Academic Press.
- Molnar, C., & Gair, J. (2015). *Concepts of biology*. BCcampus.
- Mouton, A. (2021). *Biology for majors II*. Simple Book Publishing.
- National Research Council (1989). *Opportunities in biology*. The National Academies Press.
- Oberman, L. M., & Ramachandran, V. S. (2008). Preliminary evidence for deficits in multisensory integration in autism spectrum disorders: the mirror neuron hypothesis. *Social Neuroscience*, 3, 348-355. <https://doi.org/10.1177/1362361315599755>
- Olman, C. (2022). *Introduction to sensation and perception*. University of Minnesota Libraries Publishing.



- O'Neill, M., & Jones, R. S. (1997). Sensory-perceptual abnormalities in autism: a case for more research? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 27, 283-293. <https://doi.org/10.1023/a:1025850431170>
- Parron, C., Da Fonseca, D., Santos, A., Moore, D. G., Monfardini, E., & Deruelle, C. (2008). Recognition of biological motion in children with autistic spectrum disorders. *Autism*, 12, 261-274. <https://doi.org/10.1177/1362361307089520>
- Proske, U., & Gandevia, S. C. (2009). The kinaesthetic senses. *The Journal of physiology*, 587 (17), 4139-4146. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.175372>
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Katz, L. C., LaMantia, A. S., O McNamara, J., & Williams, S. M. (2001). *Neuroscience*. Sinauer Associates.
- Quah, S. R. (2017). *International encyclopedia of public health*. Academic Press.
- Rehman, I., Hazhirkarzar, B. & Bhupendra, B. C. (2022). *Anatomy, head and neck, eye*. StatPearls Publishing.
- Rodier, P.M. (2002). Converging evidence for brain stem injury in autism. *Development and Psychopathology*, 14, 537-557. <https://doi.org/10.1017/S0954579402003085>
- Rolls, E. T. (2004). Multisensory neuronal convergence of taste, somatosensory, visual, olfactory and auditory inputs. In G. Calvert, C. Spence, & B. Stein (Eds.). *The handbook of multisensory processes*. MIT Press.
- Rolls, E. T., & Scott, T. R. (2003). Central taste anatomy and neurophysiology. In R. L. Doty (Eds.) *Handbook of olfaction and gustation* (pp. 679-705). Marcel Dekker.
- Rozenkrantz, L., Zachor, D., Heller, I., Plotkin, A., Weissbrod, A., Snitz, K., Secundo, L., & Sobel, N. (2015). A Mechanistic Link between Olfaction and Autism Spectrum Disorder. *Current Biology*, 25 (14), 1904-1910. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.05.048>
- Russo, N., Foxe, J. J., Brandwein, A. B., Altschuler, T., Gomes, H., & Molholm, S. (2010). Multisensory processing in children with autism: High-density electrical mapping of auditory-somatosensory integration. *Autism Research*, 3, 253-267. <https://doi.org/10.1002/aur.152>
- Russo, N., Nicol, T., Trommer, B., Zecker, S., & Kraus, N. (2009). Brainstem transcription of speech is disrupted in children with autism spectrum disorders. *Developmental Science*, 12, 557-567. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00790.x>
- Schreck, K. A., & Williams, K. (2006). Food preferences and factors influencing food selectivity for children with autism spectrum disorders. *Research in Developmental Disabilities*, 27, 353-363. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2005.03.005>
- Schultz, R. T. (2005). Developmental deficits in social perception in autism: the role of the amygdala and fusiform face area. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 23, 125-141. <https://doi.org/10.1016/j.ijdevneu.2004.12.012>
- Sherrington, C. S (1906). *The integrative action of the nervous system*. Cambridge University Press.
- Smith, E. G., & Bennetto, L. (2007). Audiovisual speech integration and lipreading in autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48, 813-821. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2007.01766.x>
- Sotnikov, O. S. (2006). Sensory innervation of the brain (primary interoceptor neurons of the brain and their synaptic dendrites). *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 36 (5), 453-462. <https://doi.org/10.1007/s11055-006-0039-3>
- Squire, L. R. (2009). *Encyclopedia of neuroscience*. Academic Press.
- Stangor, C. & Walinga, J. (2014). *Introduction to psychology*. BCcampus.

- Stein, B. E., & Stanford, T. R. (2008). Multisensory integration: current issues from the perspective of the single neuron. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, 255-266. <https://doi.org/10.1038/nrn2377>
- Strathern, L. (2021). Getting graded: Teaching principles of chemical synaptic transmission without action potentials. *Journal of Undergraduate Neuroscience Education*, 19 (2), R28-R30. PMID: 34552445
- Suarez, M. A. (2012). Sensory processing in children with autism spectrum disorders and impact on functioning. *Pediatric Clinics of North America*, 1, 203-214. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2011.10.012>
- van der Smagt, M. J., van Engeland, H., & Kemner, C. (2007). Brief report: Can you see what is not there? Low-level auditory-visual integration in autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37, 2014-2019. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0346-0>
- Vlamings, P. H., Jonkman, L. M., van Daalen, E., van der Gaag, R. J., & Kemner, C. (2010). Basic abnormalities in visual processing affect face processing at an early age in autism spectrum disorder. *Biological Psychiatry*, 68, 1107-1113. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2010.06.024>
- Warren, E. J., Allen, C. N., Brown, R. L., & Robinson, D. W. (2003). Intrinsic light responses of retinal ganglion cells projecting to the circadian system. *European Journal of Neuroscience*, 17 (9), 1727-1735. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.2003.02594.x>
- Waxman, S. G. (2016). *Clinical neuroanatomy*. McGraw Hill.
- White, H. J., Helwany, M., Biknevičius, A. R. & Peterson, D. C. (2023). *Anatomy, Head and neck, ear organ of corti*. StatPearls Publishing.
- Whitehouse, A. J., & Bishop, D. V. (2008). Do children with autism 'switch off' to speech sounds? An investigation using event-related potentials. *Developmental Science*, 11, 516-524. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00697.x>
- Wiggins, L. D., Robins, D. L., Bakeman, R., Adamson, L. B. (2009). Brief report: sensory abnormalities as distinguishing symptoms of autism spectrum disorders in young children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39, 1087-1091. <https://doi.org/10.1007/s10803-009-0711-x>
- Williams, J. H., Massaro, D. W., Peel, N. J., Bosseler, A., & Suddendorf, T. (2004). Visual-auditory integration during speech imitation in autism. *Research in Developmental Disabilities*, 25, 559-575. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2004.01.008>
- Witt, M. (2019). Anatomy and development of the human taste system. *Handbook of Clinical Neurology*, 164, 147-171. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63855-7.00010-1>
- Yoshioka, T., & Sakakibara, M. (2013). Physical aspects of sensory transduction on seeing, hearing and smelling. *Biophysics*, 9, 183-191. <https://doi.org/10.2142/biophysics.9.183>

## **EXTENDED ABSTRACT**

### **Introduction**

Autism Spectrum Disorders (ASD) are clinically defined by impairment in communication, social interaction, and behavioral flexibility. Children with ASD often use body language and eye contact, social interactions, establishing and maintaining relationships, sensory input, rigid behavior, intense and unusual interests, delayed speech, using only a few gestures (waving, clapping, pointing), and calling someone's name. Not responding when called out, avoiding eye contact, not sharing pleasures or interests with others, unusual ways of moving hands, fingers, or the whole body being very focused or attached to unique objects, imitating or imitating others minimal, unusual sensory interests, repeating things over and over rituals such as repetition or ordering objects, forming friendships, pretending, knowing how to behave in different social situations, unusual, intense interest in specific topics or activities.

### **Method**

In this direction, the "document scanning - literature review" method was used for data collection in the study. The study presented a general perspective on sensory systems and their relationship with autism.

### **Results**

Autism spectrum disorder is a brain disorder that begins early in life. It affects social communication and interaction and is accompanied by repetitive and narrow patterns of behavior or interest. Autism spectrum disorder is a cognitive disorder that includes the inability to associate the sensory experience with memory. In this context, the individual's use of receptor systems to obtain meaningful sensory information about their environment is a critical issue for the study and treatment of autism. The individual develops a harmonious interaction with his environment through sensory receptors such as sight, hearing, touch, taste, and smell. An autistic individual has serious adaptation problems and functional problems in using receptors. Clinical observations have extensively reported that distant receptors such as hearing and vision are avoided and close receptors such as touch, smell and taste are preferred. This type of atypical sensory-based behavior is a crucial feature of autism spectrum disorders.

### **Discussion & Conclusion**

In addition to the commonly known "5 senses" (taste, touch, hearing, sight, and smell), a person on the autism spectrum may overreact or underreact to two different senses. Vestibular and proprioceptive senses affect balance, motor skills, and body awareness.

People with autism may have difficulty interpreting and organizing input from what they see, taste, touch, hear, and smell. Sensory perceptions can become frightening and painful, leading to high anxiety and meltdowns. A person's responses to sensory experiences can fluctuate from day to day. He may seek specific sensory experiences on some days but actively avoid the same experience on other days. Changing the environment is the most accessible intervention for sensory processing difficulties. This includes assessing sensory processing characteristics by considering a child's reactions to everyday experiences and altering aspects of those experiences to address their hyper- or hypo-sensitivity. Many people with autism have difficulty processing everyday sensory information. They may be hypersensitive (oversensitive) or hypersensitive (under-reactive) to sensory input or experience fragmented or distorted perceptions. Given the ubiquitous nature of sensory behavior differences for individuals with autism, understanding the neural underpinnings of primary sensory receptors in autism spectrum disorders is an important task. In addition, as neurophysiological data increases, it appears that differences in sensory processing may cause key features of autism, such as language delay (auditory processing) and difficulty reading emotion from faces (visual processing).