



Nörogelişimsel Bozukluklar ve Duyusal İşleme

Neurodevelopmental Disorders and Sensory Processing

© Furkan Türer¹, © Sezen Köse²

¹Çorlu Devlet Hastanesi, Çocuk ve Ergen Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Kliniği, Tekirdağ, Türkiye

²Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Çocuk ve Ergen Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

ÖZ

Duyusal işleme beynin dokusal, görsel, işitsel, koku, tat, vestibüler, proprioceptif ve interoceptif duyu aracılığıyla aldığı uyarıları koordine edip bütünleştirmesi ve uygun yanıtlar oluşturması şeklinde tanımlanmaktadır. Sağlıklı bireylerde duyu işleme özelliklerinde kişilerarası farklılıklar görülebilirken bazı psikopatolojilerde duyu profilde özgün farklılıklar ve duyu işleme sorunlarıyla karşılaşmaktadır. Otizm spektrum bozukluğu başta olmak üzere dikkat eksikliği hiperaktivite bozukluğu, zihinsel yetersizlik, tik bozukluğu ve Tourette sendromu gibi birçok nörogelişimsel bozuklukta (NGB) duyu işleme ile ilgili farklılıklar ve bu farklılıklarla ilişkili klinik durumlar mevcuttur. Bu yazıda NGB'de duyu işleme ile ilgili çalışmalar gözden geçirilerek derlenmiştir. Çalışmaların sonuçlarına göre NGB'de duyu işleme ile ilgili farklılıklar ve sorunlar eşlik ettiğinde semptom şiddeti, komorbiditeler, uyum davranışları, işlevsellik, günlük yaşam aktiviteleri ve aktivitelere katılım etkilenmektedir. Duyu işleme sorunlarının temelini periferik ve santral duyu sistemlerindeki farklılıklara dayandığı düşünülürken nörofizyolojik ve nörogörüntüleme çalışmalarında bu sorunların altındaki mekanizmalar açıklanmaya ve aydınlatılmaya çalışılmaktadır. Bu bağlamda temel mekanizmaların somatosensöriyel inhibisyon, duyu kapılama, çoklu duyu bütünleştirme kusurları ve gama aminobütirik asit konsantrasyonundaki farklılıklarla ilişkili olduğu düşünülmektedir. NGB'de duyu işleme yönelik artan sayıda güncel çalışmalar mevcuttur. Bu alanda daha fazla sayıda nörofizyoloji ve nörogörüntüleme teknikleriyle desteklenen randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır. Duyu özelliklerinin eşlik ettikleri NGB'nin klinik semptomlarıyla ilişkili olması nedeniyle çocuk ve gençlerin klinik değerlendirilmesinde ve tedavi programlarında bu özelliklerin göz önünde bulundurulması önem kazanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Nörogelişimsel bozukluklar, duyu işleme, otizm spektrum bozukluğu, dikkat eksikliği/hiperaktivite bozukluğu, zihinsel yetersizlik, tik bozukluğu, Tourette sendromu

ABSTRACT

Sensory processing is defined as the coordination and integration of the sensory inputs received by the brain through the tactile, visual, auditory, olfactory, gustatory, vestibular, proprioceptive and interoceptive senses, and generating appropriate responses. Although interpersonal differences in sensory processing exist among healthy individuals, specific differences in sensory profile and sensory processing problems are encountered in some of the psychopathologies. Variations in sensory processing and associated clinical conditions are present among many neurodevelopmental disorders (NDDs) including principally autism spectrum disorder and others such as attention-deficit/hyperactivity disorder, intellectual disability, tic disorder and Tourette's syndrome. In this article, studies on sensory processing in NDDs are reviewed. According to studies; symptom severity, comorbidities, adaptive behaviors, functionality, daily life activities, and participation in activities are associated with sensory processing differences and difficulties in NDDs. The sensory processing difficulties are posited to be based on differences in the activity of peripheral and central sensory systems. Neurophysiological and neuroimaging studies have tried to explain and enlighten the mechanisms underlying these problems. In this context, the main mechanisms are thought to be related to somatosensory inhibition, sensory gating, multiple sensory integration defects, and differences in gamma aminobutyric acid concentrations. There have been an increasing number of recent studies on sensory processing in NDDs. In this field, further randomized controlled studies supported by neurophysiological and neuroimaging techniques are needed. Due to the relationships between sensory processing features and the clinical symptoms of NDDs that they accompany, those features should be borne in mind in clinical evaluations and in treatment programs of children and adolescents.

Keywords: Neurodevelopmental disorders, sensory processing, autism spectrum disorder, attention-deficit/hyperactivity disorder, intellectual disability, tic disorder, Tourette's syndrome

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Furkan Türer, Çorlu Devlet Hastanesi, Çocuk ve Ergen Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Kliniği, Tekirdağ, Türkiye

Tel.: +90 543 887 83 46 **E-posta:** drfurkanturer@gmail.com **ORCID:** orcid.org/0000-0002-7328-1849

Geliş Tarihi/Received: 14.05.2021 **Kabul Tarihi/Accepted:** 08.12.2021

©Telif Hakkı 2023 Türkiye Çocuk ve Genç Psikiyatrisi Derneği / Çocuk ve Gençlik Ruh Sağlığı Dergisi, Galenos Yayınevi tarafından yayınlanmıştır. Alıntı-GayriTicari-Türetilemez 4.0 Uluslararası (CC BY-NC-ND 4.0) Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.



Giriş

Çocuklarda beceri gelişimi ve becerilerin uygulanması temel duyuşal sistemlerden gelen bilginin işlenmesine bağılıdır. Duyuşal uyarınların işlenmesindeki bozuklukların çocukların öğrenme kapasitesini ve toplumsal ilişkileri etkileyebilecek davranış kalıplarının edinilmesi ve yerleşmesinde rol alabileceğı belirtilmektedir.¹ Ruşsal Bozuklukların Tanısal ve İstatistiksel El Kitabı - Beşinci Basım (DSM-5), duyuşal anormallikleri otizm spektrum bozukluğunun (OSB) belirtileri içerisinde saysa da araştırmacılara göre duyuşal anormallikler OSB'ye özgün değıildir.² Duyuşal profil farkları hem tipik gelişim gösteren çocuklarda hem de OSB, dikkat eksikliği hiperaktivite bozukluğu (DEHB) ve zihinsel yetersizlik (ZY) gibi nörogelişimsel bozukluk tanıları alan klinik popülasyonda gösterilmiştir.^{1,2} Nörogelişimsel bozukluklar (NGB), genetik ve epigenetik/çevresel düzeneklerden etkilenen beyin gelişimi bozukluklarından köken almaktadır. NGB fiziksel ve psikososyal gelişimin erken döneminde başlar, belirtileri sıklıkla çocuk okula başlamadan önce ortaya çıkar ve heterojen bir gelişimsel yetersizlik grubunu içerir.^{3,4} Bu bozukluklar motor, dil, bilişsel, akademik, sosyal ve uğraş becerilerinde çeşitli derecelerde bozulmalarla kendilerini göstermektedir.^{3,4} DSM-5'te bu kategori ZY, iletişim bozuklukları, OSB, DEHB, özgül öğrenme bozukluğu, motor bozukluklar ve diğere NGB olarak sınıflandırılmakta ve bu bozuklukların sık olarak birlikte görülebileceğı bildirilmektedir.

Bu yazıda, önce duyuşal işleme/duyuşal bütünleme kavramı ardından NGB'den OSB, DEHB, ZY ve tik bozukluğu olan çocuklardaki duyuşal işleme alanında yapılan çalışmalar aktarılacaktır.

Duyuşal İşleme

Duyuşal sistem işitsel, görsel, gustatuar (tat), olfaktör (koku), somatosensöriyel (dokunma, proprioseptif), vestibüler, interoseptif (açlık, sindirim, kalp atım hızı, solunum gibi içsel işlevlerin düzenlenmesinde yer alan duyuşal sistemler gibi birçok alt birimden oluşmaktadır.⁵ Kişinin çevrenin taleplerine uygun ve uyumlu yanıtlar geliştirebilmesi için çevreden ve bedeninden gelen duyuşal uyarınları organize edip, uygun şekilde bütünleştirebilmesi gerekmektedir.⁶ Organizasyon sürecinden itibaren, merkezi sinir sistemi sürekli olarak alınan duyuşal bilgileri ve bu bilgilerin tetiklediğı yanıtları seçer, engeller veya geliştirir. Bilgilerin karşılaştırılması, ilişkilendirilmesi ve bütünleştirilmesi ise deneyimler ve amaca yönelik etkinlikler ile gerçekleşir. Çevresiyle süregelen bir etkileşim içerisindeki beyin, çevreyle etkileşimi kurabilmek ve planlayabilmek için farklı kavramlar ve yetenekler geliştirir.⁷

Duyuşal uyarınlar kimyasal (kemoreseptör), mekanik (mekanoreseptör), ışıkla (fotoreseptör) ve ısıyla ilgili (termoreseptör) alıcılar tarafından algılanır ve çevreselden merkezi sinir sistemine doğru giderek karmaşıklaşan basamaklarda işlenir. Beden duyuşu ve işitme ile ilgili uyarınlar beyin sapında ara nöronlarda işlenerek talamusta görsel, işitsel ve beden duyuşu kaynaklı uyarınlarla ilişkili talamik çekirdeklere iletilirler. Bu çekirdeklere uyarınların

yoğunluğu, lokalizasyonu, şekli gibi bilgiler kodlanarak uyarınlar birincil duyuşal kortekse iletilir. Birincil duyuşal korteksin ardından duyuşal sinyaller çoklu duyuşal uyarınların işlenmesinden sorumlu daha ileri organizasyon alanlarına iletilir ve işlenirler. Superior kolikulus, posterior parietal korteks gibi alanlar çoklu duyuşal işlemeyle sorumludur. Ek olarak serotoninin birincil duyuşal kortekste algılanan duyuşaların haritalandırılmasında önemli rol aldığı düşünülmektedir. Beden kaynaklı duyuşaların işlendiğı alandan talamusa uzanan yolların da olduğu ve bu yolların ara nöronlar üzerinde uyarıcı ve baskılayıcı etkiler gösterebildiğı bilinmektedir.⁸ İnsula, hipotalamus, hipokampus, para-hipokampal girus, amigdala, mamiller cisim, septal çekirdek gibi bölgeleri içeren limbik sistem alanları da duyuşal modülasyonda önemli olup ön beyin limbik sistemindeki yapısal anormalliklerin duyuşal düzenlemeyi bozarak emosyonel sorunlara yol açabileceğı düşünülmektedir.⁹

Duyuşal işleme ya da duyuşal bütünleme kişinin günlük yaşam etkinliklerine katılımını sağlamak amacıyla beyin çoklu duyuşal bilgileri alıp bütünleştirebilmesini ifade etmektedir.¹⁰ Gelen duyuşal bilgiler, uygun motor ve bilişsel yanıtlar oluşturmak üzere beyin ilgili alanlarına yönlendirilip işlenmektedir.

Duyuşal bütünleme sorunları ilk kez 1963'te Ayres tarafından tanımlanmış, duyuşal işlemeyle ilgili çocukların öğrenme, gelişim, duyuşal ve davranışsal özellikleri ile ilişkili olmasının yanı sıra pek çok işlevsel sorunla duyuşal işleme sorunlarının da ilişkili olduğu ortaya konulmuştur. Duyuşal özellikler, "artmış duyuşal yanıtlılık", "azalmış duyuşal yanıtlılık" ve "duyuşal arayış" olmak üzere üç temel başlıkta incelenmektedir.

Artmış duyuşal yanıtlılığa sahip bireyler duyuşal uyarınlarla daha hızlı, yoğun ve uzun süreli yanıtlar vermekte, bu yanıtlar bir veya birden çok duyuşal uyarınla ilişkili olabilmektedir. Bu yanıtlar genellikle beklenmedik durumlarda veya bir durumdan diğere geçerken kendini göstermektedir.¹¹ Artmış duyuşal yanıtlılıkla ilişkili davranışlar aktif, olumsuz, dürtüsel veya agresif tepkilerden daha pasif geri çekilme veya duyumdan kaçınmaya kadar değıişebilir. Bu duyuşal profili ile ilişkili duyuşal tepkiler arasında sinirlilik, huysuzluk, isteksizlik veya yetersiz sosyalleşme yer alır. Bu duyuşal özelliklere sahip bireyler genellikle katı ve kontrol edicidir. Azalmış duyuşal yanıtlılığa sahip bireyler duyuşal uyarınlarla yanıt vermeyebilir ya da uyarınları görmezden gelebilir. Bu tutum ilgisizlik, topluma yönelik ve keşfedici davranışlarda eksiklikle kendini gösterebilir. Bu bireyler ağrıya (örn., çarpmalar, düşmeler, kesikler) veya aşırı sıcaklıklara (sıcak veya soğuk) düşük yanıt verirler. Genelde "içine kapanık, dikkatsiz, tembel ve motivasyonsuz" olarak değerlendirilir, erken çocukluk döneminde ise "kolay çocuk" olarak nitelendirilebilirler. Dokunsal ve proprioseptif sistemler açısından bu profil dispraksi ve motor beceri sorunları ile ilişkili olabilir. Duyuşal arayışa sahip bireyler ise alışılmadık miktarda ve tipte duyuşal uyarınları gereksinir, baharatlı yiyecekler, yüksek sesler, görsel olarak uyarıcı nesnelere, sürekli dönme gibi yoğun hisler yaratan eylemlere düşkün olabilirler. Bu duyuşal profil çarpma, vurma, zıplama, dürtüsellik gibi davranışlarla ilişkili olabilir ve diğere bu davranışları sosyal açıdan uygunsuz veya

dikkat çekme amaçlı olarak değerlendirilebilirler. Bu bireylerdeki duyu arayış olağan keşfetme güdüsünün ötesine geçebilir ve onların “sorunlu, riskli, tehlikeli” olarak görülmesine neden olarak disiplin sorunlarına neden olabilir. Ek olarak aşırı duyu arayış bireylerin dikkat ve öğrenmesini olumsuz etkileyerek günlük yaşam etkinliklerini bozabilir.¹¹

Dunn¹² tarafından bireylerin uyarılara verdikleri yanıtlar ve nörolojik eşikleri esas alınarak duyu işleme sorunları “duyu hassasiyet”, “düşük kayıt”, “duyu arayış”, “duyu kaçınma” şeklinde dört başlıkta sınıflandırılmıştır. Düşük kayıt, yüksek uyarılma eşiği nedeniyle uyarıların işlenmesinde zorluklarla ilişkilidir. Bu çocuklar donuk, ilgisiz, yorgun, içe kapanık, apatik görünebilirler ve katılımlarını sağlamak için dikkat çekici, yoğun, renkli, hareketli uyarılar gerekebilir. Duyusal hassasiyetleri olan çocukların uyarılma eşikleri düşüktür. Dikkatlerinin kolayca çelinebilmesi ve aşırı hareketlilikleri nedeniyle görevlerini tamamlamakta zorlanırlar. Bu çocukların dikkatlerini sürdürürebilmeleri için uyarılma

düzeylerini artırabilecek uyarılardan kaçınılmalıdır. Duyusal arayış, yüksek uyarılma eşiği dolayısıyla duyu deneyimleri artırma güdüsüyle ilişkilidir. Bu çocuklar devamlı gürültü çıkarabilirler, kıpır kıpırdırlar, insanlara ve nesnelere dokunma, sürekli bir şeyler çiğneme eğilimindedirler. Bu duyu arayış dürtüsellik ve motor becerilerin düzenlenmesinde sorunlarla da ilişkili olabilir. Duyusal kaçınma ise düşük uyarılma eşiği nedeniyle yeni uyarılara direnç ve etkinliklere katılıma isteksizlikle ilişki göstermektedir. Bu profildeki çocuklar günlük yaşam etkinliklerini yürütebilmek için tanıdık ve kabul edilebilir uyarıları tercih eder, alışılmadık uyarıları sınırlandırabilmek için ritüeller geliştirirler.

Duyusal işleme sorunlarının genel toplumda %16,0 oranında bulunduğu tahmin edilmekle birlikte, özellikle nörogelişimsel sorunları olan çocuklarda bu oran daha yüksek olabilir.¹³ Çocuklarda duyu işleme sorunlarını düşündüren örnekler Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çocuklarda görülebilecek duyu işleme sorunlarına örnekler*

İşitsel işleme	Yüksek sestene ya da beklenmedik seslerden rahatsızlık duyma
	Yüksek sesli ortamlarda kulaklarını kapatma
	Anlamsız, tuhaf sesler çıkararak bunlardan zevk alma
	Alışveriş merkezi, doğum günü partisi gibi gürültülü ortamlardan uzak durma ya da bu ortamları tercih etme
Görsel işleme	Işık nesnelere, lunapark gibi ışıklı ve renkli ortamlardan hoşlanma ya da bu fazla tepki gösterme, uzak durma
	Etrafta fazla hareketlilik olduğunda ya da hareketli nesnelere seyrederken rahatsızlık duyma
Koku duyusunun işlenmesi	Keskin kokulara tahammül etmekte güçlük
	Başkalarının alamadığı kokulardan rahatsızlık duyma
	Nesneleri, yemekleri koklamaya karşı aşırı ilgi duyma
Dokunsal işleme	Vücuduna dokunulmasından hoşlanmama ya da fazlasıyla hoşlanma
	İnsanlara ve nesnelere dokunmaya karşı artmış ilgi duyma
	Saç kestirme, saçların taranması, diş fırçalama gibi işlemlerden rahatsız olma
	Kum, çim, ıslak zemin gibi yüzeylere basmaktan hoşlanmama ya da bu yüzeylere basma isteği
	Düştüğünde ya da bedenini çarptığında ağrı hissi duymama ya da aşırı ağrı hissi tarifleme
	Peynir, şeftali gibi belli besinleri yüzeylerinden rahatsız olduğu için tercih etmeme
Tat duyusunun işlenmesi	Kıyafet etiketlerinden, dikişlerinden, düğmeler gibi belli parçalarından ya da şapka, bere, çorap gibi kıyafetlerden rahatsız olma
	Yemek seçme ya da aynı yemeği yeme konusunda ısrarcı olma
	Yiyeceklerin kıvamına ve ısısına duyarlı olma
	Nesneleri ağza götürme ya da yalama eğiliminde olma
	Yiyeceklerin baharatlarını, şekerini ya da tuzunu algılamada güçlük duyma ya da tercih etmeme
Vestibüler/hareket/vücut pozisyonu işlenmesi	Keskin aroması olan yiyecekleri tercih etme ya da bu yiyeceklerden hoşlanmama
	Araba, tren gibi hareketli taşıtlardan rahatsız olma/korkma
	Dönmek, koşmak, zıplamak, sallanmak gibi hareketli aktivitelerden aşırı hoşlanma ya da korkmak
	Devamlı hareket halinde olmak isteme
	Merdiven inme, tırmanma gibi aktivitelerde denge sorunları yaşama, düşme, takılma ya da yükseklik/düşme korkusu
Hareketlerini kontrol etmekte güçlük çekme	

*Örnekler Şuay Aydın M, Adölesan/Yetişkin Duyu Profili Anketi Türkçe Uyarlamasının Geçerlilik Güvenilirlik Çalışması, 2015, Ankara yüksek lisans tezinden ve derlemede kullanılan makalelerden derlenerek hazırlanmıştır

Nörogelişimsel Bozukluklar

Nörogelişimsel bozukluklar (NGB) erken başlangıçlı, nörobilişsel eksiklikler ve merkezi sinir sistemi gelişiminde sapmalarla giden birçok bozukluğu içine alan bir gruptur. DEHB, OSB, özgül öğrenme güçlüğü, iletişim bozuklukları, ZY, motor bozukluklar (gelişimsel koordinasyon bozukluğu, tekrarlayıcı hareket bozukluğu, tik bozuklukları) bu grupta yer almaktadır. Duygudurum bozuklukları, şizofreni gibi düzelme ve yinelemelerle karakterize diğer nöropsikiyatrik hastalıklardan farklı olarak NGB'ler bireyin gelişimi boyunca sabit bir seyir gösterirler. Bu bozukluklar erkeklerde daha sık görülmektedir. Kalıtsallıkları yüksek olsa da etiyolojileri çok faktörlü olarak değerlendirilmektedir. Bu bozukluklar ve belirti kümeleri kendi aralarında yüksek düzeyde örtüşme göstermektedir.^{3,14}

Otizm Spektrum Bozukluğu Olgularında Duyusal İşleme

Duyusal hassasiyetlerin DSM-5 ile OSB'nin tanı ölçütlerine eklenmesiyle duyusal işleme sorunlarının değerlendirilmesi tanısal sürecin bir parçası haline gelmiştir.³ Duyusal semptomların ergenlik ve yetişkinliğe kadar devam ettiğine dair artan kanıtlara rağmen, ileri yaş grupları için değerlendirme normları kısıtlıdır ve pediatrik grupta saptanan profil ile uygun işlevsel hedeflerin belirlenememesi gibi sorunlar mevcuttur.¹⁵

Otizmin çekirdek belirtilerinden biri haline gelen atipik duyusal işleme OSB'li çocukların %95,0'ine varan oranlarda görülmektedir. Bu atipik işleme duyusal yanıtılıkta azalma, duyusal arayış, duyusal kaçınma ve duyusal hassasiyetler şeklinde görülebilir. OSB'de en yaygın görülen profil duyusal yanıtılıkta azalma olsa da bu bulgunun yaşla birlikte değişebileceği ve bu profili duyusal yanıtılıkta artma ve duyusal arayışın takip edebileceği bildirilmiştir.¹⁶ OSB'li çocuklarda diğer gelişimsel yetersizlikleri olan veya nörotipik çocuklara oranla daha fazla duyusal semptom mevcuttur. Bu semptomlara yönelik değerlendirmelerde OSB'li çocuklarda dokunsal hassasiyetler, işitsel filtreleme sorunları, tat ve koku yanıtlarında bozulma ve sapmalar tespit edilmiştir.¹⁷ OSB'li bireylerde duyusal tepkilerin, aynı kişide duyusal uyaranlara hem artmış hem de azalmış tepkisellik şeklinde dalgalanabileceği de gösterilmiştir.¹⁸ Çalışmalara göre OSB'li bireylerin %42,0-88,0'i artmış duyusal yanıtılığa sahiptir.¹⁹ Bu artmış duyusal yanıtılık bireyin günlük yaşamını etkilemekte ve işitsel, görsel, dokunsal, tat gibi duyusal uyaranlara karşı ortaya çıkabilmektedir. Parlak ışıklar, alışveriş merkezleri veya trafikte karşılaşılabilecek sesler, belli dokuların ve etiket, düğme gibi materyallerin deriyle teması, belli dokulardaki ve tatlardaki yiyecekler bu bireyler için rahatsız edici olabilmektedir.¹⁹ OSB'li bireylerde duyusal hassasiyetler dokunulmaktan hoşlanmama, belirli dokulardaki kıyafetlerden ve kıyafetlerin etiketlerinden rahatsızlık duyma, tadı veya dokusu nedeniyle birtakım yemekleri yemeyi reddetme ya da sürekli belli yemekleri yeme konusunda direnç gösterme, zaman zaman şırınga ile beslenmek zorunda kalma, ışıklardan rahatsızlık duyma, diğer insanların fark etmediği sesleri işitme, günlük yaşamla ilişkili seslerden ve birtakım cihazların seslerinden rahatsızlık duyma gibi belirtilerle kendini gösterebilmektedir.²⁰

Artmış duyusal yanıtılık ve duyusal arayış 6-9 yaş grubunda zirveye çıkmakta ve sonrasında azalmaktadır.²¹ Azalmış duyusal yanıtılık ise gelişimin daha erken dönemlerinde görülür ve yaşla birlikte şiddeti azalmaktadır. Duyusal semptomlar uyuma yönelik davranışlar, rutin günlük aktiviteler, beslenme ve uyku ile ilişkilidir. Bu semptomlar aynı zamanda kısıtlı ilgi alanları ve tekrarlayıcı davranışlarda artışa sosyal işlevsellikte ise azalmaya neden olmaktadır. Duyusal semptomların yaşla değişimini inceleyen çalışmalarda çelişkili veriler elde edilmiştir.²¹ Otizmde duyusal özelliklerin yaşla değişimi nörotipik bireylerden farklılık göstermektedir. OSB'li grupta görsel ve işitsel hassasiyetler ileri yaşlarda azalırken tipik gelişim gösteren bireylerde bu hassasiyetler yaşla artış göstermektedir. Yine ileri yaştaki OSB'li bireylerde zamana bağlı olarak düzelme göstermeyen düşük dokunsal uyarılma eşiği dışında anormal duyusal işlemenin daha az olduğu gösterilmiştir.²⁰ OSB'de seçici dikkat duyusal özelliklerle ilişkilendirilmektedir. Nesnelere temel özelliklerine abartılı odaklanma, çocukların sesler, görüntüler ve dokunuşlarla ilgili deneyimlerini artırabilir ve aşırı tepkileri tetikleyebilir. Ayrıca, OSB'li çocukların nesnelere yüzey özellikleriyle (nesnenin ucunun döndürülmesi veya ellerin yüzün önünde sallaması) meşgul olduğu zamanlarda gözlenen, "arayış davranışı" olarak sınıflandırılan ısrarcı uğraşları ve tekrarlayan hareketleri aşırı seçici dikkatle ilişkilendirilmektedir.²²

OSB'de Duyusal İşleme Sorunları ile İlişkili Durumlar

Artmış duyusal yanıtılık hem nörotipik bireyler hem de NGB tanılı olanlarda çeşitli psikiyatrik tablolara neden olabilmektedir. Normal gelişim gösteren çocuklarda duyusal yanıtılık arttıkça dışa ve içe yönelim sorunları artmakta toplumsal uyum yetileri ise azalmaktadır.²³

OSB'de anksiyete ve artmış duyusal yanıtılığın ilişkisini değerlendiren modeller artmış duyusal yanıtılığın negatif koşullanmayı tetikleyerek anksiyeteye öncülük edebileceğini ya da anksiyetenin aşırı uyarılma ve tehdit yanıtılığına neden olarak nötr uyaranları klasik koşullanmayla olumsuz hale getirip, duyusal yanıtılığını artırabileceğini öne sürmektedir. Diğer bir modelde ise anksiyete ve duyusal yanıtılık artışı arasında nedensel değil etiyolojik bir ilişki olabileceği ve bu iki durumun amigdala etkinliğinde artışı ve benzer fizyolojik yolları paylaşabileceği öne sürülmüştür.²⁴ OSB'li çocuklarda artmış duyusal yanıtılık izlemde anksiyete gelişimini yordayabilmekte ve anksiyete belirtilerini önceleyebilmektedir.²⁵ OSB'de duyusal modülasyon sorunları arttıkça uyuma dönük davranışlar ve toplumsal beceriler azalmaktadır. Asperger sendromu tanılı bireylerde artmış duyusal hassasiyet ve düşük duyusal eşik anksiyete ile duyusal hassasiyetlerde azalma ise depresyonla anlamlı ilişkili göstermektedir.²⁶ Ebeveyn bildirimlerine dayanarak OSB tanılı küçük çocuklardaki artmış ve azalmış duyusal yanıtılık negatif duyulanım, anksiyete ve depresyonla ilişkili bulunmuştur.²⁷ OSB'de duyusal hassasiyetler aynılıkta ısrar ve özgül fobi arasındaki ve ayrılık anksiyetesi ile aynılıkta ısrar arasındaki ilişkilere aracılık edebilir. Duyusal hassasiyetlerin bu rolleri nörotipik çocuklarda görülmemektedir.²⁸ Diğer bir çalışmada da aynılıkta ısrar ve anksiyete arasındaki ilişki

duyusal kaçınmanın ve daha az önemde olsalar da duyusal hassasiyetlerin aracılık ettiği gösterilmiştir.²⁹

OSB'de duyusal işleme farklılıkları davranışsal ve emosyonel sorunlar, kısıtlı ilgi alanları ve tekrarlayıcı davranışlar ile yakın ilişki göstermektedir.³⁰ OSB'de tekrarlayıcı davranışların duyusal uyarılarla ilişkili olduğu düşünülmekle birlikte bu davranışların tiksindirici/nötr uyarılarla arttığı, ilgi çeken uyarılarla azaldığı veya sonlandığı gösterilmiştir.³¹ OSB'li çocuklarda duyusal işleme sorunları arttıkça sınırlı ve tekrarlayıcı davranışlar da artış göstermektedir. Bu davranışlardaki artış duyusal yanıtsızlıktan ziyade özellikle artmış duyusal yanıtılıkla ilişkili olabilir.³² OSB'de belirsizliğe tahammülsüzlük, anksiyete, duyusal hassasiyetler ve tekrarlayıcı davranışlar arasında anlamlı pozitif yönde ilişkiler görülmektedir.³³

Artmış duyusal hassasiyetler OSB'li çocuklarda uykuya direnç, uyku başlangıcında gecikme, uyku süresinde değişimler, uyku anksiyetesi ve uyurgezerlik gibi uyku sorunlarıyla ilişki göstermektedir.³⁴ OSB'li çocuklarda ince ve kaba motor becerilerdeki güçlükler de duyusal işleme sorunlarıyla ilişkili olabilir.³⁵

OSB'de Duyusal İşleme Sorunlarının Nörobiyolojisi

OSB'li bireyler görüntülerin içerisindeki tekli ayrıntıları daha hızlı tespit edebilirken görüntülerdeki dikkat çeldiricilere daha düşük duyarlılık sergileyebilmektedir. Bu bireylerde binoküler rekabet görece zayıf olup hareketli cisimlerin yönlerinin belirlenmesinde de farklılıklar gösterilmiştir.³⁶ Saf ses içeren işitsel uyarıların veya konuşma gibi karmaşık seslerin algılanması sırasında nöron yanıtları gecikebilmektedir. Bu bireylerde hem görsel hem de işitsel kortikal alanlarda gama aminobütirik asit (GABA) düzeylerinde azalma özgün duyusal farklara aracılık edebilir.³⁶ OSB'de somatosensöriyel uyarıların inhibisyonunda fonksiyonel kusurlar mevcuttur. Dokunsal işleme ile ilgili sorunların altında zayıf duyusal filtreleme ile ilişkili olan ileri beslemeli inhibisyon bozukluğu, uygunsuz habitüasyon veya adaptasyonla ilişkili lateral inhibisyon kusurlarının etkili olduğu düşünülmektedir.³⁷ OSB'li bireylerde görsel ve işitsel uyarılar eş zamanlı verildiğinde duyusal yanıtlarda görülen abartılı tepkiler durum duyusal kapılama hipotezi ve çoklu duyusal bütünleştirme çalışmalarıyla tutarlıdır.³⁸

Yüksek işlevli OSB'ler ve Asperger sendromlu bireylerde duyusal reaktivitenin elektrodermal aktivite aracılığıyla incelendiği bir çalışmada bu bireylerde yüksek uyarılma ve yavaş habitüasyon veya düşük uyarılma ve hızlı habitüasyon şeklinde farklı örüntüler gösterilmiştir.³⁹ OSB'li gençlerle yapılan bir fMRI çalışmasında bu bireylerin kontrol grubuna oranla yeni işitsel uyarılara daha hızlı yanıtlar oluşturduğu ve özellikle sağ prefrontal-premotor bölge ile sol inferior parietal bölgelerde etkinliklerinin arttığı gösterilmiştir.⁴⁰ Yüksek işlevli OSB'lerde tiksindirici işitsel ve görsel uyarılar sonrası duyusal işleme, emosyon regülasyonu, tehdit yanıtı gibi alanları düzenleyen primer duyusal korteks, limbik bölgeler ve orbitofrontal kortekste kontrollere göre etkinliğin duyusal yanıtlarla orantılı olacak şekilde arttığı saptanmıştır.⁴¹ Dokunsal uyarılara

verilen yanıtların psikofiziksel ölçümler ve işlevsel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) aracılığıyla değerlendirildiği bir çalışmada OSB'li bireylerin hoş ve nötr uyarılara karşı azalmış yanıtlar ve hoş olmayan uyarılara abartılı limbik tepkiler gösterme eğiliminde oldukları ortaya konmuştur.⁴² Bir diğer nörogörüntüleme çalışmasında hem OSB hem de DEHB'de duyusal semptomların korpus kallosum ile ilişkili olduğu gösterilmiştir.⁴³

DEHB Olgularında Duyusal İşleme

NGB'de duyusal işleme farklılıkları mevcuttur ve bozulmuş duyusal işleme iletişim, motor beceriler ve sosyal becerilerde yetersizliklerle ilişkili bulunmuştur.⁴⁴ DEHB'li çocukların %40,0-60,0'ında duyusal girdilerin işlenmesinde problemler mevcuttur.⁴⁵ DEHB'lerde duyusal işleme normal gelişim gösteren çocuklardan farklılık göstermektedir ve bu duyusal işleme sorunları agresyon, davranış bozukluğu örüntüleri ve bedensel yakınmalar ile ilişki gösterebilmektedir. Özellikle dokunsal hassasiyetler ile agresif davranışlar ve bedensel yakınmalar arasında ilişki olduğu gösterilmiştir.⁴⁶ Bu duyusal işleme ve duyusal hassasiyetlerdeki farklılıklar anksiyete gibi içe yönelim sorunlarıyla ve karşıt olma karşı gelme bozukluğu gibi eş tanılarla ilişki göstermektedir.^{47,48} Duyusal artmış yanıtılılık gösteren DEHB'li çocuklarda anksiyete belirtileri bu duyusal özelliklere sahip olmayan DEHB'li çocuklar ve DEHB tanı olmayan kontrollere oranla daha fazladır.⁴⁸ Duyusal hassasiyetler ve fonksiyonel bozulma eşik altı DEHB bulgularının varlığında bile kendini göstermektedir. Artmış duyusal hassasiyetler klinik olarak üç ya da daha fazla DEHB semptomu olan çocuklarda emosyonel labilite ile hiperaktivite/dürtüsellik semptomları arasındaki ilişkiyi güçlendirmektedir.⁴⁹ Yine DEHB'li çocuklarda görülen proprioseptif, görsel, işitsel, dokunsal duyusal işleme sorunlarının sosyal, davranışsal, işlevsel güçlükler ve öğrenme güçlükleriyle ilişkisi gösterilmiştir.⁵⁰

DEHB'li çocuk ve gençlerde düşük kayıt, duyusal arayış, duyusal hassasiyet, duyusal kaçınma gibi duyusal alanların birçoğunda farklılık görülmeyle beraber duyusal hassasiyetler bu grupta daha fazla bulunmuştur. Bununla beraber DEHB'de hiper/hiposensitivite alanlarında da farklılıkların olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur.^{50,51} DEHB'li çocuklarda dikkat sorunlarının çoğu atipik duyusal arayışla beraberlik göstermekle beraber duyusal arayış örüntüleri ile dikkat sorunları arasında negatif yönlü bir bağlantı bulunmaktadır.⁵² Yine genel popülasyonda DEHB özellikleri ve duyusal işleme sorunları arasında ilişki olduğu, duyusal problemlerin DEHB özelliklerini öngördüğü gösterilmiştir.⁵³ Bebeklik döneminde daha fazla aktivite, daha az uyum gösterebilme ve daha düşük eşikler, daha sonraki aşamalarda daha yüksek DEHB tanısı oranı ile ilişkilidir.⁵⁴ Yapılan çalışmalarda dikkat güçlüğü çeken çocuklarda vestibüler duyusal farklılıkların mevcut olduğu ve bu farklılıkların çocukların hareket performansları ve beceri gelişimi üzerinde etkili olduğu gösterilmiştir.⁵⁴ DEHB'de duyusal hassasiyetlerin cinsiyetler arasındaki farklılıkları değerlendirildiğinde kız çocuklarda dokunsal hassasiyetlerin erkeklere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.⁵⁵ Duyusal işleme sorunlarının yaşa

göre değişimi incelendiğinde bu sorunların yaşla birlikte hafif artış gösterdiği bu artışın özellikle işitsel işleme sorunları için anlamlı olduğu bildirilmiştir.⁵⁴

Zihinsel Yetersizlik Olgularında Duyusal İşleme

ZY tanılı çocuklarda duysal işleme tipik gelişim gösteren çocuklardan farklılıklar göstermektedir.⁵⁶ Duyusal işleme sorunları ZY'de tüm seviyelerde görülmekle beraber ciddi düzeyde duysal işleme sorunları en sık hafif ve ağır ZY olan çocuklarda tespit edilmektedir.⁵⁷ ZY tanılı bireylerde duysal işleme sorunları arttıkça uyuma dönük işlevsel davranışlarda azalma meydana gelmektedir.⁵⁸

ZY ile ilişkili farklı sendromların farklı duysal profilleri mevcuttur. Cornelia de Lange sendromu (CdLS) duysal hiposensitivite, Angelman sendromu (AS) duysal arayış, Fragile X sendromu (FXS) duysal hipersensitivite ile karakterizedir. AS ve CdLS'de yaşla birlikte duysal özelliklerde anlamlı değişiklik görülmemektedir. FXS'de ise yaş arttıkça duysal arayış ve vestibüler uyarılara anormal yanıtlarda azalma tespit edilmiştir.⁵⁸ Bu sendromlardan Williams sendromu tanılı bireylerde duysal bütünleme sorunları, işitsel ve vestibüler uyarılara karşı hipersensitivite saptanmıştır. Bu çocuklar okul öncesi dönemde oyuncakların ve çevrenin duysal ayrıntılarına alışımın dışında ilgi duyabilir ve farklı yanıt örüntüleri gösterebilir.⁵⁹ Williams sendromlu bireylerde duysal hassasiyetler ve belirsizliğe tahammülsüzlük anksiyeteyi öngören faktörler olup duysal hassasiyetler belirsizlik intoleransı ile anksiyete arasında aracı görev görmektedir.⁶⁰ Prader-Willi sendromunda da ağırlı uyarılara düşük yanıtılık medyan sinirdeki aksonların sayısında azalma ile ilişkilendirilmektedir.⁶¹ Down sendromlu çocuklar, işitsel, görsel, vestibüler ve dokunsal işlemeyi içeren çoklu duysal işleme zorluklar yaşamaktadırlar ve bu duysal işleme zorlukları okul etkinliklerine daha düşük katılım ve uyumsal davranışlarda azalma ile ilişkili bulunmuştur.⁶² Bu çocuklar tipik gelişim gösteren çocuklara göre çevresel ve bedensel duysal daha az yanıt verirken daha fazla duysal girdi arayışı içerisindedirler. Yine bu çocuklarda işitsel uyarıları işleme ve dokunsal işleme farklılıkları görülebilir. Bazı çocuklarda saçların taranması ve giyinme gibi rutinler sırasında dokunsal hassasiyetler tespit edilirken diğer dokunsal alanlarda daha tipik yanıtlar oluşturdukları, duysal oyunlardan hoşlanma, nesne ve insanlara dokunarak dokunsal uyarılar arama gibi yanıtlar verdikleri görülmüştür.⁶³

Tik Bozuklukları/Tourette Sendromu Olgularında Duyusal İşleme

Duysal problemler Tourette sendromunda (TS) da mevcut olup bu sendromda duysal özellikler, araştırmacılar tarafından, "öncül his" ve "duysal hassasiyetler" olarak ikiye ayrılmaktadır.⁶⁴ Öncül hisler tik başlamadan hemen önce gelen ve bireyler için genellikle rahatsızlık verici olan, tiklerin ortaya çıktığı anatomik bölgelerde ağrı, kaşınma, gerilme gibi duysal yaratan hislerdir. Öncül hisler TS'li bireylerin %90,0'ında görülmektedir. İşsel veya dışsal uyarılara karşı artmış duysal hassasiyetler ise TS'li bireylerin %80,0'inde görülmekle beraber genellikle tik

şiddetinden bağımsız ayrı bir patoloji olarak ele alınmaktadır.⁶⁴ TS'de dokunsal ve görsel işleme, istemli hareketler sırasında propriozeptif geribildirim ile ilgili farklılıklar mevcuttur.⁶⁴ Ayrıca parvalbumin pozitif GABA internöronları aracılığıyla yapılan duysal kapılamada sorunlar görülebilmektedir.⁶⁴ TS'de hastaların algıladıkları hassasiyetlerin artmış periferik algılamadan ziyade merkezi işleme farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.⁶⁵ TS'li çocuklarda sensorimotor kapılama yetersizdir ve bu durum somatosensoryel uyarıların üst düzey entegrasyonundan sorumlu beyin bölgelerinin etkinliğinde azalma ile ilişkilendirilmiştir.⁶⁶ TS'de azalmış GABA konsantrasyonunun hem motor tikler hem de duysal problemlerle ilişkili olduğu düşünülmektedir.⁶⁷ Bu çocukların primer sensörimotor korteksinde GABA konsantrasyonu kontrollere oranla azalmıştır ve dokunsal algı ve adaptasyon görevleri sırasında bozulmuş performans sergilemektedirler. GABA konsantrasyonunda azalma motor tik şiddetiyle de ilişki göstermektedir.⁶⁷ TS'li çocuklar tekrarlayıcı dokunsal uyarılar karşısında anormal habituasyon sergilerken görsel işleme özellikleri de tipik gelişim gösteren akranlarından farklıdır.⁶⁸ Kronik tik bozukluk ve TS tanılı bireylerde duysal hassasiyetler kontrollere göre daha fazla olup obsesif kompulsif semptom şiddetiyle bağımsız olarak ilişki göstermektedir.⁶⁸ TS'li çocuklarda duysal işleme sorunları arttıkça yaşam kalitesi bozulmakta ve günlük yaşamsal etkinliklerine katılım düşmektedir.⁶⁹

Sonuç

Duyu bütünleme sorunlarının genel toplumda %16,0'ya varan oranlarda bulunduğu, nörogelişimsel sorunları olan çocuklarda bu oranın daha da yüksek olduğu bildirilmektedir. NGB'de en sık rastlanan duysal işleme sorunları Tablo 2'de belirtilmiştir. Duyusal bütünleme sorunlarının psikopatoloji, klinik semptomlar ve uyumu bozucu davranışlarla nörobiyolojik

Tablo 2. Yazına göre nörogelişimsel bozukluklarda en sık rastlanan duysal işleme sorunları

Otizm spektrum bozukluğu	Duysal hipersensitivite
	Duysal hiposensitivite
	Duysal arayış
	Düşük kayıt
Dikkat eksikliği/hiperaktivite bozukluğu	Duysal kaçınma
	Duysal hipersensitivite
	Duysal hiposensitivite
	Duysal arayış
Zihinsel yetersizlik	Düşük kayıt
	Duysal kaçınma
	Duysal arayış
Tik bozuklukları/Tourette sendromu	Duysal hipersensitivite
	Duysal hiposensitivite
Tik bozuklukları/Tourette sendromu	Duysal hipersensitivite
	Duysal hipersensitivite

ve nörobilişsel ilişkisi ile bu ilişkinin yansımalarının önemli araştırma alanları olduğu düşünülmektedir. Çocuk ve ergenlerin klinik değerlendirmesinde duyuşsal gelişimsel süreçlerin ayrıntılı gözden geçirilmesinin çocuğa özgü ve bütüncül bir tedavi yönlendirmesi yapabilmek için önemli olduğu vurgulanabilir.

Etik

Hakem Değerlendirmesi: Editörler kurulu dışında olan kişiler tarafından değerlendirilmiştir.

Yazarlık Katkıları

Konsept: F.T., S.K., Dizayn: F.T., S.K., Veri Toplama veya İşleme: F.T., S.K., Analiz veya Yorumlama: F.T., S.K., Literatür Arama: F.T., Yazan: F.T., S.K.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

Kaynaklar

- Zoenen D, Delvenne V. Traitement de l'information sensorielle dans les troubles neurodéveloppementaux [Treatment of sensory information in neurodevelopmental disorders]. *Rev Med Brux*. 2018;39:29-34.
- Little LM, Dean E, Tomchek SD, Dunn W. Classifying sensory profiles of children in the general population. *Child Care Health Dev*. 2017;43:81-88.
- Forbush KT, Bohrer BK, Hagan KE, Chapa DAN, Perko V, Richson B, Christian K, Christensen KA, Wildes JE. Development and initial validation of the Eating Pathology Symptoms Inventory-Clinician-Rated Version (EPSI-CRV). *Psychol Assess*. 2020;32:943-955.
- Homberg JR, Kyzar EJ, Nguyen M, Norton WH, Pittman J, Poudel MK, Gaikwad S, Nakamura S, Koshiba M, Yamanouchi H, Scattoni ML, Ullman JF, Diamond DM, Kaluyeva AA, Parker MO, Klimenko VM, Apryatin SA, Brown RE, Song C, Gainetdinov RR, Gottesman II, Kalueff AV. Understanding autism and other neurodevelopmental disorders through experimental translational neurobehavioral models. *Neurosci Biobehav Rev*. 2016;65:292-312.
- Camarata S, Miller LJ, Wallace MT. Evaluating Sensory Integration/Sensory Processing Treatment: Issues and Analysis. *Front Integr Neurosci*. 2020;14:556660.
- Jovellar-Isiegas P, Resa Collados I, Jaén-Carrillo D, Roche-Seruendo LE, Cuesta García C. Sensory Processing, Functional Performance and Quality of Life in Unilateral Cerebral Palsy Children: A Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17:7116.
- Niutanen U, Harra T, Lano A, Metsäranta M. Systematic review of sensory processing in preterm children reveals abnormal sensory modulation, somatosensory processing and sensory-based motor processing. *Acta Paediatr*. 2020;109:45-55.
- Hornix BE, Havekes R, Kas MJH. Multisensory cortical processing and dysfunction across the neuropsychiatric spectrum. *Neurosci Biobehav Rev*. 2019;97:138-151.
- Cheung PPP, Lau BWM. Neurobiology of sensory processing in autism spectrum disorder. *Prog Mol Biol Transl Sci*. 2020;173:161-181.
- Johnson-Ecker CL, Parham LD. The evaluation of sensory processing: a validity study using contrasting groups. *Am J Occup Ther*. 2000;54:494-503.
- Miller LJ, Anzalone ME, Lane SJ, Cermak SA, Osten ET. Concept evolution in sensory integration: a proposed nosology for diagnosis. *Am J Occup Ther*. 2007;61:135-140.
- Dunn W. The Impact of Sensory Processing Abilities on the Daily Lives of Young Children and Their Families: A Conceptual Model. *Infants & Young Children*. 1997;9:23-35.
- Koziol LF, Budding D. ADHD and sensory processing disorders: placing the diagnostic issues in context. *Appl Neuropsychol Child*. 2012;1:137-144.
- Thapar A, Cooper M, Rutter M. Neurodevelopmental disorders. *Lancet Psychiatry*. 2017;4:339-346.
- DuBois D, Lymer E, Gibson BE, Desarkar P, Nalder E. Assessing Sensory Processing Dysfunction in Adults and Adolescents with Autism Spectrum Disorder: A Scoping Review. *Brain Sci*. 2017;7:108.
- Lane SJ, Reynolds S, Dumenci L. Sensory overresponsivity and anxiety in typically developing children and children with autism and attention deficit hyperactivity disorder: cause or coexistence? *Am J Occup Ther*. 2012;66:595-603.
- Rogers SJ, Hepburn S, Wehner E. Parent reports of sensory symptoms in toddlers with autism and those with other developmental disorders. *J Autism Dev Disord*. 2003;33:631-642.
- Baker AE, Lane A, Angley MT, Young RL. The relationship between sensory processing patterns and behavioural responsiveness in autistic disorder: a pilot study. *J Autism Dev Disord*. 2008;38:867-875.
- Amos GA, Byrne G, Chouinard PA, Godber T. Autism Traits, Sensory Over-Responsivity, Anxiety, and Stress: A Test of Explanatory Models. *J Autism Dev Disord*. 2019;49:98-112.
- Kern JK, Trivedi MH, Garver CR, Grannemann BD, Andrews AA, Savla JS, Johnson DG, Mehta JA, Schroeder JL. The pattern of sensory processing abnormalities in autism. *Autism*. 2006;10:480-494.
- Ben-Sasson A, Gal E, Fluss R, Katz-Zetler N, Cermak SA. Update of a Meta-analysis of Sensory Symptoms in ASD: A New Decade of Research. *J Autism Dev Disord*. 2019;49:4974-4996.
- Liss M, Saulnier C, Fein D, Kinsbourne M. Sensory and attention abnormalities in autistic spectrum disorders. *Autism*. 2006;10:155-172.
- Ben-Sasson A, Carter AS, Briggs-Gowan MJ. Sensory over-responsivity in elementary school: prevalence and social-emotional correlates. *J Abnorm Child Psychol*. 2009;37:705-716.
- Green SA, Ben-Sasson A. Anxiety disorders and sensory over-responsivity in children with autism spectrum disorders: is there a causal relationship? *J Autism Dev Disord*. 2010;40:1495-1504.
- Green SA, Ben-Sasson A, Soto TW, Carter AS. Anxiety and sensory over-responsivity in toddlers with autism spectrum disorders: bidirectional effects across time. *J Autism Dev Disord*. 2012;42:1112-1119.
- Pfeiffer B, Kinnealey M, Reed C, Herzberg G. Sensory modulation and affective disorders in children and adolescents with Asperger's disorder. *Am J Occup Ther*. 2005;59:335-345.
- Ben-Sasson A, Cermak SA, Orsmond GI, Tager-Flusberg H, Kadlec MB, Carter AS. Sensory clusters of toddlers with autism spectrum disorders: differences in affective symptoms. *J Child Psychol Psychiatry*. 2008;49:817-825.
- Black KR, Stevenson RA, Segers M, Ncube BL, Sun SZ, Philipp-Muller A, Bebko JM, Barense MD, Ferber S. Linking Anxiety and Insistence on Sameness in Autistic Children: The Role of Sensory Hypersensitivity. *J Autism Dev Disord*. 2017;47:2459-2470.
- Lidstone J, Uljarević M, Sullivan J, Rodgers J, McCanchie H, Freeston M, Le Coueteur A, Prior M, Leekam S. Relations among restricted and repetitive behaviors, anxiety and sensory features in children with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*. 2014;8:82-92.
- O'Donnell S, Deitz J, Kartin D, Nalty T, Dawson G. Sensory processing, problem behavior, adaptive behavior, and cognition in preschool children with autism spectrum disorders. *Am J Occup Ther*. 2012;66:586-594.

31. Gal E, Dyck M, Passmore A. Sensory Differences and Stereotyped Movements in Children with Autism. *Behav change*. 2002;19:207-219.
32. Chen YH, Rodgers J, McConachie H. Restricted and repetitive behaviours, sensory processing and cognitive style in children with autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord*. 2009;39:635-642.
33. Hwang YIJ, Arnold S, Srasuebku P, Trollor J. Understanding anxiety in adults on the autism spectrum: An investigation of its relationship with intolerance of uncertainty, sensory sensitivities and repetitive behaviours. *Autism*. 2020;24:411-422.
34. Mazurek MO, Petroski GF. Sleep problems in children with autism spectrum disorder: examining the contributions of sensory over-responsivity and anxiety. *Sleep Med*. 2015;16:270-279.
35. Liu T. Sensory processing and motor skill performance in elementary school children with autism spectrum disorder. *Percept Mot Skills*. 2013;116:197-209.
36. Robertson CE, Baron-Cohen S. Sensory perception in autism. *Nat Rev Neurosci*. 2017;18:671-684.
37. Puts NA, Wodka EL, Tommerdahl M, Mostofsky SH, Edden RA. Impaired tactile processing in children with autism spectrum disorder. *J Neurophysiol*. 2014;111:1803-1811.
38. Green SA, Hernandez L, Tottenham N, Krasileva K, Bookheimer SY, Dapretto M. Neurobiology of Sensory Overresponsivity in Youth With Autism Spectrum Disorders. *JAMA Psychiatry*. 2015;72:778-786.
39. Schoen SA, Miller LJ, Brett-Green B, Hepburn SL. Psychophysiology of children with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*. 2008;2:417-429.
40. Gomot M, Belmonte MK, Bullmore ET, Bernard FA, Baron-Cohen S. Brain hyper-reactivity to auditory novel targets in children with high-functioning autism. *Brain*. 2008;131:2479-2488.
41. Green SA, Rudie JD, Colich NL, Wood JJ, Shirinyan D, Hernandez L, Tottenham N, Dapretto M, Bookheimer SY. Overreactive brain responses to sensory stimuli in youth with autism spectrum disorders. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*. 2013;52:1158-1172.
42. Cascio CJ, Moana-Filho EJ, Guest S, Nebel MB, Weisner J, Baranek GT, Essick GK. Perceptual and neural response to affective tactile texture stimulation in adults with autism spectrum disorders. *Autism Res*. 2012;5:231-244.
43. Ohta H, Aoki YY, Itahashi T, Kanai C, Fujino J, Nakamura M, Kato N, Hashimoto RI. White matter alterations in autism spectrum disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder in relation to sensory profile. *Mol Autism*. 2020;11:77.
44. Cascio CJ. Somatosensory processing in neurodevelopmental disorders. *J Neurodev Disord*. 2010;2:62-69.
45. Mimouni-Bloch A, Offek H, Rosenblum S, Posener I, Silman Z, Engel-Yeger B. Association between sensory modulation and daily activity function of children with attention deficit/hyperactivity disorder and children with typical development. *Res Dev Disabil*. 2018;83:69-76.
46. Mangeot SD, Miller LJ, McIntosh DN, McGrath-Clarke J, Simon J, Hagerman RJ, Goldson E. Sensory modulation dysfunction in children with attention-deficit-hyperactivity disorder. *Dev Med Child Neurol*. 2001;43:399-406.
47. Ghanizadeh A. Sensory processing problems in children with ADHD, a systematic review. *Psychiatry Investig*. 2011;8:89-94.
48. Reynolds S, Lane SJ. Sensory overresponsivity and anxiety in children with ADHD. *Am J Occup Ther*. 2009;63:433-440.
49. DeSerisy M, Hirsch E, Roy AK. The Contribution of Sensory Sensitivity to Emotional Lability in Children with ADHD Symptoms. *Evid Based Pract Child Adolesc Ment Health*. 2019;4:319-327.
50. Delgado-Lobete L, Pértega-Díaz S, Santos-Del-Riego S, Montes-Montes R. Sensory processing patterns in developmental coordination disorder, attention deficit hyperactivity disorder and typical development. *Res Dev Disabil*. 2020;100:103608.
51. Little LM, Dean E, Tomchek S, Dunn W. Sensory Processing Patterns in Autism, Attention Deficit Hyperactivity Disorder, and Typical Development. *Phys Occup Ther Pediatr*. 2018;38:243-254.
52. Dellapiazza F, Michelon C, Vernhet C, Muratori F, Blanc N, Picot MC, Baghdadli A; for ELENA study group. Sensory processing related to attention in children with ASD, ADHD, or typical development: results from the ELENA cohort. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 2021;30:283-291.
53. Panagiotidi M, Overton PG, Stafford T. The relationship between ADHD traits and sensory sensitivity in the general population. *Compr Psychiatry*. 2018;80:179-185.
54. Cheung PP, Siu AM. A comparison of patterns of sensory processing in children with and without developmental disabilities. *Res Dev Disabil*. 2009;30:1468-1480.
55. Bröring T, Rommelse N, Sergeant J, Scherder E. Sex differences in tactile defensiveness in children with ADHD and their siblings. *Dev Med Child Neurol*. 2008;50:129-133.
56. Joosten AV, Bundy AC. Sensory processing and stereotypical and repetitive behaviour in children with autism and intellectual disability. *Aust Occup Ther J*. 2010;57:366-372.
57. Engel-Yeger B, Hardal-Nasser R, Gal E. Sensory processing dysfunctions as expressed among children with different severities of intellectual developmental disabilities. *Res Dev Disabil*. 2011;32:1770-1775.
58. Heald M, Adams D, Oliver C. Profiles of atypical sensory processing in Angelman, Cornelia de Lange and Fragile X syndromes. *J Intellect Disabil Res*. 2020;64:117-130.
59. John AE, Mervis CB. Sensory modulation impairments in children with Williams syndrome. *Am J Med Genet C Semin Med Genet*. 2010;154C:266-276.
60. Uljarević M, Labuschagne I, Bobin R, Atkinson A, Hocking DR. Brief Report: The Impact of Sensory Hypersensitivity and Intolerance of Uncertainty on Anxiety in Williams Syndrome. *J Autism Dev Disord*. 2018;48:3958-3964.
61. Brandt BR, Rosén I. Impaired peripheral somatosensory function in children with Prader-Willi syndrome. *Neuropediatrics*. 1998;29:124-126.
62. Wuang YP, Su CY. Correlations of sensory processing and visual organization ability with participation in school-aged children with Down syndrome. *Res Dev Disabil*. 2011;32:2398-2407.
63. Bruni M, Cameron D, Dua S, Noy S. Reported sensory processing of children with Down syndrome. *Phys Occup Ther Pediatr*. 2010;30:280-293.
64. Isaacs D, Riordan H. Sensory hypersensitivity in Tourette syndrome: A review. *Brain Dev*. 2020;42:627-638.
65. Belluscio BA, Jin L, Watters V, Lee TH, Hallett M. Sensory sensitivity to external stimuli in Tourette syndrome patients: Sensory Sensitivity in TS. *Mov Disord*. 2011;26:2538-2543.
66. Buse J, Beste C, Herrmann E, Roessner V. Neural correlates of altered sensorimotor gating in boys with Tourette Syndrome: A combined EMG/fMRI study. *World J Biol Psychiatry*. 2016;17:187-197.
67. Puts NA, Harris AD, Crocetti D, Nettles C, Singer HS, Tommerdahl M, Edden RA, Mostofsky SH. Reduced GABAergic inhibition and abnormal sensory symptoms in children with Tourette syndrome. *J Neurophysiol*. 2015;114:808-817.
68. Isaacs D, Key AP, Cascio CJ, Conley AC, Walker HC, Wallace MT, Claassen DO. Sensory Hypersensitivity Severity and Association with Obsessive-Compulsive Symptoms in Adults with Tic Disorder. *Neuropsychiatr Dis Treat*. 2020;16:2591-2601.
69. Weisman H, Parush S, Apter A, Fennig S, Benaroya-Milshtein N, Steinberg T. A study of sensory dysregulation in children with tic disorders. *J Neural Transm (Vienna)*. 2018;125:1077-1085.