

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÖZGÜL ÖĞRENME GÜÇLÜĞÜ TANISI ALAN
ÇOCUKLARDA EŞİKÜSTÜ İŞİTSEL İŞLEMLEME
BECERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Uzm. Ody. Kürşad KARAKOÇ

**Odyoloji Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

ANKARA

2020

TEŞEKKÜR

Lisans, yüksek lisans eğitimim ve tez çalışma sürecim de dâhil olmak üzere çok değerli bilgi ve deneyimleri ile bana her daim yol gösterici ve destek olan, sıcaklığını ve içtenliğini hep hissettiğim, güler yüzlü ve çok değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Meral Didem TÜRKYILMAZ'a,

Lisans eğitim sürecimden başlamak üzere, eğitim ve mesleki hayatım boyunca desteğini hep yanımda hissettiğim sevgili hocam Sayın Prof. Dr. Gonca SENNAROĞLU'na,

Tez çalışmamın tüm aşamalarında ihtiyacım olan tüm yardımları içtenlikle aldığım hocalarım Sayın Dr. Ody. Filiz ASLAN ve Sayın Dr. Ody. Bünyamin ÇILDIR'a,

Tez çalışmamın planlanması ve yürütülmesi sürecinde destek ve katkılarını esirgemeyen, üniversitemiz Çocuk ve Ergen Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı doktorlarından; başta Sayın Prof. Dr. S. Ebru ÇENGEL KÜLTÜR olmak üzere, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Dilek ÜNAL ve Sayın Öğr. Gör. Dr. Kevser NALBANT'a,

Akademik hayata başladığım andan itibaren her anlamda desteğini hep yanımda hissettiğim, bilgi ve tecrübeleri ile her konuda yoluma ışık tutan, fedakâr ve benim için çok kıymetli hocam Sayın Doç. Dr. Banu MÜJDECİ'ye,

Yüksek lisans dönemim boyunca desteklerinden olayı "TÜBİTAK 2210-A Genel Yurt İçi Lisansüstü Burs Programı" kapsamında emeği geçen kişiler ve kurumlara,

Hayatımın her anında olduğu gibi bu süreçte de yanımda olan biricik ailem; Canım Annem ve Canım Babama,

... en içten sevgi, saygı ve sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Kürşad KARAKOÇ

ÖZET

Karakoç, K., Özgül Öğrenme Güçlüğü Tanısı Alan Çocuklarda Eşiküstü İşitsel İşleme Becerilerinin Değerlendirilmesi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Odyoloji Programı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2020. Özgül öğrenme güçlüğü (ÖÖG) olan çocukların öğrenme güçlükleri ile akademik becerilerde zorluklar göstermesinin nedenleri arasında, kompleks ses uyarılarının ilgili işitsel ipuçlarını işlemedeki bozukluklar olabileceği bildirilmiştir. Bu çalışmada, özgül öğrenme güçlüğü tanısı alan çocukların eşiküstü işitsel işleme, gürültüde konuşmayı tanıma becerileri değerlendirilerek, normal çocuklar ile karşılaştırılması ve eşiküstü işitsel işleme, gürültüde konuşmayı tanıma becerileri ile zekâ testi puanları arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda; çalışma grubuna 6-11 yaş aralığında özgül öğrenme güçlüğü tanısı alan 25 çocuk, kontrol grubuna ise 6-11 yaş aralığında 25 normal çocuk dahil edilmiştir. Tüm çocuklara, eşiküstü işitsel işleme becerilerini değerlendirmek üzere; *Temporal Fine Structure* (TFS) Hassasiyet Testi ve *Temporal Envelope* (TE) Hassasiyet Testi, gürültüde konuşmayı tanıma becerisini değerlendirmek üzere Ünsüz Ses Tanıma Testi uygulanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca özgül öğrenme güçlüğü tanısı alan çocuklara Wechsler Çocuklar İçin Zekâ Ölçeği - Dördüncü Baskısı (WISC-IV) testi uygulanarak, eşiküstü işitsel işleme ve gürültüde konuşmayı tanıma becerileri ile arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma sonucunda eşiküstü işitsel işleme testlerinde ve gürültüde konuşmayı tanıma testinde, özgül öğrenme güçlüğü tanısı alan çocuklar ile normal çocuklar arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). Ayrıca eşiküstü işitsel işleme testleri ve gürültüde konuşmayı tanıma testi ile zekâ testleri arasında ilişki bulunmamıştır. Bulgularımız doğrultusunda, özgül öğrenme güçlüğü olan çocukların eşiküstü işitsel işleme ve gürültüde konuşmayı tanıma becerilerinin etkilendiği gözlemlenmiştir. Özgül öğrenme güçlüğü tanısı alan çocuklarda, eşiküstü işitsel işleme ve gürültüde konuşmayı tanıma becerilerinin içinde olduğu bütüncül bir değerlendirme yaklaşımının gerekliliği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Özgül öğrenme güçlüğü, eşiküstü işitsel işleme, gürültüde konuşmayı tanıma, temporal fine structure, temporal envelope.

ABSTRACT

Karakoc, K., Assessment of Suprathreshold Auditory Processing Skills in Children with Specific Learning Disorder, Hacettepe University Graduate School of Health Sciences, Audiology Program, Master Thesis, Ankara, 2020. It has been reported that the reasons for the learning difficulties and the struggling of academic skills of children with specific learning disorder (SLD) may be impaired in processing the associated auditory cues of complex sound stimuli. In this study, it was aimed to evaluate suprathreshold auditory processing and speech recognition in noise ability of children who have specific learning disorder, and to compare the relationship with normal children, and to examine the relationship between suprathreshold auditory processing, speech recognition in noise and intelligence test scores. In accordance with this purpose; in the study group consisted of 25 children diagnosed with specific learning disorder in the age range of 6-11, and the control group consisted of 25 normal children in the age range of 6-11. *Temporal Fine Structure* (TFS) Sensitivity Test and *Temporal Envelope* (TE) Sensitivity Test were used to assess the children's suprathreshold auditory processing skills and Consonant Identification Test was used to evaluate speech recognition in noise skills in the children who have specific learning disorder. In addition, the Wechsler Intelligence for Children Scale - Fourth Edition (WISC-IV) test was applied to the children diagnosed with specific learning disorder, and the relationship between suprathreshold auditory processing and speech recognition in noise skills were examined. As a result of the study, a significant difference was found between the children diagnosed with specific learning disorder and the normal children in the suprathreshold auditory processing tests and speech recognition in noise ($p < 0.05$). In addition to that, there was no correlation between suprathreshold auditory processing tests and speech recognition in noise test and intelligence tests. In the results of our findings, it was observed that children with specific learning disorder were affected by their ability to suprathreshold auditory processing and speech recognition in noise. It is concluded that a holistic assessment approach is needed to the children diagnosed with specific learning disorder, including their ability of suprathreshold auditory processing and speech recognition in noise.

Keywords: Specific learning disorder, suprathreshold auditory processing, speech recognition in noise, temporal fine structure, temporal envelope.

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN SAYFASI	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER	xiv
TABLolar	xv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Özgül Öğrenme Güçlüğü	3
2.1.1. Terminoloji ve Tanım	3
2.1.2. Epidemiyoloji	3
2.1.3. Etiyoloji	3
2.1.4. Sınıflandırma	4
2.1.5. Komorbidite	6
2.1.6. Tanılama	7
2.1.7. Özgül Öğrenme Güçlüğü Tanısında Zekâ Testlerinin Rolü	8
2.2. Eşiküstü Sesin Kodlanması	9
2.3. Eşiküstü İşitsel İşleme Becerileri	11
2.4. Eşiküstü Psikoakustik Testler	12
2.4.1. <i>Temporal Fine Structure</i> Bilgisi	12

2.4.2. <i>Temporal Envelope</i> Bilgisi	13
2.5. Gürültüde Konuşmayı Tanıma	14
2.6. Özgül Öğrenme Güçlüğünde İşitsel İşleme Beceri Zorlukları	15
3. BİREYLER VE YÖNTEM	17
3.1. Bireyler	17
3.1.1. Çalışmaya Dâhil Edilme Kriterleri	17
3.2. Araçlar ve Yöntem	18
3.2.1. Psikiyatirk Değerlendirme	18
3.2.2. Odyolojik Değerlendirme	19
3.2.3. Eşiküstü Psikoakustik Testler	19
3.2.4. Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi	22
3.3. İstatiksel Analiz	24
4. BULGULAR	25
4.1. Bireylerin Demografik Özellikleri ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler	25
4.2. Bireylerin İşitme Testi Bulguları	25
4.3. Eşiküstü Psikoakustik Test Sonuçlarının Karşılaştırılması	29
4.3.1. <i>Temporal Fine Structure</i> (TFS) Hassasiyet Testi	29
4.3.2. <i>Temporal Envelope</i> (TE) Hassasiyet Testi	30
4.3.3. <i>Temporal Envelope</i> (TE) Hassasiyet Testi'nde Sunulan Uyarın Sayılarının Karşılaştırılması	31
4.4. Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testinin Karşılaştırılması	32
4.4.1. Ünsüz Ses Tanıma Testi	32
4.5. TFS Hassasiyet Testi ile WISC-IV Puanları Arasındaki İlişki	35
4.6. TE Hassasiyet Testi ile WISC-IV Puanları Arasındaki İlişki	36
4.7. Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi ile WISC-IV Puanları Arasındaki İlişki	36
4.8. TFS Hassasiyet Testi ile Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi Arasındaki İlişki	37

4.9. TE Hassasiyet Testi ile Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi Arasındaki İlişki	38
4.10. TE Hassasiyet Testi ile TFS Hassasiyet Testi Arasındaki İlişki	38
5. TARTIŞMA	39
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	52
7. KAYNAKLAR	56
8. EKLER	
EK-1: Tez Çalışması ile İlgili Etik Kurul İzinleri	
EK-2A: Tez Çalışması Orjinallik Raporu	
EK-2B: Tez Çalışması Dijital Makbuz	
9. ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER ve KISALTMALAR

%	Yüzde
°	Derece
AFC	<i>Alternative Forced Choice</i>
AM	<i>Amplitude Modulation</i>
BM	Baziler Membran
dB	Desibel
DEHB	Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu
dk	Dakika
DSM	Ruhsal Bozuklukların Tanısal ve Sayımsal El Kitabı
FM	<i>Frequency Modulation</i>
fMRI	Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme
H	Harmonik Ton
Hz	Hertz
I	Harmonik Olmayan Ton
IPD	Kulaklar Arası Faz Farkı
ITD	Kulaklar Arası Zaman Farkı
İTH	İç Tüy Hücre
kHZ	Kilohertz
m	Modülasyon İndeksi
ms	Milisaniye
ÖÖG	Özgül Öğrenme Güçlüğü
PEST	<i>Parameter Estimation by Sequential Testing</i>
PET	Pozitron Emisyon Tomografi

rms	<i>Root Mean Square</i>
r_s	Korelasyon Katsayısı
SAM	Sinüzoidal Amplitüde Modüle
SGO	Sinyal Gürültü Oranı
SL	<i>Sensation Level</i>
SLD	<i>Specific Learning Disorder</i>
SPL	<i>Sound Pressure Level</i>
SR	Ateşleme Hızı
TE	<i>Temporal Envelope</i>
TFS	<i>Temporal Fine Structure</i>
TFS-AF	<i>Temporal Fine Structure-Adaptive Frequency</i>
TFS-LF	<i>Temporal Fine Structure-Low Frequency</i>
TZB	Toplam Zekâ Bölümü
VCV	<i>Vowel-Consonant-Vowel</i>
WISC-IV	Wechsler Çocuklar için Zekâ Ölçeği - Dördüncü Baskısı

ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
2.1.	Farklı ateşleme hızlarına sahip olan işitme sinir liflerinin, İTH üzerindeki sinaptik temasları.	10
4.1.	Çalışma grubu ve kontrol grubunun sağ kulak hava yolu işitme eşiği ortalamaları.	28
4.2.	Çalışma grubu ve kontrol grubunun sol kulak hava yolu işitme eşiği ortalamaları.	28
4.3.	Gruplara ait TFS Hassasiyet Test bulguları.	29
4.4.	Gruplara ait farklı frekanslarda modüle TE Hassasiyet Testi bulguları.	31
4.5.	Gruplara ait farklı frekanslarda modüle TE Hassasiyet Testi uyaran sayıları bulguları.	32
4.6.	Gruplara ait Ünsüz Ses Tanıma Testi bulguları.	33

TABLOLAR

Tablo	Sayfa
3.1. TFS Hassasiyet Testi'nde bir denemedeki uyaran özeti.	19
3.2. Ünsüz Ses Tanıma Testi tur döngüsü.	23
4.1. Çocukların cinsiyet ve yaş ortalamalarının gruplara göre dağılımı.	25
4.2. Çocukların sağ kulak hava yolu işitme eşiği ortalamalarının gruplara göre dağılımı.	26
4.3. Çocukların sol kulak hava yolu işitme eşiği ortalamalarının gruplara göre dağılımı.	27
4.4. TFS Hassasiyet Testi bulgularının gruplar arasında karşılaştırılması.	29
4.5. TE Hassasiyet Test bulgularının gruplar arasında karşılaştırılması.	30
4.6. TE Hassasiyet Testi'nde sunulan uyaran sayılarının gruplar arasında karşılaştırılması.	31
4.7. Ünsüz Ses Tanıma Testi bulgularının gruplar arasında karşılaştırılması.	33
4.8. Farklı frekans ve farklı SGO'da Ünsüz Ses Tanıma Testi bulgularının gruplar arasında karşılaştırılması.	34
4.9. TFS Hassasiyet Testi ile WISC-IV puanları arasındaki ilişkiye ait bulgular.	35
4.10. TE Hassasiyet Testi ile WISC-IV puanları arasındaki ilişkiye ait bulgular.	36
4.11. Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi skorları ile WISC-IV puanları arasındaki ilişkiye ait bulgular.	37
4.12. TFS Hassasiyet Testi ile Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi arasındaki ilişkiye ait bulgular.	37
4.13. TE Hassasiyet Testi ile Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi arasındaki ilişkiye ait bulgular.	38
4.14. TE Hassasiyet Testi ile TFS Hassasiyet Testi arasındaki ilişkiye ait bulgular.	38

1. GİRİŞ

Özgül öğrenme güçlüğü (ÖÖG), okuma, yazma ve matematik alanlarındaki becerilerinin kazanılmasında ve kullanılmasında güçlükler ile görülebilen heterojen bir bozukluktur (1, 2). Bu özellikleri nedeniyle okul dönemi sırasında tanı konulabilse de, okul öncesi dönemde de belirtilerin çoğu gözlemlenebilmekte ve okul döneminde ise belirtiler daha çarpıcı olabilmektedir.

Konuşma uyarandaki temporal işleme eksiklikleri (*temporal processing deficit*) ÖÖG'yi açıklayan duysal bozukluklar ile ilgili kuramlardandır (3). Konuşma uyarandaki gibi geniş bant sinyallerin işitsel çıktıları, bazı kompleks paternler oluşturabilmektedir. Bu durum işitsel bir filtrede belirli bir sinyal gürültü oranına (SGO) yol açmakta ve ayrıca işitsel sinir liflerinde *Temporal Envelope* (TE) ve *Temporal Fine Structure* (TFS) bilgilerini de temsil etmektedir (4).

Özgül öğrenme güçlüğü olan çocukların, günlük hayattaki konuşma uyarandaki işitsel ipuçlarını işleme yeteneğinde güçlük çektiği ve güçlüklerin çocuklardaki işleme bozuklukları ile ilgili olabileceği bildirilmektedir. Özellikle bu duruma, ünsüzlerin formant geçişleri tarafından sağlanan hızlı spektral değişikliklerin doğru algılanmasını etkileyen, işitsel temporal işleme becerilerindeki problemlerin neden olabileceği belirtilmektedir.

Eşiküstü işitsel işleme becerilerinin değerlendirilmesinde psikoakustik testlerden; TFS ve TE Hassasiyet Testleri uygulanmaktadır. Özellikle TFS ipuçları, gürültüde konuşmanın anlaşılabilirliği için önemli bilgiler içermektedir (5, 6).

Özgül öğrenme güçlüğü olan çocukların tanı süreçlerinde, belirli tanı ölçütleri değerlendirmelerinin yanında, Wechsler Çocuklar İçin Zekâ Ölçeği ile dört faktöre dayalı alan olan; Sözel Anlama, Algısal Akıl yürütme, Çalışma Belleği ve İşleme Hızı değerlendirmeleri de tanı sürecinde yardımcı olabilen ek bilgiler sağlamaktadır.

Çalışmamızda 6-11 yaşları arasında ÖÖG tanısı alan çocukların eşiküstü işitsel işleme ile gürültüde konuşmayı tanıma becerilerinin değerlendirilmesi ve normal çocuklar ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışmamızın hipotezleri aşağıda sunulmuştur:

Hipotez 1:

- H0: Özgül öğrenme güçlüğü tanısı alan çocuklar ile normal çocuklar arasında eşiküstü işitsel işleme testleri ve gürültüde konuşmayı tanıma testi skorları açısından fark bulunmamaktadır.
- H1: Özgül öğrenme güçlüğü tanısı alan çocuklar ile normal çocuklar arasında eşiküstü işitsel işleme testleri ve gürültüde konuşmayı tanıma testi skorları açısından fark bulunmaktadır.

Hipotez 2:

- H0: Özgül öğrenme güçlüğü tanısı alan çocukların, eşiküstü işitsel işleme testleri ve gürültüde konuşmayı tanıma testi ile Wechsler Çocuklar İçin Zekâ Ölçeği - Dördüncü Baskısı (WISC-IV) puanları arasında anlamlı ilişki bulunmamaktadır.
- H1: Özgül öğrenme güçlüğü tanısı alan çocukların, eşiküstü işitsel işleme testleri ve gürültüde konuşmayı tanıma testi ile Wechsler Çocuklar İçin Zekâ Ölçeği - Dördüncü Baskısı (WISC-IV) puanları arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Özgül Öğrenme Güçlüğü

2.1.1. Terminoloji ve Tanım

Özgül öğrenme güçlüğü, çeşitli alanlardaki işlevselliğin yitirilmesine yol açan, çocukluk çağında sık görülen gelişimsel ve nörobiyolojik bir bozukluktur (7). Ruhsal Bozuklukların Tanısal ve Sayımsal El Kitabı (DSM-5)'na göre ise; “kronolojik yaş, ölçülen zekâ düzeyi ve alınan eğitim göz önünde bulundurulduğunda; kişinin, okuma, matematik ve yazılı anlatımının beklenenden önemli ölçüde düşük olması” olarak tanımlanmaktadır (8).

Özgül öğrenme güçlüğü, biyolojik kökenli bilişsel düzeydeki problemlerin davranış belirtilerine de yol açtığı bir nörogelişimsel bozukluktur. Hastalığın biyolojik kökeni; beynin sözel veya sözel olmayan bilgileri etkili ve doğru bir şekilde algılamaya veya işleme becerisini etkileyen genetik, epigenetik ve çevresel faktörlerin bir etkileşimini içerir (8).

2.1.2. Epidemiyoloji

Özgül öğrenme güçlüğü'nün çocuklardaki prevalansı, % 5-15 arasında değişiklik göstermektedir. Yetişkinlerdeki prevalansı bilinmemekle birlikte yaklaşık % 4 olarak tahmin edilmektedir (8). Bununla birlikte ÖÖG'nin tanımındaki farklılıkların, bu kadar geniş bir prevalans aralığına neden olduğu düşünülmektedir (9).

Cinsiyet açısından ise ÖÖG, erkeklerde kızlara göre yaklaşık olarak 2-3 kat daha fazla görülmektedir (8, 10, 11).

2.1.3. Etiyoloji

Özgül öğrenme güçlüğü'nün nedeni tam olarak bilinmemekle beraber, literatür genetik bir bileşen ve olası nörobiyolojik temelleri öne sürmektedir. Temporal, oksipital ve parietal lob bölgelerindeki farklılıkların, ÖÖG'li bireylerin gösterdiği temel akademik becerilerin kazanılmasını engelleyen faktörler olduğu

düşünülmektedir. Ayrıca bu bireylerde görülen duyuşsal, motor, algısal ve bilişsel bozuklukların talamus ve serebellumda yer alan bozuk bağlantılar ile korele olduğu belirtilmiştir. Diğer bir açıklamaya göre ise ÖÖG'nin genetik, biyolojik temelli bilişsel bozukluklar ve çevresel faktörlerin etkileşiminin bir sonucu olduğu ileri sürülmektedir (12, 13).

Özgöl öğrenme güçlüğu semptomolojisinin ortaya çıkması ve şiddeti bireye göre önemli ölçüde değişiklik gösterebilir (8, 12). Kesin tanımlamalar yapılmamış olmasına rağmen, ÖÖG'nin güçlü bir genetik bileşeni vardır (14) ve ailede herhangi bir öğrenme güçlüğu hikâyesinin olması durumunda, öğrenme güçlüklerinin ortaya çıkması çok daha olasıdır (8). Birinci derece akrabalarından herhangi birinde ÖÖG olması durumunda, çocuklardaki tanı alma riskinin dört ile sekiz kat kadar arttığı belirtilmiştir (14). Genetik faktörlerin dışında prematüre, düşük doğum ağırlığı veya prenatal dönemde nikotine maruziyet durumları da ÖÖG riskini arttırmaktadır (8).

2.1.4. Sınıflandırma

Özgöl öğrenme güçlüğu, DSM-5 kriterlerine göre temel olan üç alanda; okumada bozukluk (disleksi), yazılı ifadede bozukluk (disgrafi) ve matematik becerilerde bozukluk (diskalkuli) olmak üzere sınıflandırılır. Genellikle okul öncesi dönemde görülmeye başlar. Çeşitli ÖÖG alt tipleri arasındaki örtüşme ve komorbidite (eş zamanlılık) nedeniyle, DSM-5 ile birlikte farklı ÖÖG alt tipleri, ÖÖG tanı ölçütlerinden elimine edilerek, tanı kategorisi genişletilmiştir. Okuma (kelime okuma doğruluğu, okuma hızı veya akıcılık ve okuduğunu anlama), yazılı ifade (imla doğruluğu, dilbilgisi ve noktalama işaretleri, yazılı ifadenin anlaşılabilirliği veya organizasyonu) ve matematik (sayı algısı, doğru veya akıcı hesaplama ve doğru matematiksel muhakeme) alanlarında ayrıntılı ÖÖG tanı ölçütleri belirlenmiştir. Ayrıca ÖÖG, DSM-5 tanı kriterlerine göre; hafif, orta veya şiddetli olarak sınıflandırılmaktadır (8).

Okuma Alanında Özgöl Öğrenme Güçlüğu

Disleksi olarak da bilinen okuma alanındaki ÖÖG, ilk olarak 1896'da tanımlaması yapılan öğrenme bozuklukları arasında ilk tanımlanan bozukluklardandır

(15). DSM-5'e göre disleksi; kelime okuma doğruluğu, okuma hızı ve akıcılık, okuduğunu anlama ve yorumlama, heceleme, kelime kodlama becerisi ile ilgili zorlukları ifade etmek için kullanılan alternatif bir terimdir (8). Okuma bozukluğunun erken belirtileri; çocuk şiirleri, tekerlemeler, çocuk şarkılarını öğrenme zorluğu, yanlış telaffuzlar, harfleri ve sayıları öğrenmede zorluk, kendi ismindeki harfleri bilememe durumlarını içerebilir (15). Genellikle okuma alanındaki ÖÖG, anaokulunda veya birinci sınıfta çocukların, harfleri isimlendirmek ve bunları uygun seslerle ilişkilendirmek için çaba göstermeleri durumunda fark edilir (16).

Öğrenme bozuklukları arasında, okuma bozukluğunun en yaygın olduğu kabul edilmektedir. Epidemiyolojik çalışmalar, ÖÖG için tanı kriterlerini karşılayan çocukların % 80'inin okumayı öğrenmeyle ilgili birincil zorluklar gösterdiğini ortaya koymaktadır (15, 17, 18). Fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) ve pozitron emisyon tomografisi (PET) ile, okuma bozukluğu olan bireylerde belirgin nöral bulgular olduğu gösterilmiştir (15). Özellikle fonolojik işlemlerde yaşanan problemlerde, sol hemisferde temporal ve parietal lobların birleştiği noktada bir etkilenim olduğu belirtilmiştir (19).

Yazma Alanında Özgül Öğrenme Güçlüğü

Yazılı alandaki ÖÖG (disgrafi); imla doğruluğu, dilbilgisi, noktalama doğruluğu, yazılı ifadenin netliği (anlaşılabilirliği) veya organizasyonu ile ilgili zorlukları içermektedir (8). Yazma güçlüğü olan birey heceleme konusunda da güçlük çekebilir ve bu durumun genellikle heceleme ve el yazısı arasındaki ilişkiden kaynaklandığı belirtilmiştir. Yaşanılan güçlük, çocuğun sınıf düzeyi arttıkça okunaklı olarak yazma yeteneğinin yetersiz olması ile birlikte, ödevlerin tamamlanması konusundaki problem sonucunda anlaşılabilir (16).

Özgül öğrenme güçlüğünden etkilenen öğrencilerin % 8-15'inin yazma alanında zorluklar yaşadığı tahmin edilmektedir (17). Yazma görevleri ile ilgili güçlükler, genellikle üçüncü sınıfın sonuna doğru geldiğinde görülür. Diğer öğrenme güçlüklerinde olduğu gibi, erkeklerde kızlardan daha fazla görülmektedir. Okuma güçlüğü veya dil bozukluğu olan çocuklarda, yazma güçlüğü görülme olasılığı da daha yüksektir. Hem genetik hem de çevresel faktörler yazma güçlüğü ile ilişkilendirilse de,

bu tip bir güçlüğü neden olan belirli çevresel faktörler arasında; fetal alkol sendromu, karbon monoksit zehirlenmesi ve parietal loba özgü beyin travması bulunmaktadır (19).

Matematik Alanında Özgül Öğrenme Güçlüğü

Matematik alanında ÖÖG (diskalkuli); sayı algısı, sayısal bilgilerin işlenmesi, aritmetik niteliklerin öğrenilmesi, doğru ve akıcı hesaplama, doğru matematik muhakemelerin yapılması ile ilgili zorlukları içerir (8).

Özgül öğrenme güçlüğü olan çocukların yaklaşık % 5-6'sının, matematiksel hesaplamaların yanı sıra sayısal bilgilerde ve matematiksel muhakeme işlemlerinde ciddi zorluklar gösterdiği belirtilmektedir (17, 20). Özgül öğrenme güçlüğü cinsiyet açısından erkeklerde kızlara göre yaklaşık olarak 2-3 kat daha fazla görülmesine rağmen, diskalkuli kızlarda daha yaygındır (21). Diskalkulinin etiyojisi konusunda net bir fikir birliğini olmamasına rağmen; genetik yatkınlık, nörolojik bozukluklar ve çevresel yoksunluk gibi çeşitli faktörlerin diskalkuliye neden olduğu ileri sürülmektedir. Shalev ve ark. (22), diskalkuli olan bireylerin tüm kardeşlerinin yaklaşık yarısında diskalkuli olabileceğini ve genetik yatkınlığın önemini vurgulamaktadır.

2.1.5. Komorbidite

Komorbidite, en az iki hastalığın, aralarındaki sebep-sonuç ilişkisi nedeniyle, eşzamanlı olarak ortaya çıkma durumunu ifade eder (23).

Özgül öğrenme güçlüğü genellikle, nörogelişimsel bozukluklar (dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu (DEHB), iletişim bozuklukları, gelişimsel koordinasyon bozukluğu, otizm spektrum bozukluğu) veya diğer zihinsel bozukluklar (anksiyete bozuklukları, depresif ve bipolar bozukluklar) ile birlikte görülebilir. Bu komorbiditeler, ÖÖG tanısının dışlanmasına neden olmamakla birlikte ÖÖG'de tanısal testlerin yapılmasını ve ayırıcı tanıyı zorlaştırabilir. Komorbid durumlar, öğrenme de dâhil olmak üzere bireyin günlük yaşam aktivitelerini etkilemektedir (8).

Genellikle ÖÖG ve DEHB'nin birliktelikleri ile ilgili çok farklı oranlar bulunsa da, kabul edilen görüş; ÖÖG'ye en sık eşlik eden tanının DEHB olduğudur. Bu iki bozukluğun birlikteliğinin, benzer kalıtsal etkenlerle ilişkili olabileceği vurgulanmakta ve Wilcutt ve ark. (24), ÖÖG ve DEHB'nin aynı spesifik gene ait olabileceğini bildirmektedir.

Özgül öğrenme güçlüğü olan öğrencilerde; hayal kırıklığı, kaygı ve özgüven eksikliği riskinin yüksek olduğu görülmüştür (25, 26). Bu öğrencilerin akademik başarısızlığa ve okulda yaşayacakları sıkıntı seviyelerine bağlı dışsallaştırma davranışları (sık sık devamsızlıklar, sosyal ayrılma ve saldırgan davranışlar) gösterme olasılığının daha yüksek olduğu belirtilmektedir (13, 25). Özgül öğrenme güçlüğü, okul çağındaki öğrencilerin % 70'inin sorunlu ve endişeli olarak etiketlenmelerine neden olabilmektedir (26).

2.1.6. Tanılama

DSM-5'te, ÖÖG için 4 tanı ölçütü vardır (8):

1. Gerekli girişimlerde bulunulmasına karşın, en az altı aydır süren ve aşağıda listelenen belirtilerin en az birinin varlığı ile belirli, öğrenme ve akademik becerileri kullanma güçlüklerini içerir:
 - ❖ Sözcük okumanın yanlış ya da yavaş olması,
 - ❖ Okunan metni anlamada güçlük,
 - ❖ Harf söyleme ve yazma güçlüğü,
 - ❖ Yazılı anlatım güçlüğü,
 - ❖ Sayı algısı ve hesaplama güçlüğü,
 - ❖ Sayısal akıl yürütme güçlüğü.
2. Kişinin etkilenen akademik becerileri, kronolojik yaşına göre beklenenin önemli ölçüde ve ölçülebilir derecede altındadır ve okul ya da işle ilgili başarıyı ya da günlük yaşam etkinliklerini ileri derecede bozar. 17 yaş ve üzerinde olan kişilerde, geçerli değerlendirmelerin yerine, işlevselliği bozan, belgeli öğrenme güçlükleri öyküsü kullanılabilmektedir.

3. Öğrenme güçlükleri okul yıllarında başlar fakat etkilenen akademik becerileriyle ilgili talepler, kişinin sınırlı kapasitesini aşmadıkça tam olarak kendini göstermeyebilir.
4. Öğrenme güçlükleri, anlık yeti yitimleri, düzeltilmemiş görme ya da işitme keskinliği, diğer ruhsal ve sinirsel bozukluklar, ruhsal-toplumsal güçlükler, okulda kullanılan dili tam bilmeme ya da eğitsel yönergelerin yetersizliği nedeniyle daha iyi açıklanamamaktadır.

Yukarıda belirtilen tanı ölçütlerinin yanında birey klinik açıdan değerlendirilerek, çocuğun hikâyesi, okuldan elde edilen bilgiler ve ruhsal-eğitsel izlenimler dikkate alınmaktadır. Nöropsikolojik değerlendirmelerin yer aldığı ayrıntılı bir psikiyatrik muayene sürecinde kullanılan testler arasında genellikle; Wechsler Çocuklar için Zekâ Ölçeği (WISC), Mangina Testi, Görsel İşitsel Sayı Dizileri Testi, Sayı Dizisi Öğrenme Testi, İşitsel Sözel Öğrenme Testi, Çizgi Yönünü Belirleme Testi, ÖÖG Bataryası gibi testler yer almaktadır. Özgül öğrenme güçlüğü bataryası 9 alt testten oluşmaktadır. Bu test bataryası; okuma testi, yazma testi, alfabenin harflerinin sırasıyla ve küçük harfler ile yazılması, sınıf düzeyine göre toplama ve çarpım tablosu soruları, aylar ve günler ile öncelik ve sonralık ilişkilerinin sorgulanması, Gessel Şekilleri, Saat Çizme Testi, Head Sağ-Sol Ayırt Etme Testi, Harris Lateralleşme Testini içermektedir.

2.1.7. Özgül Öğrenme Güçlüğü Tanısında Zekâ Testlerinin Rolü

Özgül öğrenme güçlüğü'nün bir zekâ geriliği olmadığı ve zekâ testlerinin, ÖÖG'nin tanı sürecinde yardımcı olabilen ek bilgiler sağladığı bilinmektedir. Zekâ değerlendirmesinde ülkemizde uygulanan araç; Wechsler Çocuklar İçin Zekâ Ölçeği - Dördüncü Baskısı (WISC-IV)'dir. Bu test, 6 yaş 0 ay ile 16 yaş 11 ay arasındaki çocukların bilişsel becerilerini ölçmeye yarayan bir zekâ testidir.

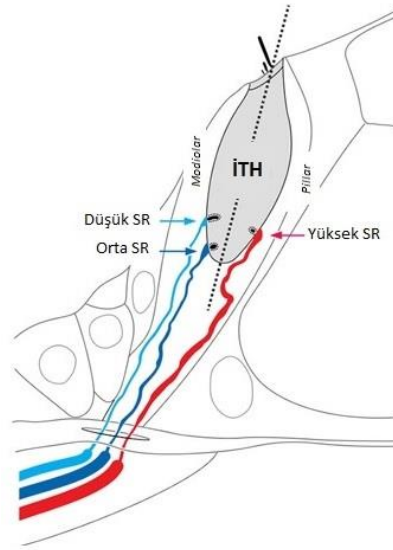
WISC-IV, güncel zekâ ölçeğinde dört faktöre dayalı alanlar değerlendirilir. Bunlar; sözel anlama, algısal akıl yürütme, çalışma belleği ve işleme hızıdır. Ayrıca bu değerlendirme faktörlerinin birleşik sonuç puanı olan, tüm ölçek zekâ puanı da yer almaktadır.

Son zamanlarda yapılan araştırmalar, dört faktörlü yapıların normatif örneklemeler için (27-29) ve farklı olan klinik teşhisler için uygun olduğunu göstermektedir (30). 2003 yılında Amerika’da yeniden düzenlemesi yapılan ve kullanıma sunulan Wechsler Zekâ leklerinin en son sürümü WISC-IV’n ülkemizdeki standardizasyonu ve norm alışmaları Türk Psikologlar Derneği bünyesinde 2007-2011 yılları arasında yapılmıştır. Uygulama yaklaşık olarak 2 saat sürmektedir.

2.2. Eşiküstü Sesin Kodlanması

İşitme sinir lifi, kokleadan merkezi işitsel sisteme spike dizisi aracılığıyla, akustik evre hakkında bilgi taşır. Her işitme sinir lifi, bir i tüy hücre (İTH) ile tek bir sinaps aracılığıyla temas eder. Her İTH’de, türlere ve koklear bölgeye bağlı olarak 10 ile 30 arasında işitme sinir lifi sinaps olur ve insanlarda 35 mm’lik koklear sarmal boyunca yaklaşık olarak 3500 İTH vardır. Bu nedenle, akustik dünyamız hakkında edindiğimiz tüm bilgiler, yaklaşık olarak 30.000 işitme sinir lifi aracılığıyla taşınır (31).

Memeli i kulağındaki işitme sinir lifileri,  fonksiyonel gruba ayrılabilir. Sınıflandırma, ateşleme hızına (SR; *spontaneous rate*) dayanır ve temel fonksiyonel farkları sese olan duyarlılıklarıdır. Yüksek-SR lifleri düşük eşik değerlere, düşük-SR lifleri yüksek eşik değerlere sahiptir ve orta-SR liflerinin eşik değerleri ise ikisi arasındadır. Anatomik alışmalar,  işitme sinir lifi tipinin hepsinin aynı İTH’yi inerve ettiğini, ancak düşük-SR liflerinin daha ince aksonlara, daha az mitokondriye sahip olduğunu ve İTH’nin modiolar tarafında sinaps yapma eğiliminde olduklarını göstermektedir. Buna karşılık, yüksek-SR lifleri daha kalın aksonlara, daha fazla mitokondriye ve pillar tarafında sinapslara sahiptir (32).



Şekil 2.1. Farklı ateşleme hızlarına sahip olan işitme sinir liflerinin, İTH üzerindeki sinaptik temasları (31).

Yüksek-SR lifleri, özellikle sessiz bir ortamdaki sesleri algılama kabiliyetini belirlemektedir. İşitme eşiğinin yaklaşık olarak 20-30 dB üzerinde olduğu durumlarda, yüksek-SR liflerinin ateşleme hızları doluma ulaşır. Düşük-SR lifleri ise, yüksek dolum eşikleri ve işitmenin dinamik aralığının genişletilmesi için önemlidir. Özellikle arka planda gürültü olan ortamlarda, hedef uyarıyı algılama ve ayırt etme yeteneğinde öne çıkmaktadır. Yüksek-SR liflerinin aktivitesini, sürekli gürültüyle maskelemek nispeten kolaydır. Sese karşı çok hassas olduklarından, eşik değere yakın bir gürültü seviyesi bile yüksek-SR liflerinin arka plan ateşleme hızını artırır. Bu sürekli aktivasyon, sinaptik yorgunluğa (vezikül tükenmesine) neden olur. Böylece mevcut olabilecek diğer *tone-burst* veya geçici sinyallerde maksimum ateşleme hızları azalır (33, 34).

Düşük-SR lifleri, yüksek dolum eşiklerinden dolayı arka plandaki gürültülere karşı daha dirençlidir. Sürekli geniş bant maskeleme gürültüsündeki artış ile birlikte akustik sinyallerin kodlanması daha fazla önem kazanmaktadır. Bu nedenle, eşik üstü uyarılara cevap olarak ortalama ateşleme hızlarındaki büyük değişiklikleri daha fazla gösterirler (35).

2.3. Eşiküstü İşitsel İşleme Becerileri

Sesin farklı algısal nitelikleri, farklı spektro-temporal akustik özelliklere bağlı olmasına rağmen genellikle temporal bilgiye dayanır. Her işitme sinir lifi esas olarak ses enerjisinin dar bir frekans bandı ile ilişkilidir. Böylece, işitme sinir lifleri tarafından kodlanan temporal bilgi iki bölüme ayrılır. Birincisi; sinüzoidal dar bant taşıyıcı dalgalanmaların zamanlamasına karşılık gelen *temporal fine structure*'dır ve bandın merkez frekansına yakın hızdaki değişimleri temsil eder. İkincisi ise; bant genişliği ile sınırlanan ve zamansal dalgalanmaları olan bu taşıyıcının *temporal envelope*'dur ve genliğin zaman içindeki nispeten yavaş değişimlerini temsil eder (36, 37). Dolayısıyla, sesin dalga formlarının ne kadar hızla (modülasyon hızı) ve ne kadar büyüklükte (modülasyon derinliği) değiştiğini içeren genel amplitüdüdeki değişimler TE'yi ifade etmekte, TE içerisindeki salınımlar ise, sesin TFS'sini veya genel olarak sesin spektrumunu temsil etmektedir. Sonuç olarak, TFS taşıyıcı sinyale karşılık gelirken, TE taşıyıcı sinyaldeki genlik modülasyonlarına karşılık gelmektedir (37).

Alçak frekanslar için işitme sinir lifleri, hem TFS hem de TE bilgilerini iletir ve nöral spike'lar taşıyıcı faza ve ani ateşleme hızına kilitlenirler. Alçak frekanslardaki TFS bilgisi, özellikle sesin reverberasyon özelliğinin olmadığı koşullarda, algılanan lokasyonu belirleyen dominant algısal ipucudur (38). Yüksek frekanslarda ise, işitme sinir lifleri TFS'ye kilitlenemez ve temporal bilgi TE dalgalanmalarına faz kitleme yoluyla iletilir (36). Ek olarak TE bilgisi, yankılanan enerjinin TFS ipuçlarını bozduğu koşullar gibi gündelik ortamlarda, sesin mekânsal algısında önemli bir rol oynayabilir (39, 40).

Konuşma algısı (41), ses kaynağının konumu (42), akustik bileşenlerin nesnelere halinde gruplandırılması (43) ve çeşitli maske seslerinin ayırt edilmesi (44, 45) gibi ses algısının çeşitli yönleri, TFS ve TE ipuçlarının kullanılmasına bağlıdır. Ayrıca, sesin algısal niteliklerinden biri olan mekânsal algı için önemli olan, kulaklar arası zaman farklarının (ITD) hesaplanmasıdır ve bu durum temporal ipuçlarının hassasiyetini gerektirir (42). Çalışmalar, TE'nin yüksek sinyal gürültü oranlarında (SGO) veya sessiz dinleme koşullarında (46), TFS'nin ise daha düşük SGO'larda veya gürültülü ortamlarda konuşmanın anlaşılabilirliği için daha fazla katkıda bulunduğunu bildirmektedir.

Gündelik ortamlar genellikle farklı ses kaynakları ve bu kaynakların yankılanan ses enerjilerini içerir. Bu durum sinyal modülasyonlarının derinliğini azaltır ve akustik bir sinyalde interaural temporal ipuçlarını etkiler. Böylelikle seslerin temporal yapısı, dinleyicilerin kulaklarına bozularak ulaşır ve giriş sinyali modülasyonlarındaki bu bozulmalar, mekânsal algıdaki bilginin bulanık, belirsiz ve konuşmanın daha az anlaşılır olmasına neden olabilir (47, 48).

2.4. Eşiküstü Psikoakustik Testler

2.4.1. *Temporal Fine Structure* Bilgisi

Konuşma uyarılarındaki karmaşık geniş bant sinyalleri, kokleadaki baziler membranda (BM) analiz edilerek bir dizi *bandpass filtered* sinyaller halinde ayrıştırılır. BM üzerindeki bu sinyallerin her biri, daha hızlı salınan bir taşıyıcı olan *temporal fine structure*'a yerleştirilmiş bir *temporal envelope* olarak kabul edilebilir (49).

TFS bilgisi, sessiz bir ortamda konuşmanın anlaşılabilirliği için gerekli değildir (50). Fakat arka planda gürültü olduğu durumlarda temel frekanstaki farklılıklara dayanarak, hedef uyarı ve arka plan gürültüsünün algısal ayrışması yoluyla konuşmanın anlaşılabilirliğini artırabilir (51). Böylelikle TFS bilgisinin binaural olarak işlenmesi, arka plan gürültülerinde dinleyicilerin hedef konuşma seslerinin mekânsal ayrımını yapmalarını sağlayacaktır (52).

Klinik ortamlarında ve araştırma çalışmalarında kullanılmak üzere TFS hassasiyetini değerlendirebilecek güvenilir ve hızlı testlerin geliştirilmesine büyük ilgi gösterilmiştir (53-55). 2009 yılında Moore ve Sek tarafından, TFS'nin monaural hassasiyeti değerlendirmek için TFS-1 testi adı verilen bir test geliştirilmiştir. TFS-1 testinde, tonların farklı uyarma paternine sahip olması, bazı yaşlı bireylerin normal işitmeye sahip olsalar dahi testi yapamamaları ve testin 850 Hz'in altındaki frekanslarda TFS hassasiyetini ölçememesi gibi bazı problemler ile karşılaşmıştır (56). Daha sonrasında, Hopkins ve Moore tarafından 2010 yılında geliştirilen TFS-LF (*Low Frequency*) testi, dinleyicilerin binaural TFS hassasiyetini değerlendirmek için sıklıkla kullanılmıştır. Bu testte, tonların frekansı genellikle 500 Hz veya 750 Hz olup,

kişilerin kulaklar arası faz farkı (IPD) değışikleri tespit edilmektedir. IPD'yi tespit etme yeteneğinin belirli bir frekans üzerinde hızlı bir şekilde kötüye gitmesi nedeniyle bazı dinleyicilerin bu görevi yerine getiremediğı ve TFS hassasiyetini sınıflandırmaya yönelik bir ölçüm alınmadığı çoğı kez gözlemlenmiştir (56). Bunun üzerine 2017 yılında Fugrabe ve ark. TFS-LF testini modifiye etmişler ve IPD'yi belirli bir değerde sabitleyerek (örneğin; 180°), frekans değerini eşik belirlemek için kullanmışlardır. TFS-AF (*Adaptive Frequency*) olarak adlandırılan bu yöntemde ton frekansı adaptif olarak değışmektedir (49). Bu yöntem sayesinde, TFS-LF testini yerine getiremeyen dinleyicilerin bile, alçak frekanslarda TFS-AF testini gerçekleştirebilecekleri beklenmektedir.

TFS bilgisi, nöral senkronizasyon (*phase locking/faz kilitleme*) ile TFS'nin bireysel döngülerine iletilir. Faz kilitleme paternindeki TFS bilgisinin, yüksek frekanslara doğru gidildikçe, özellikle de 4000-5000 Hz'nin üzerindeki frekanslarda zayıflamakta olduğu belirtilmiş olup, insanlardaki kesin üst sınırı ise halen bilinmemektedir (56).

2.4.2. Temporal Envelope Bilgisi

TE bilgisinin konuşmanın anlaşılrlığı için önemli olduğu uzun yıllardan beri bilinmektedir. Bu bilginin genellikle konuşmanın alçak frekans ipuçlarını içermekte olduğu ve bu durumun fonemlerin, hecelerin, kelimelerin ve cümlelerin tanımlanması için kritik olduğu belirtilmektedir (57).

Konuşma sinyalinin temporal modülasyonları, modülasyon indeksi olarak tanımlanmıştır. Tüm oktav bantlarında, en önemli modülasyon frekansları (modülasyon indeksinin en yüksek değerine ulaştığı yer) konuşmadaki hece hızını yansıtan 3-4 Hz'dir (58, 59). Bir konuşmada ise yaklaşık olarak 15-20 Hz'e kadar ilgili modülasyon frekansları bulunabilmektedir. İnsan kulağının temporal modülasyonlara hassasiyetinin tahminen 25-100 Hz arasındaki bir frekansa karşılık geldiğı bildirilmiştir. Yaklaşık olarak 4-16 Hz arasında modülasyon derinliğı olan TE bilgilerinin, sessiz ortamda konuşmanın anlaşılrlığı için önemli olduğu belirtilmektedir (58, 60, 61). Modülasyon derinliğinin artması ile arka planda gürültü olduğu durumlardaki konuşma anlaşılrlığının önem kazandığı vurgulanmaktadır (62).

TE bilgisi, nöronlar arasındaki aktivitenin “patern algısı” yoluyla kodlanmaktadır. Bir sesin amplitüdünün, nöronların ateşlenme hızındaki ve uyarılan nöronların sayısındaki artış ile kodlandığı bilinmektedir (63). Bu nedenle, zaman içerisinde görülen dalga formunun "*peaks*" ve "*valleys*" leri (*envelope*), işitsel yol boyunca senkronize bir sinirsel aktivitenin paterni olarak kodlanabilir (64).

2.5. Gürültüde Konuşmayı Tanıma

Konuşmanın anlaşılabilirliği kompleks bir süreç olup, farklı zaman ölçeklerinde çeşitli akustik ipuçlarının eşzamanlı entegrasyonuna dayanmaktadır (65). Arka planda gürültü olduğu durumlardaki konuşmanın anlaşılabilirliğinde, konuşma sinyalinin farklı zaman ölçeklerinde bulunabilecek akustik ipuçlarını entegre etmek, ipuçlarındaki olası bozulmalar nedeniyle zor hale gelebilmektedir (66).

Rosen (57), akustik ipuçları bilgilerini, sesin yoğunluğundaki dalgalanma hızlarını temel alarak üç kategoride sınıflandırmaktadır: *envelope*, *periodicity* ve *fine structure*. *Envelope*, 2 Hz ve 50 Hz arasındaki hızlarda genel amplitüddeki dalgalanmaları ifade etmektedir (yavaş dalgalanmalar). Prosodik ipuçlarının yanında, *segmental* (fonemik) ipuçları olan artikülasyon, seslenme, ünlü sesi tanıma gibi ipuçlarını iletmektedir. Bunlara ek olarak, konuşmanın anlamsal ve duygusal ipuçları olan *supra-segmental* özelliklerini de taşımaktadır. *Periodicity*, 50 Hz ve 500 Hz hızları arasındaki dalgalanmaları ifade etmektedir. *Periodicity* ipuçları, konuşma üretiminde yer alan sesin kaynağı hakkında bilgi sağlamaktadır. Aynı zamanda, tonlamalar ve vurgulamalar (hecelere vurgu yapma ve sorular ile ifadeler arasında ayırım yapma gibi) ile ilgili prosodik bilgiler de aktarmaktadır. *Fine structure*, 600 Hz ve 10.000 Hz arasındaki dalgalanma hızlarında, dalga şeklinin değişimini ifade etmekte olup, formant paternleri dâhil olmak üzere sesin spektrumu hakkındaki bilgiler içermektedir. Sesin tanınması ve kalitesi ile ilişkili olduğu düşünüldüğünden, gürültülü ortamlardaki konuşmanın anlaşılabilirliğinde önemli olduğu bildirilmektedir.

Brady ve ark. (67) yaptıkları bir çalışmada disleksisi olan çocukların, konuşma sinyalindeki akustik ipuçlarının fonolojik yapısını işleme zorluklarına sahip olabileceklerini belirtmişlerdir. Bu doğrultuda yaptıkları çalışmada disleksisi olan ve olmayan çocuklardan belirli bir SGO'ya sahip kelimeleri tekrarlamaları istenmiştir.

Kelimeler sessiz konumda sunulduğunda sonuçların gruplar arasında benzer olduğu, ancak bu kelimeler gürültüye gömüldüklerinde, disleksisi olan çocukların kelimeleri tanımlarında önemli ölçüde zayıf performans gösterdiklerini vurgulamışlardır. Benzer şekilde literatürde yer alan çok sayıdaki çalışmada, disleksi olan çocukların gürültüde konuşmayı ayırt etmelerinde güçlük yaşadıkları belirtilmiştir (66, 68-70).

2.6. Özgül Öğrenme Güçlüğünde İşitsel İşleme Beceri Zorlukları

Özgül öğrenme güçlüğü tanısı genellikle okul yılları sırasında konulmuş olsa da, okul öncesi dönemde de belirtiler gözlemlenebilmektedir. Okul döneminde ise belirtiler daha görünür hale gelebilmektedir. Harf-ses ilişkisini öğrenmede güçlük, sözcükleri ve harfleri karıştırma, gürültülü ortamlarda yaşadıkları iletişim problemleri, işitsel işleme becerileri alanındaki güçlüklerden sayılabilmektedir.

Okuma güçlüğüne altında yatan nedenler ile ilgili önemli bir teori, ÖÖG'nin fonolojik farkındalık dâhil olmak üzere fonolojik işlemedeki eksiklikten kaynaklandığını belirten; fonolojik eksiklik teorisidir (71). İlgili ikinci bir teori, işitsel temporal işleme eksikliği teorisidir. Bu teoriye göre, dislekside sıkça görülen fonolojik işlemedeki zorlukların, işitsel temporal işlemede yer alan temel algısal işlemlerdeki bir eksiklikten kaynaklandığı öne sürülmektedir (72). Temporal işlemedeki eksikliklerin fonolojik algıyı etkileyerek, fonolojik işleme kabiliyetlerinin bozulmasına neden olabileceği vurgulanmıştır. Dilbilimsel olan (linguistik) ve olmayan uyanların algısındaki güçlüğü, dili işlemek için zorluklar yaratabildiği ve bireyin başarılı bir şekilde okumayı öğrenme yeteneğini etkileyebildiği düşünülmektedir (73).

İşitsel işleme için en önemli alanlar; primer işitsel korteks ve işitsel *association* korteksidir. Bu korteksler, temporal lobdaki Heschl gyrus ile parietal lobdaki açısak gyrus ve supramarginal gyrus gibi çeşitli alanları içermektedir. Araştırmalar, okuma ve yazma güçlüğüne altında yatan nörolojik bulgular ile işitsel işlemedeki eksiklikler arasındaki örtüşmeyi işaret etmektedir. Bunun nedeni olarak supramarjinal gyrus ve sol parietotemporal alanlarının, disleksi ve işitsel işleme için kritik olabileceğine dikkat çekilmektedir (74, 75). Nöroanatomik ve

nörofizyolojik olarak, disleksi ve işitsel işleme arasındaki bu örtüşme, disleksisi olan bireylerin neden işitsel işlemede eksiklikler gösterdiğini açıklayabilir.

3. BİREYLER VE YÖNTEM

Bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Anabilim Dalı'nda, Odyoloji Yüksek Lisans Programı'na bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Katılımcılara çalışmanın amacı ve kapsamı hakkında bilgi verilmiş, yazılı onam formları alınmıştır. Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından GO 18/864 kayıt numarası ile 09.10.2018 tarihinde değerlendirilen çalışma, tıbbi etik açıdan uygun bulunmuştur (EK-1).

3.1. Bireyler

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk ve Ergen Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı tarafından ÖÖG tanısı alan 6-11 yaş aralığında 25 çocuk çalışma grubuna; Hacettepe Üniversitesi Odyoloji Ünitesi'ne herhangi bir nedenle başvuran, yapılan değerlendirmeler sonucunda normal işitme saptanan ve dâhil edilme kriterlerine uygun 6-11 yaş aralığında 25 çocuk kontrol grubuna dâhil edilmiştir.

3.1.1. Çalışmaya Dâhil Edilme Kriterleri

Çalışma grubu için;

- 6-11 yaş aralığında olmak,
- Bilateral normal işitmeye sahip olmak,
- Özgül öğrenme güçlüğü tanısı almış olmak,
- Normal konuşma ve dil gelişimine sahip olmak,
- Normal görmeye veya düzeltilmiş görmeye sahip olmak,
- Özgül öğrenme güçlüğü ve sık eşlik eden DEHB gibi komorbid tanılar dışında bilinen nörolojik ve psikiyatrik bir hastalığı olmamak,
- Wechsler Çocuklar İçin Zekâ Ölçeği – Dördüncü Baskısı (WISC-IV) sonucuna göre Toplam Zekâ Bölümü (TZB) skorunun en az 75 veya 75'den büyük olması,
- Testi gerçekleştirebilecek fiziksel ve zihinsel becerilere sahip olmak,
- Ana dilinin Türkçe olması,

- Çalışmaya katılmaya gönüllü olmak dâhil edilme kriterleri olarak belirlenmiştir.

Kontrol grubu için;

- 6-11 yaş aralığında olmak,
- Bilateral normal işitmeye sahip olmak,
- Normal konuşma ve dil gelişimine sahip olmak,
- Normal görmeye veya düzeltilmiş görmeye sahip olmak,
- Bilinen nörolojik ve psikiyatrik bir tanısı olmamak,
- Testi gerçekleştirebilecek fiziksel ve zihinsel becerilere sahip olmak,
- Ana dilinin Türkçe olması,
- Çalışmaya katılmaya gönüllü olmak dâhil edilme kriterleri olarak belirlenmiştir.

3.2. Araçlar ve Yöntem

Tüm çocuklara odyolojik değerlendirme, eşiküstü işitsel işleme testleri (psikoakustik testler) ve gürültüde konuşmayı tanıma testi uygulanmıştır. Çalışma grubunda olan çocuklara ise ilave olarak WISC-IV zekâ testi ve ÖÖG test bataryası Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk ve Ergen Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı'ndaki öğretim üyeleri tarafından uygulanmıştır.

3.2.1. Psikiyatrik Değerlendirme

Çalışma grubu hastalarının psikiyatrik değerlendirmeleri, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk ve Ergen Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Prof. Dr. S. Ebru ÇENGEL KÜLTÜR ve Dr. Öğr. Üyesi Dilek ÜNAL tarafından yapılmış, yine aynı bölümde uygulama sertifikasına sahip alanda deneyimli bir psikolog tarafından WISC-IV zekâ testi uygulandıktan sonra, odyoloji bölümüne yönlendirilmiştir.

3.2.2. Odyolojik Değerlendirme

Çalışma ve kontrol grubunu oluşturan çocukların hava yolu işitme eşikleri; *Otometrics Astera-2* marka odyometre ve TDH-49 supraural kulaklıklar kullanılarak 125-8000 Hz frekans aralığında değerlendirilmiştir. Kemik yolu işitme eşikleri ise yine aynı marka odyometre ve kemik vibratör kullanılarak 500-4000 Hz frekans aralığında değerlendirilmiştir.

3.2.3. Eşiküstü Psikoakustik Testler

Temporal Fine Structure - Adaptive Frequency (TFS-AF) Hassasiyet Testi

Testte *2-Interval (2-I)*, *2-Alternative Forced Choice (2-AFC)* yöntemi kullanılmıştır. Her deneme, birbirinden 500 ms ile ayrılan ardışık iki intervalden oluşur. Her bir interval de, birbirinden 100 ms ile ayrılan 400 ms'lik dört ardışık ton içermektedir (Tablo 3.1.).

Tablo 3.1. TFS Hassasiyet Testi'nde bir denemedeki uyaran özeti.

1. Interval								2. Interval						
1.Ton	Boşluk	2.Ton	Boşluk	3.Ton	Boşluk	4.Ton	Boşluk	1.Ton	Boşluk	2.Ton	Boşluk	3.Ton	Boşluk	4.Ton
400 ms	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	500 ms	400 ms	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms

Program tarafından rastgele seçilen iki intervalin birinde tüm tonların IPD değeri 0° 'dir (standart interval). Diğer intervalde ise birinci ve üçüncü tonun IPD değeri standart interval ile aynı, ikinci ve dördüncü tonun IPD değeri ise farklıdır. Normal TFS hassasiyetine sahip bir dinleyici, $IPD=0^\circ$ olan sesleri başın merkezine yakın gibi algılamakta, büyük IPD'ye sahip tonları bir kulağa doğru lateralize olacak şekilde algılamaktadır (56). Testte, ikinci ve dördüncü tonların IPD değeri, $IPD=180^\circ$ olacak şekilde sabitlenmiştir.

Testin başlangıç frekansı 200 Hz'dir. Test ilerledikçe tonların frekansı, psikometrik fonksiyonda % 71'lik doğru nokta tahmini için *2-up* (çıkan), *1-down* (inen) basamak kuralı kullanılarak adaptif olarak belirlenmiştir (76). Programda

tonların sunum şiddeti ise, çocuğun daha öncesinde ölçülen ve programa girilen 125 Hz - 2 kHz arasındaki odyometrik eşiklerini ayrı ayrı kullanarak 30 dB SL'e ayarlanmaktadır.

Çocuklardan iki intervali sırasıyla dinledikten sonra, hangi intervalde kafasının içerisinde hareket ediyormuş gibi bir his duyduğunu belirtmesi istenmiştir. Çocuğun bilgisayar monitöründe "1" veya "2" numara şeklinde gördüğü iki intervalden doğru cevap olarak düşündüğü interval için, klavyede ilgili numaraya basarak veya ilgili numarayı sözel olarak söyleyerek cevaplar alınmıştır. Test sonunda çocuğun test performansı ile adaptif olarak belirlenen frekans değeri, program tarafından test sonucu olarak verilmiştir. Teste geçmeden önce hastayı cesaretlendirmek ve hastanın teste adapte olmasını sağlamak amacıyla, program yazılımında bulunan "*practice session*" sekmesi altında bulunan 200 Hz, 280 Hz ve 336 Hz frekanslarında pratik yapılmıştır. Test sessiz odada ve Sennheiser HDA200 marka kulaklık kullanarak yapılmıştır. Test süresi, hastanın uygulama performansına göre yaklaşık olarak 15 dk sürmüştür.

Temporal Envelope (TE) Hassasiyet Testi

Testte *2-Interval (2-I)*, *2-Alternative Forced Choice (2-AFC)* yöntemi kullanılmıştır. İntervallerden biri; amplitüd modülasyonu olmayan 500 ms'lik bir geniş bant gürültüdür (standart interval). Diğeri ise; dört farklı frekans değerinde (4 Hz, 20 Hz, 50 Hz ve 100 Hz) modüle olan 500 ms'lik SAM (Sinüzoidal Amplitüde Modüle) *Gaussian* gürültüsüdür (hedef interval). Modüle ve modüle olmayan intervallerin toplam *root mean square* (rms) enerjisi eşittir.

SAM gürültü olan intervallerin "Modülasyon Derinliği" aşağıdaki denkleme göre ifade edilir.

$$\text{Modülasyon Derinliği} = 20 \log (m)$$

m; modülasyon indeksi'dir ve 0.0 (modülasyon yok) ile 1.0 (tam modülasyon) arasında değer alır.

Test sırasında, program tarafından modülasyon indeks (m) değeri 0.0 - 1.0 arasında değiştirilerek, modülasyon derinliği de adaptif olarak değişir. Değişen modülasyon indeksindeki bu değer, modülasyon derinliği formülü ile SGO şeklinde desibel (dB) cinsinden ifade edilir ve hastanın TE hassasiyeti fark etme eşikleri, dB cinsinden belirlenir.

İntervaller MATLAB programında oluşturulmuş olup, eşik tespiti için psikoakustikte kullanılan metodlardan biri olan; *Parameter Estimation by Sequential Testing* (PEST) metodu kullanılmıştır. PEST metodunda kullanılan parametreler; W sabiti= 1, p hedef değeri= 0,75, *starting level*= -6, *starting step size*= 3, *final step size*= 1, *max step size*= 12 şeklinde belirlenmiş olup, % 75 doğruluk için 2-AFC yöntemi kullanılmıştır (77).

Teste ilk olarak, 4 Hz SAM olan *Gaussian* gürültü intervali (hedef interval) ile herhangi bir modülasyon olmayan geniş bant gürültünün (standart interval) her denemede rastgele şekilde olmak üzere çocuğa sunulması ile başlanmaktadır. Hastadan iki intervali sırasıyla dinledikten sonra, hangi intervalin hedef interval olduğunu belirtmesi istenmiştir. Cevaplar, hastanın bilgisayar monitöründe “1” veya “2” numara şeklinde gördüğü iki intervelden doğru cevap olarak düşündüğü biri için, bilgisayar faresi ile ilgili numaraya tıklayarak veya ilgili numarayı sözel olarak söyleyerek alınmıştır. Bir deneme bu şekilde tamamlandıktan sonra test otomatik olarak ikinci denemeye başlayarak intervalleri rastgele sırayla göndermektedir. Denemeler sonucunda program tarafından test bitirilerek, adaptif olarak belirlenen SGO, dB cinsinden test sonucu olarak kaydedilmiştir. Aynı zamanda test adaptif olarak eşik tespiti yapması nedeni ile eşik tespiti yapılan deneme sayısı da kaydedilmiştir.

Teste, sırasıyla diğer taşıyıcı frekanslar; 20 Hz, 50 Hz ve 100 Hz SAM olan hedef gürültüler ile her birinin karşısına modülasyon olmayan standart gürültüler sunularak devam edilmiş, çocuktan aynı şekilde hedef intervali tespit etmesi istenmiştir. Yine adaptif olarak belirlenen SGO, dB cinsinden test sonucu olarak ayrı ayrı taşıyıcı frekanslar için kaydedilmiştir.

Teste geçmeden önce çocuğa modüle olan ve olmayan intervali tanıtmak ve çocuğun teste adapte olmasını sağlamak amacıyla pratik yapılmıştır. Test ses korumalı odada ve Sennheiser HDA200 marka kulaklık kullanarak yapılmıştır. Test, çocuğun uygulama performansına göre her bir frekans değeri için yaklaşık olarak 10 dk sürmekte olup, dört taşıyıcı frekans değeri için toplamda yaklaşık olarak 40 dk sürmüştür.

3.2.4. Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi

Ünsüz Ses Tanıma Testi

Testte Türk alfabesinde bulunan 20 farklı ünsüz sesin tanınması değerlendirilmektedir. Yumuşak g (ğ), Türkçede bir ses özelliği göstermeyip iki ünlü arasında ünlülerin uzun sesletilmesi ve ünlü kayması (diftong) gibi işlevleri olduğu için dâhil edilmemiştir (78). Test ünlü-ünsüz-ünlü ses (*vowel consonant vowel - VCV*) şeklinde sıralı olarak iki heceli uyarandan oluşmakta olup, başlangıç ve bitiş foneminde ünlü ses olarak /a/ fonemi kullanılmıştır. Ünsüz ses olarak /b, c, ç, d, f, g, h, j, k, l, m, n, p, r, s, ş, t, v, y, z/ kullanılmıştır.

Uyaranlar bir kadın spiker tarafından seslendirilmiş, kayıtlar 16-bit *quantization* ve 44.1-kHz örnekleme hızında alınarak dijital ortamda 16 kHz'e dönüştürülmüştür.

Uyaranlar iki tur şeklinde verilmiştir. İlk turda sırasıyla %100 oranında 4 Hz, 8 Hz, 16 Hz SAM gürültü arka plana eklenerek uyaranlar sunulmuştur. İkinci turda ise tam tersi şeklinde %100 oranında 16 Hz, 8 Hz, 4 Hz SAM şeklinde sunum yapılmıştır. Her iki turda da SGO azalan sırayla olmak üzere 0 SGO, -3 SGO ve -6 SGO şeklinde verilmiş, her iki turun ilk uyaranları arka planda gürültü olmadan sessiz durumda başlamıştır. Ünsüz Ses Tanıma Testi tur döngüsü Tablo 3.2.'de özetlenmiştir.

Tablo 3.2. Ünsüz Ses Tanıma Testi tur döngüsü.

1. Tur			2. Tur		
1. Uyarın:	Sessiz	durum	11. Uyarın:	Sessiz	durum
2. Uyarın:	4 Hz	0 SGO	12. Uyarın:	16 Hz	0 SGO
3. Uyarın:	4 Hz	-3 SGO	13. Uyarın:	16 Hz	-3 SGO
4. Uyarın:	4 Hz	-6 SGO	14. Uyarın:	16 Hz	-6 SGO
5. Uyarın:	8 Hz	0 SGO	15. Uyarın:	8 Hz	0 SGO
6. Uyarın:	8 Hz	-3 SGO	16. Uyarın:	8 Hz	-3 SGO
7. Uyarın:	8 Hz	-6 SGO	17. Uyarın:	8 Hz	-6 SGO
8. Uyarın:	16 Hz	0 SGO	18. Uyarın:	4 Hz	0 SGO
9. Uyarın:	16 Hz	-3 SGO	19. Uyarın:	4 Hz	-3 SGO
10. Uyarın:	16 Hz	-6 SGO	20. Uyarın:	4 Hz	-6 SGO

%100 oranındaki 4 Hz, 8 Hz, 16 Hz SAM arka plan maske gürültüleri, MATLAB programında oluşturulmuştur. SAM maske gürültüleri ile uyarınlar senkronize olacak şekilde birlikte başlayıp bitmektedir.

Teste geçmeden önce çocukların testi anladığından emin olmak adına gerekli olan pratikler yapılmış, test esnasında da gerektiği hallerde tekrar dinleme seçeneklerinin olduğu belirtilmiştir. Uyarınlar bilgisayar tarafından randomize olacak şekilde seçilmiş, her çocuk için hangi uyarının hangi arka plan gürültüsünde sunulacağı bilgisayar tarafından belirlenmiştir. Birinci turda 10 uyarın, ikinci turda da yine 10 uyarın olmak üzere toplamda 20 uyarın hastaya sunulmuş, bildiği doğru uyarın sayısı kaydedilmiştir.

Test sessiz odada yapılmış, uyarınlar dikotik olarak 70 dB SPL Sennheiser HDA200 marka kulaklık kullanarak verilmiştir. Test toplamda 15 dk sürmüştür.

3.3. İstatiksel Analiz

Verilerin istatiksel değerlendirmesinde IBM SPSS Statistics 23.0 programı kullanılmıştır. Tanımlayıcı istatistik olarak normal dağılım gösteren veriler için; ortalama \pm ortalama sapma değerleri, normal dağılım göstermeyen veriler için; median, minimum ve maksimum değerler verilmiştir. Verilerin karşılaştırılmasında normal dağılım gösteren veriler için; Bağımsız rneklem T Test, normal dağılım göstermeyen veriler için; Mann-Whitney U Testi uygulanmıştır. Eşiküstü işitsel işlemeleme, gürültüde konuşmayı tanıma ve WISC-IV zekâ puanları arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla Spearman Korelasyon analizi uygulanmıştır. Anlamlılık düzeyi 0.05 olarak belirlenmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmamızda TFS Hassasiyet Testi dışındaki tüm test bulguları; 25'i çalışma grubuna, 25'i kontrol grubuna dâhil edilen toplam 50 çocuktan elde edilmiştir. Sadece TFS Hassasiyet Testi'nde, çalışma grubundan 5 çocuk testi anlamadığı için yapamamış, 20'si çalışma grubu ve 25'i kontrol grubuna ait TFS Hassasiyet Testi verileri istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Çalışma grubuna ait çocukların, eşiküstü işitsel işleme testleri ve gürültüde konuşmayı tanıma testi ile WISC-IV puanları arasındaki ilişki analizi için WISC-IV standart puanları alınmıştır. Elde edilen tüm test bulguları aşağıda sunulmuştur.

4.1. Bireylerin Demografik Özellikleri ile İlgili Tanımlayıcı İstatistikler

Tüm çocuklara ait yaş ve cinsiyet bilgileri Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Çocukların cinsiyet ve yaş ortalamalarının gruplara göre dağılımı.

Grup	Sayı	Cinsiyet				Yaş
		Kız		Erkek		
		N	%	N	%	
Çalışma Grubu	25	10	40	15	60	8,85 ± 1,42
Kontrol Grubu	25	9	36	16	64	9,05 ± 1,17
Toplam	50	19	38	31	62	8,95 ± 1,29

Çalışma grubundaki çocukların 10'u (%40) kız, 15'i (%60) erkek; kontrol grubundaki çocukların ise 9'u (%36), kız 16'sı (%64) erkektir. Cinsiyet açısından çalışma ve kontrol grubu arasında anlamlı fark saptanmamıştır ($p>0,05$).

Çalışma grubundaki çocukların yaş ortalaması 8,85 (ss: 1,42), kontrol grubundaki çocukların ise yaş ortalaması 9,05 (ss: 1,17) yıl'dır. Yaş açısından çalışma ve kontrol grubu arasında anlamlı fark elde edilmemiştir ($p>0,05$).

4.2. Bireylerin İşitme Testi Bulguları

Tüm çocuklara ait saf ses havayolu işitme eşiği ortalamaları sağ kulak ve sol kulak için sırasıyla Tablo 4.2 ve Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

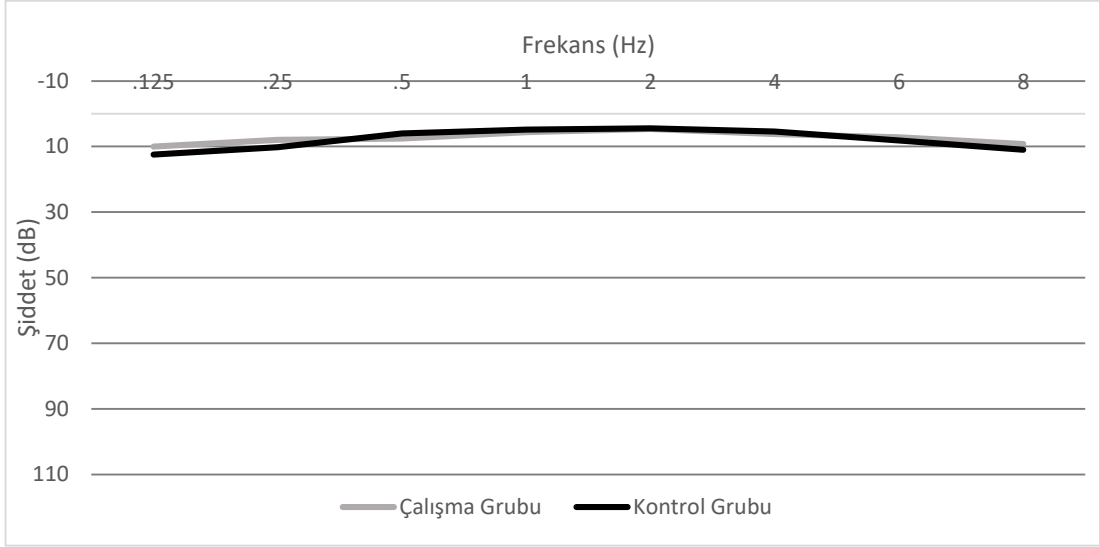
Tablo 4.2. Çocukların sağ kulak hava yolu işitme eşikleri ortalamalarının gruplara göre dağılımı.

		Hava Yolu İşitme Eşikleri Ortalaması (dB HL)						
Frekans	.125 kHz	.25 kHz	.5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	6 kHz	8 kHz
Çalışma Grubu	10,0 ± 4,56	8,0 ± 5,4	7,6 ± 4,81	5,6 ± 3,90	4,6 ± 3,51	6,2 ± 4,85	7,2 ± 3,84	9,2 ± 4,0
Min. - Mak.	0 - 20	0 - 15	0 - 15	0 - 15	0 - 10	0 - 15	0 - 15	0 - 20
Kontrol Grubu	12,4 ± 3,85	10,2 ± 3,67	6,0 ± 3,81	4,8 ± 4,20	4,4 ± 3,33	5,4 ± 3,20	8,2 ± 3,79	11,0 ± 4,33
Min. - Mak.	5 - 20	5 - 15	0 - 15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15	0 - 20

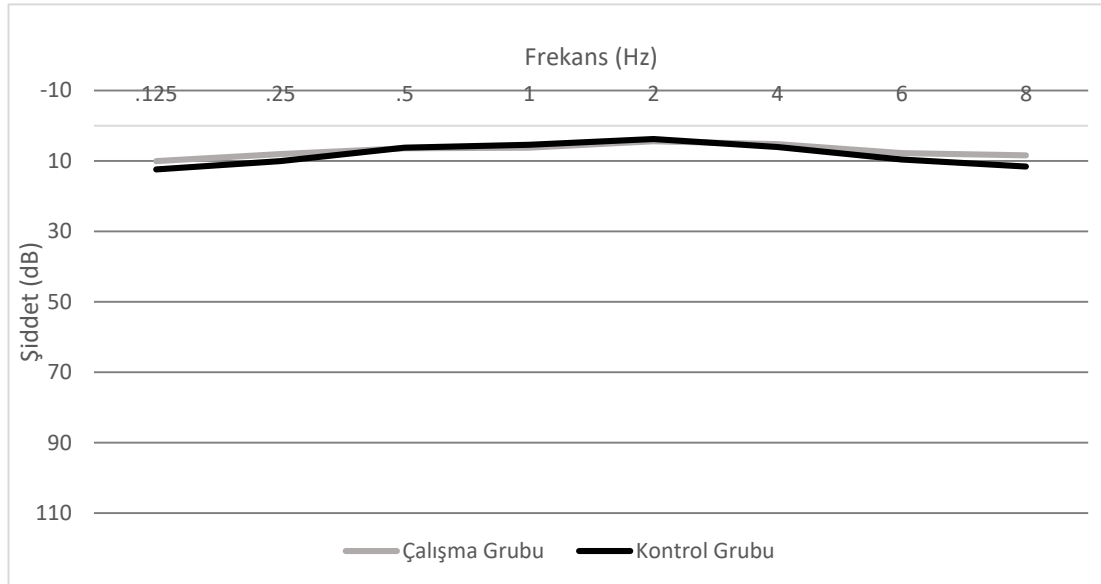
Tablo 4.3. Çocukların sol kulak hava yolu işitme eşiği ortalamalarının gruplara göre dağılımı.

		Hava Yolu İşitme Eşikleri Ortalaması (dB HL)							
Frekans		.125 kHz	.25 kHz	.5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	6 kHz	8 kHz
Çalışma Grubu		10,0 ± 3,54	8,0 ± 3,82	6,4 ± 3,69	6,2 ± 4,15	4,4 ± 3,63	5,2 ± 3,67	7,8 ± 4,10	8,4 ± 3,45
Min. - Mak.		5 - 15	0 - 15	0 - 15	0 - 15	0 - 10	0 - 15	0 - 15	5 - 15
Kontrol Grubu		12,4 ± 4,11	10,0 ± 4,08	6,2 ± 3,62	5,4 ± 3,51	3,8 ± 2,99	6,0 ± 3,23	9,6 ± 4,06	11,6 ± 3,14
Min. - Mak.		5 - 20	0 - 15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15	5 - 15

Çalışma grubuna ve kontrol grubuna ait saf ses havayolu işitme eşiği ortalamaları sağ kulak ve sol kulak için sırasıyla Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma grubu ve kontrol grubunun sağ kulak hava yolu işitme eşiği ortalamaları.



Şekil 4.2. Çalışma grubu ve kontrol grubunun sol kulak hava yolu işitme eşiği ortalamaları.

4.3. Eşiküstü Psikoakustik Test Sonuçlarının Karşılaştırılması

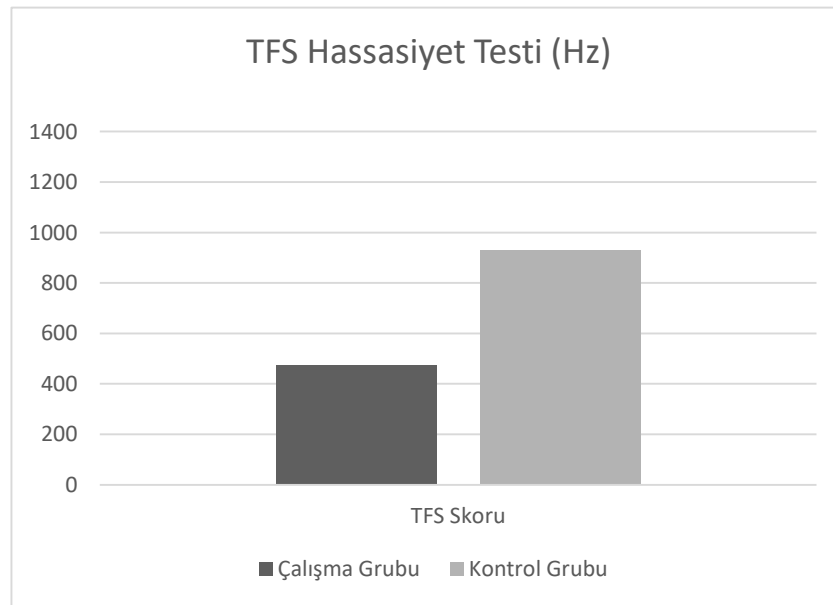
4.3.1. Temporal Fine Structure (TFS) Hassasiyet Testi

TFS Hassasiyet Testi'ne ait bulguların gruplar arasında karşılaştırılmasına ait sonuçlar Tablo 4.4'te ve Şekil 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.4. TFS Hassasiyet Testi bulgularının gruplar arasında karşılaştırılması.

Grup	Sayı	TFS Hassasiyet Testi (Hz)				
		Medyan	Minimum	Maksimum	U	p
Çalışma Grubu	20	473,8	55,0	1146,2	124,00	0,004
Kontrol Grubu	25	928,6	207,1	2166,1		

Gruplar arasında TFS Hassasiyet Testi skorları arasındaki fark Mann-Whitney U testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Çalışma grubundaki çocuklar ile kontrol grubundaki çocukların TFS Hassasiyet Testi skorları arasında anlamlı fark elde edilmiştir ($p < 0,05$). Çalışma grubundan elde edilen TFS Hassasiyet Testi frekansının, kontrol grubundan daha düşük olduğu bulunmuştur (Tablo 4.4).



Şekil 4.3. Gruplara ait TFS Hassasiyet Test bulguları.

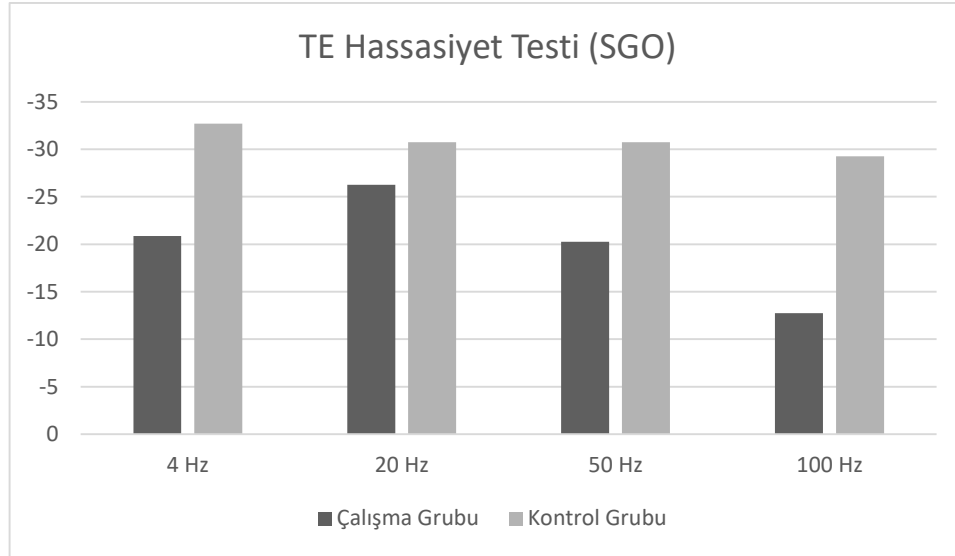
4.3.2. Temporal Envelope (TE) Hassasiyet Testi

4 Hz, 20 Hz, 50 Hz ve 100 Hz frekanslarında modüle edilen TE Hassasiyet Testine ait SGO'nun gruplar arasında karşılaştırılmasına ait bulgular Tablo 4.5'te ve Şekil 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.5. TE Hassasiyet Test bulgularının gruplar arasında karşılaştırılması.

Modüle Frekans (Hz)	Grup	Sayı	TE Testi (SGO)				
			Ortalama	SS	t	p	
4	Çalışma Grubu	25	-20,86	10,77			
	Kontrol Grubu	25	-32,71	6,10	4,784	0,000	
			Medyan	Minimum	Maksimum	U	p
20	Çalışma Grubu	25	-26,25	-42,75	-0,75	146,50	0,001
	Kontrol Grubu	25	-30,75	-38,25	-18,75		
50	Çalışma Grubu	25	-20,25	-35,25	-0,75	126,50	0,000
	Kontrol Grubu	25	-30,75	-33,75	-12,75		
100	Çalışma Grubu	25	-12,75	-27,75	-0,75	83,50	0,000
	Kontrol Grubu	25	-29,25	-35,25	-11,25		

Gruplar arasında 4 Hz frekansında modüle edilen TE Testine ait SGO arasındaki fark Bağımsız Örneklem T Testi kullanılarak karşılaştırılırken; 20 Hz, 50 Hz ve 100 Hz frekanslarında modüle edilen TE Testi skorları arasındaki fark Mann-Whitney U testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. 4 Hz, 20 Hz, 50 Hz ve 100 Hz frekanslarında modüle edilen TE testine ait SGO açısından çalışma ve kontrol grubu arasında anlamlı fark elde edilmiştir ($p < 0,05$). Tüm frekanslarda kontrol grubunda SGO çalışma grubundan düşük elde edilmiştir (Tablo 4.5).



Şekil 4.4. Gruplara ait farklı frekanslarda modüle TE Hassasiyet Testi bulguları.

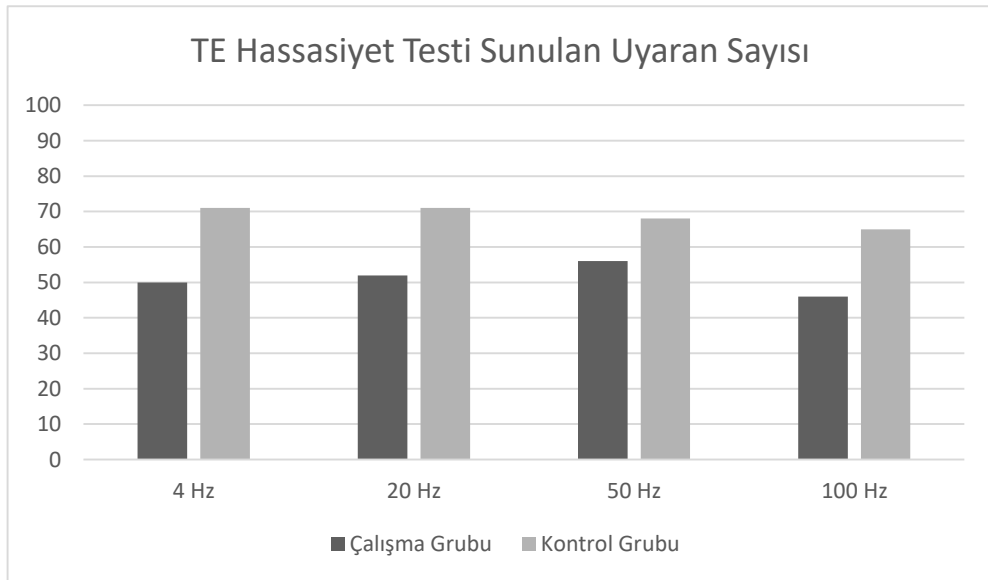
4.3.3. Temporal Envelope (TE) Hassasiyet Testinde Sunulan Uyarın Sayılarının Karşılaştırılması

4 Hz, 20 Hz, 50 Hz ve 100 Hz frekanslarında modüle edilen TE Hassasiyet Testi'nde sunulan uyarın sayılarının gruplar arasında karşılaştırılmasına ait bulgular Tablo 4.6'da ve Şekil 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.6. TE Hassasiyet Testi'nde sunulan uyarın sayılarının gruplar arasında karşılaştırılması.

Modüle Frekans (Hz)	Grup	Sayı	Sunulan Uyarın Sayısı				
			Medyan	Minimum	Maksimum	U	p
4	Çalışma Grubu	25	50	15	151	198,50	0,027
	Kontrol Grubu	25	71	33	165		
20	Çalışma Grubu	25	52	18	112	213,50	0,055
	Kontrol Grubu	25	71	44	134		
50	Çalışma Grubu	25	56	22	101	206,00	0,039
	Kontrol Grubu	25	68	28	151		
100	Çalışma Grubu	25	46	18	130	188,00	0,016
	Kontrol Grubu	25	65	39	118		

4, 20, 50 ve 100 Hz frekanslarda modüle edilen uyarılar ile yapılan TE testinde sunulan uyarın sayılarının gruplar arasında karşılaştırılmasında Mann-Whitney U Testi kullanılmıştır. Gruplar arasında 4 Hz, 50 Hz ve 100 Hz frekansında modüle edilen uyarılar ile yapılan TE testinde sunulan uyarın sayıları açısından anlamlı fark elde edilmiştir ($p<0,05$). Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında çalışma grubunda bu frekanslarda daha az sayıda uyarın, TE Hassasiyet Testi'nin sonuçlandırılması için yeterli olmuştur. 20 Hz frekansta modüle edilen uyarılar ile yapılan TE Hassasiyet Testi'nde sunulan uyarın sayılarının gruplar arasında istatistiksel anlamlı fark göstermediği, ancak eğilim olduğu saptanmıştır (Tablo 4.6).



Şekil 4.5. Gruplara ait farklı frekanslarda modüle TE Hassasiyet Testi uyarın sayıları bulguları.

4.4. Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testinin Karşılaştırılması

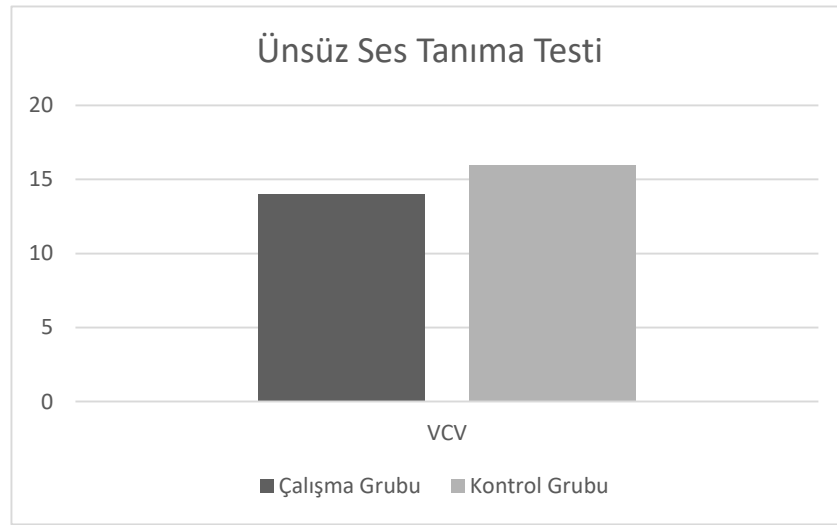
4.4.1. Ünsüz Ses Tanıma Testi

Ünsüz Ses Tanıma Testi'ne ait bulguların gruplar arasında karşılaştırılmasına ait sonuçlar Tablo 4.7'de ve Şekil 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.7. Ünsüz Ses Tanıma Testi bulgularının gruplar arasında karşılaştırılması.

Grup	Sayı	Ünsüz Ses Tanıma Testi (n)				
		Medyan	Minimum	Maksimum	U	p
Çalışma Grubu	25	14	3	16	89,50	0,000
Kontrol Grubu	25	16	13	18		

Gruplar arasında Ünsüz Ses Tanıma Testi skorları arasındaki fark Mann-Whitney U Testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Ünsüz Ses Tanıma Testi skorları açısından, çalışma grubu ile kontrol grubundaki çocuklar arasında anlamlı fark elde edilmiştir ($p < 0,05$). Çalışma grubundaki çocukların Ünsüz Ses Tanıma Testi skorları, kontrol grubundaki çocuklardan düşük bulunmuştur (Tablo 4.7).

**Şekil 4.6.** Gruplara ait Ünsüz Ses Tanıma Testi bulguları.

Farklı frekanslarda ve farklı SGO'da modüle edilen uyaranlarla yapılan Ünsüz Ses Tanıma Testi bulgularının gruplar arasında karşılaştırılmasına ait sonuçlar Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8. Farklı frekans ve farklı SGO'da Ünsüz Ses Tanıma Testi bulgularının gruplar arasında karşılaştırılması.

Modüle Frekans ve SGO	Grup	Sayı	Ünsüz Ses Tanıma Testi (n)				
			Medyan	Min.	Mak.	U	p
Sessiz durum	Çalışma Grubu	25	2	2	2	312,50	1,000
	Kontrol Grubu	25	2	2	2		
4 Hz 0 SGO	Çalışma Grubu	25	2	1	2	287,50	0,389
	Kontrol Grubu	25	2	1	2		
4 Hz -3 SGO	Çalışma Grubu	25	0	0	2	151,50	0,001
	Kontrol Grubu	25	1	0	2		
4 Hz -6 SGO	Çalışma Grubu	25	0	0	2	237,50	0,084
	Kontrol Grubu	25	0	0	2		
8 Hz 0 SGO	Çalışma Grubu	25	2	0	2	286,50	0,284
	Kontrol Grubu	25	2	1	2		
8 Hz -3 SGO	Çalışma Grubu	25	1	0	2	226,50	0,034
	Kontrol Grubu	25	1	0	2		
8 Hz -6 SGO	Çalışma Grubu	25	1	0	2	174,00	0,003
	Kontrol Grubu	25	2	1	2		
16 Hz 0 SGO	Çalışma Grubu	25	2	0	2	262,00	0,082
	Kontrol Grubu	25	2	1	2		
16 Hz -3 SGO	Çalışma Grubu	25	2	0	2	261,50	0,120
	Kontrol Grubu	25	2	1	2		
16 Hz -6 SGO	Çalışma Grubu	25	1	0	2	217,50	0,040
	Kontrol Grubu	25	2	1	2		

n: Doğru Sayısı

Tablo 4.8’de grupların ayrı ayrı 4 Hz, 8 Hz ve 16 Hz SAM gürültüde ve her bir frekansta 0, -3 ve -6 olan üç farklı sinyal/gürültü oranlarındaki Ünsüz Ses Tanıma Testi skorları arasındaki fark Mann-Whitney U Testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Çalışma grubundaki çocuklar ile kontrol grubundaki çocuklar arasında 4 Hz ve 8 Hz’de -3 SGO’da, 8 Hz ve 16 Hz’de -6 SGO’da verilen uyarılarla yapılan Ünsüz Ses Tanıma Testi skorları açısından anlamlı fark elde edilmiştir ($p < 0,05$). Fark elde edilen frekanslarda Ünsüz Ses Tanıma Test performansının kontrol grubunda daha iyi olduğu saptanmıştır. Sessiz durumda, 4 Hz’de 0 SGO’da ve -6 SGO’da, 8 Hz’de 0 SGO’da, 16 Hz’de 0 SGO’da ve -3 SGO’da verilen uyarılarla yapılan Ünsüz Ses Tanıma Test skorları açısından gruplar arasında fark saptanmamıştır ($p > 0,05$).

4.5. TFS Hassasiyet Testi ile WISC-IV Puanları Arasındaki İlişki

TFS Hassasiyet Testi ile WISC-IV puanları arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen bulgular Tablo 4.9’da sunulmuştur.

Tablo 4.9. TFS Hassasiyet Testi ile WISC-IV puanları arasındaki ilişkiye ait bulgular.

	TFS Hassasiyet Testi	
	r_s	p
Sözel Kavrama	-,131	,654
Algısal Akıl Yürütme	-,172	,557
Çalışma Belleği	,189	,517
İşleme Hızı	,079	,787
Toplam Ölçek Zekâ Puanı	,009	,976

WISC-IV’ün; sözel kavrama, algısal akıl yürütme, çalışma belleği, işleme hızı puanları ve toplam zekâ ölçeği puanlarının tümü ile TFS Hassasiyet Testi arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır ($p > 0,05$).

4.6. TE Hassasiyet Testi ile WISC-IV Puanları Arasındaki İlişki

Tablo 4.10'da TE Hassasiyet Testi ile WISC-IV puanları arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen bulgular sunulmuştur.

Tablo 4.10. TE Hassasiyet Testi ile WISC-IV puanları arasındaki ilişkiye ait bulgular.

	TE Testi (4 Hz)		TE Testi (20 Hz)		TE Testi (50 Hz)		TE Testi (100 Hz)	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
Sözel Kavrama	-,361	,170	-,561	,024	-,476	,062	-,479	,061
Algısal Akıl Yürütme	-,197	,465	-,297	,264	-,231	,390	-,423	,102
Çalışma Belleği	-,207	,443	-,434	,093	-,365	,164	-,334	,206
İşleme Hızı	,102	,708	,294	,270	,223	,406	,243	,383
Toplam Ölçek Zekâ Puanı	-,260	,332	-,381	,146	-,320	,228	-,373	,155

WISC-IV'ün; algısal akıl yürütme, çalışma belleği, işleme hızı puanları ve toplam zekâ ölçeği puanlarının tümü ile 4, 20, 50 ve 100 Hz'de elde edilen TE Hassasiyet Test skorları arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır ($p>0.05$). WISC-IV'ün sözel kavrama puanı ile 20 Hz'de elde edilen TE Hassasiyet Test skoru arasında anlamlı negatif yönde orta derecede korelasyon elde edilmiş, sözel kavrama test başarısında artışın 20 Hz'de TE Hassasiyet Test başarısında artış ile ilişkili olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). Diğer frekanslarda TE Hassasiyet Testi'nden elde edilen skorlar ile sözel kavrama puanı arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır ($p>0.05$).

4.7. Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi ile WISC-IV Puanları Arasındaki İlişki

Tablo 4.11'de gürültüde konuşmayı tanıma testi skorları ile WISC-IV puanları arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen bulgular sunulmuştur.

Tablo 4.11. Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi skorları ile WISC-IV puanları arasındaki ilişkiye ait bulgular.

	Ünsüz Ses Tanıma Testi	
	r_s	p
Sözel Kavrama	,445	,084
Algısal Akıl Yürütme	,195	,469
Çalışma Belleği	,288	,280
İşleme Hızı	,029	,914
Toplam Ölçek Zekâ Puanı	,380	,146

WISC-IV'ün; sözel kavrama, algısal akıl yürütme, çalışma belleği, işleme hızı puanları ve toplam zekâ ölçeği puanlarının tümü ile Ünsüz Ses Tanıma Testi skorları arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır ($p>0.05$).

4.8. TFS Hassasiyet Testi ile Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi Arasındaki İlişki

TFS Hassasiyet Testi ile Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen bulgular Tablo 4.12'de sunulmuştur.

Tablo 4.12. TFS Hassasiyet Testi ile Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi arasındaki ilişkiye ait bulgular.

	TFS Hassasiyet Testi	
	r_s	p
Ünsüz Ses Tanıma Testi	,536	,000

TFS Hassasiyet Testi ile Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi arasında pozitif yönde orta derecede korelasyon bulunmuştur ($p<0.05$).

4.9. TE Hassasiyet Testi ile Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi Arasındaki İlişki

Tablo 4.13’de TE Hassasiyet Testi ile Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen bulgular sunulmuştur.

Tablo 4.13. TE Hassasiyet Testi ile Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi arasındaki ilişkiye ait bulgular.

	TE Testi (4 Hz)		TE Testi (20 Hz)		TE Testi (50 Hz)		TE Testi (100 Hz)	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
Ünsüz Ses Tanıma Testi	-,647	,000	-,588	,000	-,611	,000	-,592	,000

Gürültüde Konuşmayı Tanıma Testi ile 4, 20, 50 ve 100 Hz’de elde edilen TE Hassasiyet Test skorları arasında negatif yönde orta derecede korelasyon bulunmuştur ($p < 0.05$).

4.10. TE Hassasiyet Testi ile TFS Hassasiyet Testi Arasındaki İlişki

Tablo 4.14’de TE Hassasiyet Testi ile TFS Hassasiyet Testi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen bulgular sunulmuştur.

Tablo 4.14. TE Hassasiyet Testi ile TFS Hassasiyet Testi arasındaki ilişkiye ait bulgular.

	TE Testi (4 Hz)		TE Testi (20 Hz)		TE Testi (50 Hz)		TE Testi (100 Hz)	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
TFS Hassasiyet Testi	-,307	,040	-,224	,139	-,230	,128	-,339	,023

TFS Hassasiyet Testi ile 4 ve 100 Hz’de elde edilen TE Hassasiyet Test skorları arasında negatif yönde düşük derecede korelasyon bulunmuştur ($p < 0.05$). Diğer frekans olan 20 ve 50 Hz TE Hassasiyet Testi’nden elde edilen skorlar ile TFS Hassasiyet Testi arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır ($p > 0.05$).

5. TARTIŞMA

Özgül öğrenme güçlüğü çeşitli alanlardaki işlevselliğin bozulmasına neden olan gelişimsel ve nörobiyolojik bir rahatsızlıktır (7). Özgül öğrenme güçlüğü'nün, öğrenme ve akademik becerilerin kullanımındaki zorluklarla ilişkili olduğu bilinmekte ve kesin tanı için okuma, yazma veya matematik alanlarındaki akademik becerilerden en az birinde güçlük olması gerekmektedir (8).

Özgül öğrenme güçlüğü'nün tanısı genellikle okul dönemi sırasında konulsa da, okul öncesi dönemde de belirtiler gözlenmektedir. Erken dönem belirtiler arasında günlük yaşamda karşılaşılabilen motor becerilerden; ayakkabı bağlama, düğme ilikleme, geometrik şekilleri çizme gibi güçlükler görülebilmektedir. Dil alanındaki belirtiler arasında ise sözcükleri karıştırma, harf-ses ilişkisini öğrenmede güçlük sayılabilmektedir. Bu belirtiler okul dönemine gelindiğinde daha görünür hale gelmektedir. Harfleri ve sayıları karıştırma, sözcükleri karıştırma, harfleri atlama, okuma hızında düşüklük, okunaklı yazamama, harfleri ve kelimeleri ters yazma, matematik işlemleri ve çarpım tablosunu ezberlemede zorluk şeklindeki belirtiler okul yıllarında ve akademik alanlarda karşılaşılabilen sık belirtilerdendir (79).

Özgül öğrenme güçlüğü tanısı alan çocukların çoğunluğunun disleksisi olması nedeniyle, ÖÖG ile disleksi sıklıkla birbiri yerine kullanılmakta ve araştırmaların birçoğunun genellikle disleksi konusunu aldığı görülmektedir. Bazı kuramcılar disleksinin nedenini, seslerin işlenmesi ve sunulmasına özgü bir fonolojik işleme eksiklik teorisine göre açıklamaktadır. Bu teoriye göre işlemedeki eksiklik; fonolojik farkındalık (*phonological awareness*), fonolojik bellek (*phonological memory*) ve fonolojik düzeltme (*phonological retrieval*)'yi içeren farklı alanlarda meydana gelebilir (80). Başka araştırmacılar ise, disleksisi olan çocukların kompleks işitsel uyarıların hızlı bir şekilde sunulmasıyla birtakım güçlükler yaşadığı ve bu durumun işitsel temporal işleme eksikliklerinin bir göstergesi olduğunu belirtmektedir (81). İşitsel temporal işleme, işitsel sistemin bir akustik sinyal içindeki zamansal ipuçlarını alma ve analiz etme becerilerini ifade etmektedir. Bir sinyalin temporal özelliklerini algılama, ortamdaki seslerin lokalizasyonu, *voice onset time*'in algılanması, uyarıların sıralanması, ayırt etme süreleri ve frekans paternleri gibi ipuçlarının tümünün, konuşmanın anlaşılabilirliğindeki önemli beceriler olduğu

belirlenmektedir (82-84). Özgül öğrenme güçlüğü olan çocukların genellikle temporal işleme becerilerinde eksiklikler gösterdiği ve temporal işlemedeki bir eksikliğin, çocukların fonolojik işleme becerilerinin gelişimini engelleyebileceği belirtilmektedir (72). Fonolojik işleme becerilerinin ise özellikle okuma gelişimi için önemli olduğu yaygın olarak kabul edilmekte (85), fonolojik işleme ile temporal işleme arasındaki pozitif ilişki desteklenmektedir. Aynı zamanda sözcükleri fonolojik bileşenlerine ayırmak için gerekli olan işleme becerileri olmadan, çocukların konuşma seslerini yazılı semboller ile doğru bir şekilde eşleştirmesi mümkün olmamakta, bu durum diğer güçlükleri de beraberinde getirebilmektedir (86).

Tallah (87) tarafından, konuşmanın akustik bilgilerinin öğrenilebilmesi için akustik ipuçlarının çeşitli parçalara ayrılması ve gerekli olan nöral atışleme kalıplarında kodlanması gerektiği belirtilmektedir. İpuçlarının parçaları küçük zaman birimlerinde kodlandığında, fonemlerin ayrı ayrı olarak doğru bir şekilde sunulduğu, daha geniş zaman birimlerinde kodlandığında ise fonemlerin yerine hece seviyelerinde olan sunumların gerçekleştiği ve fonem ayırt etmelerinin kötüleştiği ifade edilmektedir. Bu doğrultuda olmak üzere başka bir kuramda, ÖÖG'nin bilgiyi işleme hızındaki bir problemten kaynaklanabileceği belirtilmektedir. “*Rapid Auditory Processing Deficit*” olarak adlandırılan kuramda, art arda verilen işitsel uyarıların algılanma ve ayırt edilmesindeki problemlerin ÖÖG için bir neden olabileceği belirtilmektedir (88). Bu ilişkilerden dolayı, çalışmamızda ÖÖG tanısı alan çocukların eşiküstü işitsel işleme becerileri ve gürültüde konuşmayı tanıma becerilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Yapılan psikofiziksel araştırmalarda, *monaural* ve *binaural* TFS bilgisini işleme becerisinin, bireyler arasında büyük ölçüde değiştiği bilinmektedir. Yaş (89-91), işitme kaybı (92) ve bilişsel beceriler (90) gibi çeşitli faktörlerin, TFS Hassasiyet Testi görevlerindeki performansı olumsuz yönde etkilediği belirtilmiştir. Bu nedenle TFS hassasiyetini değerlendirebilecek farklı testlerin geliştirilmesine önem verilmiştir. TFS'nin monaural hassasiyeti değerlendirmek için oluşturulan TFS-1 testi, binaural hassasiyeti değerlendiren TFS-LF testi ve son olarak da Fugrgrave ve ark. tarafından oluşturulan TFS-AF testi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır.

Testlerin bu şekilde modifiye edilmelerinin sebebi; bireyler arasında TFS bilgisini değerlendiren testlerin uygulanmasında karşılaşılan bazı problemler olmuştur.

Moore ve Sek tarafından 2009 yılında geliştirilen ilk monaural TFS Hassasiyet Testi; TFS-1'dir. Bu testte bireylerden F0 temel frekansı ile aynı harmonik tonları (H), harmonik olmayan tonlardan (I) ayırt etmeleri istenmiştir. H ve I, aynı *envelope* tekrarlama hızına (F0) sahip olmakla birlikte, farklı TFS bilgisine sahiptir ve 2-*Interval*, 2-AFC eşik belirleme yöntemi kullanılmıştır. Her aralıkta dört ardışık ton sunulmuş ve bir interval HHHH dizisini, diğer interval HIHI dizisini içermiştir. Bireylerden, ses tonlarının değiştiği intervali tanımlaması istenmiş ve ayırt edilebilen frekans değeri sonuç olarak verilmiştir (55). H ve I tonlarının farklı uyarma paternlerine sahip olması (93), özellikle işitme kaybı ve normal işitmeye sahip olan bazı yaşlı bireylerin testi yapamamaları ve testteki *bandpass filtered* sinyallerinin yüksek frekanslı bileşenlere odaklanması nedeniyle yaklaşık olarak 850 Hz'in altındaki merkez frekanslar için TFS hassasiyetinin ölçülememesi gibi dezavantajlar testin modifiye edilme sürecini hızlandırmıştır. TFS hassasiyetini binaural olarak değerlendiren test, Hopkins ve Moore (54) tarafından 2010 yılında geliştirilmiştir. TFS-LF olarak adlandırılan testin temeli, kulaklıklar aracılığıyla sunulan saf tonlardaki IPD değişikliklerinin ölçülmesine dayanmaktadır. TFS-LF testi, TFS-1 testine benzer bir yapıya sahiptir. İki *intervalin* her birinde, art arda gelen dört ton sunulur. Bir *intervaldeki* IPD'nin değeri dört tonun tümü için 0° dir. Diğer *intervalde* ise, IPD tonları 0° ile belirli bir açı değeri aralığında değişir. Dinleyiciden tonlar kafa içerisinde hareket ettiğinde, ne kadar bir açı değeri aralığında hareket ettiğini tanımlaması istenmiştir. Bu açı değerini belirleyerek eşik tespiti yapılmıştır. Genellikle tonların frekansı, 500 veya 750 Hz'de sabittir. Özellikle yaşlı olan bireylerin, test esnasında IPD değerlerini tanımlayamadıkları ve IPD'yi tespit etme yeteneğinin belirli bir frekans üzerinde hızlı bir şekilde kötüye gitmesi nedeniyle görevleri yerine getiremedikleri belirtilmiştir (94). Bunun üzerine 2017 yılında Fugrgrabe ve ark. (49) tarafından TFS-LF testi de modifiye edilmiş ve IPD'yi belirli bir değerde sabitleyerek frekans değerini eşik belirlemek için kullanmışlardır. TFS-AF olarak adlandırılan bu yöntemde ton frekansı adaptif olarak değişmektedir. Bu yöntem ile alçak frekanslarda da test uyarlanmış ve TFS hassasiyetine yönelik daha duyarlı ölçümler alınabilmektedir. Yukarıda belirtilen diğer test yöntemlerinin dezavantaj oluşturabilmesi nedeni ile

çalışmamızda TFS hassasiyetinin değerlendirilmesine yönelik olarak TFS-AF testi kullanılmıştır. Çalışmamızda TFS-AF testini uygulamamızın diğer avantajlarından biri; tonların şiddetinin tüm çocuklara eşit seviyede sunulabilecek bir program ayarına sahip olmasıdır. Çocukların 125-2000 Hz frekans aralığındaki işitme eşikleri dikkate alınarak, tonların sunum şiddetleri her frekansta 30 dB SL (*Sensation Level*) olacak şekilde ayarlanmıştır. Sunum seviyeleri tespiti için Moore ve Glasberg (95)'in gürülük modelinden hesaplanan minimum işitilebilir basınç değerlerinden yararlanılmış ve çalışmamızda kullanılan kulaklık modelinin (*Sennheiser HDA200*) izin verdiği hassas eşiklere dönüştürülmüştür. TFS-AF testinde, IPD belirli bir değerde sabitlenerek, frekans değeri eşik belirlemek için kullanılmaktadır. Fugrgrabe ve ark. (56) tarafından yapılan çalışmada, IPD değerinin fazla olduğu durumlarda, hedef intervaldeki ikinci ve dördüncü tonların tek kulağa doğru laterize algılanmasının arttığı belirtilmiş ve özellikle bu değer 180° olduğu durumda en fazla olduğu vurgulanmıştır. Bu nedenle çalışmamızda IPD değeri 180° olarak kabul edilmiş ve böylelikle çocuk katılımcılara test öncesinde uygulama talimatları daha rahat ifade edilerek, onların testi daha iyi anlamaları ve daha iyi test performansı göstermeleri amaçlanmıştır.

Çalışmamızda TE hassasiyetini değerlendirmek için iki gürültü *interval*'inden oluşan 2-AFC yöntemi kullanılmıştır. İntervallerden biri; amplitüd modülasyonu olmayan bir geniş bant gürültü iken, diğer intervallerde ayrı ayrı dört farklı taşıyıcı frekansta; 4 Hz, 20 Hz, 50 Hz ve 100 Hz SAM olan *Gaussian* gürültüdür. Daha önce yapılan çalışmalarda konuşma sinyalinin zamansal modülasyonlarının, modülasyon indeksine karşılık gelen frekans değerleri belirtilmiştir. Konuşma uyarını içinde yaklaşık olarak 4 Hz'den, 15-20 Hz'e kadar olan modülasyon frekanslarının bulunduğu ve temporal modülasyonlara hassasiyetin tahminen 100 Hz frekanslara kadar çıkabileceği bildirilmiştir (60, 96). Bu nedenle çalışmamızda; 4 Hz, 20 Hz, 50 Hz ve 100 Hz olmak üzere dört farklı taşıyıcı frekans değerinde SAM gürültüleri kullanılmıştır.

Yaptığımız çalışmada, TE Hassasiyet Testi'nde PEST metodu kullanılmıştır (77). PEST metodunda kullanılan parametreler; *W sabiti*, *p hedef değeri*, *starting level*, *starting step size*, *final step size*, *max step size* ve *n-AFC* parametreleridir. *W* sabiti;

test esnasında eşige ulaşmanın ne kadar hızda ve ne kadar doğrulukta olduğunu belirtmektedir. Eğer W değeri küçülürse, PEST yöntemi çok sayıda uyaran sunumu ile kesin doğrulukta bir eşige yaklaşmakta; büyüdüğünde ise yöntem az sayıda deneme ile hızlı bir şekilde eşige yaklaşmakta olup eşik tespit değerinin doğruluğu azalmaktadır. Taylor ve Creelman (77), hızlılık ve doğruluk arasında iyi bir eşik tespiti için W değerinin 1'e eşit olmasını önermiştir. Bu doğrultuda çalışmamızda W sabit değeri 1'e eşit olarak alınmıştır. Çocuk katılımcılarda gerçekleştirdiğimiz bu testin onlar tarafından daha anlaşılır olmasını sağlamak amacı ile bir standart *interval* bir de hedef intervalden oluşan iki gürültü ile gerçekleştirilen 2-AFC yöntemi kullanılmış ve p hedef değeri 0,75 olarak alınmıştır. Diğer parametre değerleri için *psikoakustik toolbox* yazılımı tarafından belirlenmiş olan başlangıç ayarları temel alınmıştır.

Çalışmamızda çocuklarda gürültüde konuşmayı tanıma testi için, ünsüz ses tanımayı değerlendiren bir test oluşturulmuş ve testte Türk alfabesinde bulunan 20 farklı ünsüz sesin tanınması değerlendirilmiştir. Test uyaranları olarak Türk alfabesinde bulunan 20 farklı ünsüz ses; her uyarının başlangıç ve bitiş foneminde ünlü ses olarak /a/ fonemi olmak üzere, ünlü-ünsüz-ünlü uyaran seti şeklinde sıralanmıştır. Yumuşak g (ğ), Türkçede bir ses özelliği göstermeyip iki ünlü arasında ünlülerin uzun sesletilmesi ve ünlü kayması (diftong) gibi işlevleri olduğu için uyaran seti listesinde yer verilmemiştir (78). Uyarının başlangıç ve bitiş foneminde, orta frekans bölgesinde yer alması ve diğer ünsüz fonemlerin ayırt edilmesini kolaylaştırması nedeniyle ünlü fonem olarak /a/ fonemi tercih edilmiştir. Uyarılar, ilk uyaran arka planda gürültü olmadan (sessiz durumda) başlamış ve %100 oranında 4 Hz, 8 Hz, 16 Hz SAM gürültü arka plana eklenerek, SGO azalan sıra ile (0 SGO, -3 SGO ve -6 SGO) sunulmuştur.

Çalışmamızda SAM gürültüsünde taşıyıcı frekans olarak 4 Hz, 8 Hz, 16 Hz frekanslarının tercih etmemizin sebeplerinden biri; Füllgrabe ve ark. (97) tarafından, 4, 8, 16, 32, 64, 128 ve 256 Hz frekanslarında yapılan Ünsüz Ses Tanıma Testi ile ilgili bir çalışmada, en iyi ünsüz ses tanıma performansının; 4 Hz, 8 Hz ve 16 Hz SAM frekansına sahip gürültüler için gözlemlendiğini belirtmeleridir. Ayrıca Shannon ve ark. (96)'nın yaptıkları başka bir çalışmada da, sessiz ortamda konuşma anlaşılabilirliği için ünsüz tanımların sadece alçak modülasyon frekanslarındaki (<50 Hz) konuşma

uyaranlarının işlemlenmesi ile sağlanabileceği gösterilmiştir. Genellikle arka plan gürültü varlığında konuşma anlaşılabilirliği için yapılan çalışmalarda, arka plandaki gürültüler için farklı gürültü varyasyonlarının kullanılabilmesi belirtilmektedir. Birçok çalışma, normal işitmeye sahip bireyler için arka plandaki gürültünün *steady-state* (modülasyonsuz-sabit) gürültü yerine, *fluctuating* (dalgalanma gösteren) gürültü olması durumunda konuşma anlaşılabilirliğinin daha iyi olduğunu göstermiştir. Bu durumun, dalgalanmaların arka planındaki “*listening in the dips*” etkisi ile ilişkili olduğu belirtilmektedir. Çalışmamızda Ünsüz Ses Tanıma Testi’nde sabit gürültü yerine, farklı SAM taşıyıcı frekanslarına sahip gürültü kullanmamızın nedeni konuşma anlaşılabilirliğinin daha gerçekçi ölçümüdür (97, 98). Uyarın seviyesi olarak, 65 dB *Sound Pressure Level* (SPL) seçilmesinin nedeni ise, normal bir iletişim esnasındaki konuşma seviyelerinin yaklaşık olarak bu seviyelerde olduğunu rapor edilmesidir (99).

Çalışmamızda TFS-AF testinde kontrol grubu olan normal çocukların eşik frekans ortalamasının 917,24 Hz (ss:83,22) olduğu bulunmuştur. Literatürde daha öncesinde normal çocuk katılımcıların TFS-AF Hassasiyet Testi’ni değerlendiren bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Yetişkinlere yönelik olmak üzere Fugrgrabe ve ark. (56) tarafından normal işitmeye sahip 19-25 yaş aralığındaki 9 katılımcı ile yapılan bir çalışmada, bireylerin TFS hassasiyeti TFS-AF testi ile değerlendirilmiş ve eşik frekans değerleri 1100 - 1700 Hz aralığında elde edilmiştir. Eisenberg ve ark. (100) tarafından, *Frequency Modulation* (FM) ve *Amplitude Modulation* (AM) ipuçlarının kullanılmasına yönelik okul çağındaki (5-12 yaş) normal çocuklarda yapılan bir çalışmada ise, kelimeleri tanımak için çocukların yetişkinlerden daha fazla spektral bilgiye ihtiyaçlarının olduğu gösterilmiştir. Bu doğrultuda literatürde belirtilen, çocukların yetişkinlere göre konuşmanın anlaşılabilirliğinde TFS ipuçlarını daha az kullanarak spektral bilgiye daha fazla ihtiyaç duydukları sonucunu, kontrol grubundan elde ettiğimiz TFS Hassasiyet Testi eşik frekans değerleri ile desteklemekteyiz.

TFS-AF testinde adaptif olarak belirlenen eşik frekans değeri arttıkça, tonların tek kulağa doğru laterize olarak algılanmaları azalmakta ve test adaptif olarak zorlaşmaktadır. Tonların tek kulağa doğru laterize algılandığı en yüksek eşik frekans değerinin, kişinin TFS hassasiyetini yansıttığı söylenebilmekte ve yüksek frekans eşik değerinin, o derece iyi bir TFS hassasiyetini ölçtüğü belirtilmektedir. İnsanlardaki eşik

frekans üst sınır değerinin ne olduğu bilinmemekle beraber, yaklaşık olarak 4000 - 5000 Hz olduğu tahmin edilmektedir (56, 101). Yapılan başka psikofiziksel çalışmalarda, binaural sistemin 1,5 kHz'den sonra *fine structure* bilgisini kullanmakta zorlanacağı bildirilmektedir (102).

TFS Hassasiyet Testi'nde çalışma grubumuzdaki çocukların eşik frekans değeri kontrol grubundan daha düşük elde edilmiştir. Bu sonuç, ÖÖG tanısı alan çocukların TFS-AF testinde daha kötü performans gösterdiklerini ve TFS bilgisini kullanma becerilerinin normal çocuklara göre daha kötü olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda bu bulgu, ÖÖG olan çocuklar ile normal çocuklar arasında eşiküstü işitsel işleme becerilerinde fark olduğuna yönelik hipotezimizi desteklemektedir. Lotfi ve ark. (103) tarafından yapılan bir çalışmada, merkezi işitsel işleme bozukluğu şüphesi bulunan 9-12 yaş aralığındaki çocukların TFS hassasiyetleri değerlendirilmiştir. Çocuklara, 250 Hz, 500 Hz ve 750 Hz frekanslarında TFS-LF testi uygulanmış ve çalışma sonucunda, her üç frekans değerinde de normal çocuklara göre TFS bilgisini kullanma becerilerinde düşük performans gösterdikleri saptanmıştır. Bu çalışmada değerlendirilen hasta grubu çalışmamızdan farklılık göstermekle birlikte, araştırmacıların merkezi işitsel işleme bozukluğu şüphesi ile değerlendirdikleri çocuklarda TFS bilgisini kullanma becerilerinde saptadıkları eksiklik, çalışmamızda ÖÖG tanısı alan çocukların sergilediği performans ile benzerlik göstermektedir. Supramarjinal gyrus ve sol parietotemporal alanların, disleksi ve işitsel işleme bozukluğu için kritik alanlar olması nedeniyle, iki bozukluğun da altında yatan nöropsikolojik bulgular benzerlik göstermektedir (74). Özgül öğrenme güçlüğü olan çocuklarda eşiküstü işitsel işleminin araştırıldığı ilave çalışmalar, bu çocuklarda olası işitsel işleme bozukluklarının değerlendirilmesinde ve nedeninin belirlenmesinde yol gösterici olabilir. Disleksi ile işitsel işleme bozukluğunun komorbiditesi durumunda; sadece disleksiye yönelik müdahaleler ve iyileştirmeler yarar sağlamayabilmektedir (104). Benzer durum ÖÖG için de sözkonusu olabilir ve bu çocuklarda işitsel işleme bozukluklarının belirlenmesi; terapinin planlanmasında belirleyici rol oynayarak terapiden elde edilecek faydanın artmasında etkili olabilir.

Çalışmamızda TE Hassasiyet Testi'nde, 4 Hz, 20 Hz, 50 Hz ve 100 Hz taşıyıcı frekanslarında modüle olan gürültüyü ayırt etme açısından çalışma ve kontrol grubundaki çocuklar arasında anlamlı fark elde edilmiş ve tüm frekanslarda kontrol grubu TE Hassasiyet Testi skoru, çalışma grubundan daha iyi bulunmuştur. Bu doğrultuda PEST yöntemi ile eşik tespiti yapılan TE Hassasiyet Testi'nde, ÖÖG tanısı alan çocuklar test sırasında modüle olan intervali seçerken, gürültüye oranla sinyal ipuçlarına daha fazla ihtiyaç duymuşlar ve SGO değerleri, normal çocuklar ile karşılaştırıldığında yüksek elde edilmiştir. Literatürde, yüksek ve pozitif SGO'ya sahip olan konuşmadaki ipuçlarının, konuşmanın anlaşılabilirliği için en sık kullanılan bilgiler olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle, SGO'yu artıran herhangi bir mekanizmanın genel olarak konuşma uyarılarının algılanmasını iyileştirdiği varsayılmaktadır (105). Bulgularımız, ÖÖG tanısı alan çocukların TE hassasiyetlerine karşı duyarlı olduklarını ve konuşmanın anlaşılabilirliği için TE bilgisine daha fazla ihtiyaç duyduklarını göstermektedir. TFS Hassasiyet Testi'ne benzer şekilde TE Hassasiyet Testi'nden elde ettiğimiz bu sonuç, ÖÖG olan çocuklar ile normal çocuklar arasında eşiküstü işitsel işleme becerilerinde fark olduğuna yönelik hipotezimizi desteklemektedir. Lopez ve ark. (106) tarafından 7-11 yaş aralığındaki disleksi tanısı alan çocuklarda, 4 Hz, 16 Hz, 64 Hz ve 256 Hz taşıyıcı frekanslarında SAM olan uyarılar ile yaptıkları bir çalışmada, disleksi tanısı alan çocukların tüm frekanslarda kötü performans sergilediklerini belirtmişler ve İspanyolca dilindeki hece değişim hızının yaklaşık olarak 4 Hz civarlarında olduğunu vurgulayarak, sadece 4 Hz'de istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulduklarını bildirmişlerdir. Çalışmamızda Lopez ve ark.'dan farklı olarak TE Hassasiyet Testi'nde, 4 Hz taşıyıcı frekans dışında diğer taşıyıcı frekanslar olan 20 Hz, 50 Hz ve 100 Hz'de de çalışma ve kontrol grubundaki çocuklar arasında anlamlı fark elde edilmiş, benzer olarak ise tüm frekanslarda çalışma grubu TE Hassasiyet Testi skoru, kontrol grubundan daha kötü bulunmuştur. Çalışmamızda 4 Hz taşıyıcı frekans dışında diğer taşıyıcı frekanslar olan 20 Hz, 50 Hz ve 100 Hz'de de anlamlı farklılık elde edilmesinin, çalışmalar arasındaki katılımcıların anadil farklılıklarından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz. Law ve ark. (107) tarafından yapılan başka bir çalışmada, aile hikâyesinde disleksi bulunan 4-5 yaş aralığındaki okul öncesi çocukların işitsel temporal işleme, fonolojik ve morfolojik farkındalık becerilerinin ölçülmesi amaçlanmıştır. İşitsel temporal işleme görevlerinde;

Frequency Modulation (FM), *Sound Rise Time Discrimination (RT)* ve *Intensity Discrimination (ID)* testleri kullanılmış, FM görevi; konuşma dalga formundaki *fine structure* bilgisini temsil ederken, RT; *envelope* bilgisini temsil etmiştir. Aile hikâyesinde disleksi bulunan çocuklar ile düşük risk grubunda olan diğer çocuklar arasında RT testinde anlamlı bir fark elde edilmiş olup, FM testinde elde edilmemiştir. Böylelikle ailesinde disleksi hikâyesi olan çocuklarda okul öncesi dönemde, konuşmanın dalga formundaki *envelope* bilgisinin işlemedeki problemlerin *fine structure* bilgisini işlemeye göre daha ön planda olabileceği ve bunun konuşma uyarandaki dinamik işitsel ipuçlarının düşük hızlardaki değişiminin algılanmasındaki problemlerden kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Law ve ark.'nın yaptıkları bu çalışmanın aksine, çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre çalışma grubundan elde edilen TFS Hassasiyet Testi performansı kontrol grubundan daha kötü bulunmuş ve çalışma grubundaki çocuklar ile kontrol grubundaki çocukların eşik frekans değerleri arasında anlamlı fark elde edilmiştir. Law ve ark.'nın dâhil ettikleri çocuk katılımcıların yaş aralığının küçük olmasına bağlı olarak, çocukların *fine structure* bilgisini işleme becerilerinin tam olarak gelişmemesi nedeniyle bulgularımızdan farklı olarak gruplar arasında fark elde etmediklerini düşünmekteyiz. Bu konuda Eisenberg ve ark. (100) tarafından 5-12 yaş aralığındaki çocuk katılımcılar ile yapılan bir çalışmada, konuşma sinyalindeki *envelope* ipuçlarını kullanma becerilerinin 7 yaşından önce geliştiği, 10 yaş civarlarında yetişkinlere benzer kapasiteye ulaştığı ifade edilmektedir. Bununla birlikte, TFS ipuçlarının kullanma becerilerinin gelişimi ile ilgili bir bilginin bulunmadığı belirtilmektedir (37).

Çalışmamızda TE Hassasiyet Testi'nde, eşik tespiti için 4 Hz, 50 Hz ve 100 Hz frekanslarında sunulan uyarın sayıları açısından çalışma ve kontrol grubu arasında anlamlı fark elde edilmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında çalışma grubunda, tüm frekanslarda daha az sayıda uyarın, TE Hassasiyet Testi'nin sonuçlandırılması için yeterli olmuştur. 20 Hz frekansta modüle edilen uyarın ile yapılan TE Hassasiyet Testi'nde sunulan uyarın sayılarının gruplar arasında fark göstermediği saptanmıştır. Adaptif yöntem ile gerçekleştirilen testte, ÖÖG tanısı alan çocukların eşik tespiti, program tarafından daha fazla sayıda uyarın göndermek şartıyla daha uzun sürmüştür. Sonuç olarak ÖÖG tanısı alan çocukların, TE bilgisi içeren işitsel uyarınları işleme ve doğru intervale karar verme sürecinde zorlandıklarını düşünmekteyiz.

Çalışmamızda gürültüde konuşmayı tanıma testinde çalışma grubu ile kontrol grubundaki çocuklar arasında anlamlı fark elde edilmiştir. Çalışma grubundaki çocukların Ünsüz Ses Tanıma Testi skorları, kontrol grubundaki çocuklardan düşük bulunmuştur. Bu bulgu, eşiküstü işitsel işleme testlerinden elde ettiğimiz sonuçlara benzer şekilde, ÖÖG olan çocuklar ile normal çocuklar arasında gürültüde konuşmayı tanıma becerilerinde fark olduğuna yönelik hipotezimizi desteklemektedir. Ayrıca Ünsüz Ses Tanıma Testi'nde, uyarıların farklı frekans ve farklı SGO'lardaki ayrıntılı sonuçlarına baktığımızda; 4 Hz ve 8 Hz'de -3 SGO, 8 Hz ve 16 Hz'de -6 SGO'da verilen uyarılarda çalışma grubundaki çocuklar ile kontrol grubundaki çocuklar arasında anlamlı fark elde edilmiştir. Fark elde edilen taşıyıcı frekanslarda Ünsüz Ses Tanıma Test performansının kontrol grubunda daha iyi olduğu saptanmıştır. Bu bulgular, ÖÖG tanısı alan çocukların, Ünsüz Ses Tanıma Testi'nde arka planda gürültü şiddeti arttığı durumlarda test performansının azaldığını göstermektedir. Bu sonuç aynı zamanda, TE Hassasiyet Testi'nde elde ettiğimiz; ÖÖG olan çocukların gürültüye oranla sinyal ipuçlarının şiddetinin artırılması durumunda sinyal ipuçlarını daha fazla kullandıkları sonucuna da desteklemektedir. Bu bulgular, ÖÖG tanısı alan çocukların arka planda gürültü olduğu durumlarda konuşma tanıma becerilerinin azalabileceğini göstermektedir. Bu durum, arka plan gürültüsünün yoğun olduğu sınıf ortamlarında ÖÖG'li çocukların akademik açıdan etkilenmesine yol açabilir. Bu nedenle ÖÖG tanısı alan çocuklarda eşiküstü işitsel işleme becerilerinin değerlendirilmesi, bu çocuklarda sınıf ortamında gürültünün en aza indirileceği düzenlemelerin yapılmasının gerekliliğinin belirlenmesinde ve uygulanmasında belirleyici olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızda WISC-IV'ün; sözel kavrama, algısal akıl yürütme, çalışma belleği, işleme hızı puanları ve toplam zekâ ölçeği puanlarının tümü ile TFS Hassasiyet Testi ve Ünsüz Ses Tanıma Testi arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır. Ayrıca WISC-IV'ün; algısal akıl yürütme, çalışma belleği, işleme hızı puanları ve toplam zekâ ölçeği puanlarının tümü ile 4, 20, 50 ve 100 Hz taşıyıcı frekanslarında elde edilen TE Hassasiyet Test skorları arasında anlamlı ilişki elde edilmemiştir. WISC-IV'ün sözel kavrama puanı ile 20 Hz'de elde edilen TE Hassasiyet Test skoru arasında anlamlı pozitif ilişki dışında diğer tüm frekanslarda TE Hassasiyet Testi'nden elde edilen skorlar ile sözel kavrama puanı arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır.

Çalışmamızdan elde ettiğimiz eşiküstü işitsel işleme ve gürültüde konuşmayı tanıma test sonuçları; ÖÖG tanısı alan çocukların, eşiküstü işitsel işleme testleri ve gürültüde konuşmayı tanıma testi ile WISC-IV puanları arasında anlamlı ilişki bulunmadığına yönelik olan hipotezimizi desteklemektedir. Elde ettiğimiz bulgular, gürültüde konuşmayı tanıma ve eşiküstü işitsel işleme becerilerinin, çocukların zekâ performanslarıyla ilişkilendirilemeyeğini göstermektedir. Bu doğrultuda ÖÖG olan çocukların tanı alma süreçlerinde, tanı ölçütleri ile değerlendirmelerin yansırı, eşiküstü işitsel işleme ve gürültüde konuşmayı tanıma testlerini içeren psikoakustik bir test bataryasının kullanılmasının yararlı olacağı düşünülebilir.

Çalışmamızda TFS Hassasiyet Testi ile Ünsüz Ses Tanıma Testi arasında pozitif yönde anlamlı ilişki bulunmuştur. TFS Hassasiyet Testi'nde, frekans eşik değerinin yükselmesinin iyi bir TFS hassasiyetini yansıttığı, Ünsüz Ses Tanıma Testi skorunun artışı ile çocukların gürültüde konuşmayı tanımada iyi bir performans gösterdikleri bilinmektedir. TFS Hassasiyet Testi skoru ile Ünsüz Ses Tanıma Test skoru arasındaki pozitif yönde saptadığımız anlamlı ilişki, bu bilgiyi desteklemektedir. Sessiz ortamlarda konuşmanın anlaşılabilirliği için TFS bilgisi önemli olmasa da, arka plan gürültü varlığında hedef uyarıların arka plan gürültüden ayrılması için gerekli olan spektral bilginin kullanılmasında TFS bilgisinin önem kazandığı belirtilmektedir (108).

Çalışmamızda 4, 20, 50 ve 100 Hz'de elde edilen TE Hassasiyet Test skorları ile Ünsüz Ses Tanıma Testi arasında negatif yönde anlamlı ilişki saptanmıştır. TE Hassasiyet Testi skoruna ait sinyal gürültü oranlarının yüksek olması, TE bilgisinin konuşmanın anlaşılabilirliğinde o derece fazla kullanıldığını belirtmektedir. Çalışmamızın bulguları doğrultusunda, tüm taşıyıcı frekans değerlerindeki TE Hassasiyet Testi skorları SGO olarak dB cinsinden verilmiş ve her iki grupta da skorlar negatif değerde elde edilmiştir. Negatif değerlerdeki TE Hassasiyet Testi skorlarının azalması, TE bilgisinin kullanımındaki artışı yansıtmaktadır. Diğer taraftan Ünsüz Ses Tanıma Testi skorunun artışı ise çocukların gürültüde konuşmayı tanımada iyi bir performans gösterdiklerini belirtmektedir. Bu doğrultuda TE Hassasiyet Testi'nde tüm frekans değerlerinde skorların azalması ile Ünsüz Ses Tanıma Test performansının artmasının sonuçlarımız doğrultusundaki negatif yönde anlamlı olan ilişkiyi açıkladığını

düşünmekteyiz. Literatürde konuşmanın anlaşılabilirliği üzerine yapılan farklı çalışmalarda, konuşma uyarandaki TE ipuçlarının önemi değerlendirmiştir. Konuşma uyarandaki TFS bilgisini bozarak, TFS'nin spektral ipuçlarını azaltmak için “*vocoding*” yöntemi olarak adlandırılan bir sinyal işleme tekniği (109) ile TE bilgisi önemli derecede korunmuştur. TE bilgisinin korunduğu bu çalışmalarda özellikle 4-16 Hz aralığındaki modülasyon frekanslarında olmak üzere (60, 110) sessiz ortamlardaki konuşma anlaşılabilirliği için TE bilgisinin önemli olduğu belirtilmektedir (50, 96). Çalışmamızda 4 ve 20 Hz modülasyon frekanslarındaki TE Hassasiyet Test skorları ile Ünsüz Ses Tanıma Testi arasında elde ettiğimiz negatif yönde anlamlı ilişki literatür ile uyumlu bulunmuştur. Literatürden farklı olarak diğer modülasyon frekansları olan 50 ve 100 Hz'de TE Hassasiyet Test skorları ile Ünsüz Ses Tanıma Testi arasında da negatif yönde anlamlı ilişki bulunmuştur. TE bilgisinin, konuşma uyarandaki cümle tanımlarından ziyade ünsüz tanımlarında önemli ve ilişkili olduğu belirtilmektedir (90). Bu doğrultuda, çalışmamızda gürültüde konuşmayı tanıma testi olarak; Ünsüz Ses Tanıma Testi kullanmamız, literatürden farklı olarak 50 ve 100 Hz modülasyon frekanslarında ilişki bulmamızı açıklayabilir.

Füllgrabe ve ark. (90) tarafından yapılan bir çalışmada, normal işitmeye sahip genç ve yaşlı bireyler iki gruba ayrılmış, işitsel temporal işleme ve bilişsel süreçlerinin, konuşma anlaşılabilirliğine katkılarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda yaptıkları ölçümler sırasıyla; sessiz durumda, 5 Hz ve 80 Hz'de modüle edilen gürültüde Ünsüz Ses Tanıma Testi, sessiz durumda ve gürültüde cümle tanıma, 5, 30, 90 ve 180 Hz'de gerçekleştirilen TE Hassasiyet Testi, monaural ve binaural TFS Hassasiyet Testi ve çeşitli bilişsel testlerdir. Her iki grupta da hem TFS ve hem de TE Hassasiyet Testi skorlarının, konuşma testleri skorları ile anlamlı olarak güçlü derecede korele olduğu bulunmuş ve TE'nin TFS'ye göre daha zayıf ilişkili olduğu belirtilmiştir. TE Hassasiyet Testi ile Ünsüz Ses Tanıma Testi'nden elde ettikleri negatif yönde orta dereceli korelasyon ($r:-0,564$, $p\leq 0,005$), çalışmamızda tüm taşıyıcı frekanslardaki TE Hassasiyet Testi ile Ünsüz Ses Tanıma Testi'nde elde ettiğimiz anlamlı negatif ilişki ile benzerlik göstermektedir. Aynı şekilde TFS Hassasiyet Testi ile Ünsüz Ses Tanıma Testi'nden elde ettikleri pozitif yönde güçlü derecedeki korelasyon ($r:0,778$, $p\leq 0,005$), çalışmamızdaki TFS Hassasiyet Testi ile Ünsüz Ses Tanıma Testi'nden elde ettiğimiz anlamlı pozitif ilişki ile paralellik göstermektedir.

Çalışmamızda TFS Hassasiyet Testi ile 4 ve 100 Hz'de elde edilen TE Hassasiyet Test skorları arasında negatif yönde anlamlı ilişki saptanmıştır. TFS Hassasiyet Testi'nde test skorundaki artış ve TE Hassasiyet Testi'nde test skordaki düşüş, sırasıyla TFS ve TE hassasiyetlerindeki artışı yansıtmış ve iki test arasındaki negatif yönde anlamlı ilişkiyi desteklemiştir. Konuşmanın anlaşılabilirliğinde hem TFS hem de TE bilgisinin baziler membran üzerindeki farklı bölgelerde bandpass filtered sinyallerine ayrıştırılmasının (49), bu ilişkiyi açıklayabileceğini düşünmekteyiz.

Sonuç olarak çalışmamızda eşiküstü işitsel işleme becerilerinin değerlendirilmesine yönelik yapılan TFS ve TE Hassasiyet Testleri'nde ve gürültüde uyarıyı ayırt etme becerilerinde, ÖÖG tanısı alan çocuklar düşük performans göstermiş ve normal çocuklar ile aralarında anlamlı derecede farklılıklar elde edilmiştir. Özgül öğrenme güçlüğü tanısı alan çocuklarda, daha önce işitsel işleme becerilerinin değerlendirilmesine yönelik çok sayıda çalışma yapılmasına rağmen, gürültüde konuşmayı tanıma ve eşiküstü işitsel işleme becerilerinin bütüncül olarak değerlendirildiği çalışmalara rastlanılmamıştır. Bu çalışma ÖÖG tanısı alan çocukların eşiküstü işitsel işleme ve gürültüde konuşmayı tanıma performanslarının değerlendirildiği bütüncül bir yaklaşımın gerekliliğini vurgulayan bir ön çalışma niteliğinde olup, temporal işleme becerilerinin 10-12 yaşa kadar gelişiminin gerçekleştiği düşünüldüğünde (111), elde edilen bulguların uygun işitsel eğitimlerin planlanması ve uygulanmasında yol gösterici olabileceği düşünülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada, ÖÖG tanısı alan çocukların gürültüde konuşmayı tanıma, eşiküstü işitsel işleme becerilerini değerlendirmek ve bu çocukların, eşiküstü işitsel işleme ve gürültüde konuşmayı tanıma testleri ile zekâ testi puanları arasındaki ilişkiyi incelemek amaçlanmıştır. Bu amaç ile; ÖÖG tanısı alan 6-11 yaş aralığında 25 çocuk ve yapılan değerlendirmeler sonucunda normal işitme saptanan ve dâhil edilme kriterlerine uygun 6-11 yaş aralığında 25 normal çocuk olmak üzere iki grup oluşturulmuştur. Bu gruplara, psikoakustik testler ve gürültüde konuşmayı tanıma testi uygulanarak, eşiküstü işitsel işleme becerileri değerlendirilmiştir. Başlıca bulgular aşağıda özetlenmektedir:

- TFS Hassasiyet Testi'nde gruplar arasında anlamlı derecede fark elde edilmiştir. TFS Hassasiyet Testi'nin ÖÖG'de önemli olduğu, bu çocuklarda eşik frekansının önemli derecede düştüğü ve daha fazla spektral bilgiye ihtiyaç duydukları sonucuna varılmıştır.
- TE Hassasiyet Testi'nde 4 Hz, 20 Hz, 50 Hz ve 100 Hz frekanslarında modüle edilen uyaranların SGO açısından gruplar arasında anlamlı derecede fark elde edilmiştir. Tüm frekanslarda ÖÖG tanısı alan çocukların SGO yüksek elde edilmiş ve uyaranların ayırt edilmesinde daha fazla sinyale ihtiyaç duydukları sonucuna varılmıştır.
- TE Hassasiyet Testi'nde 4 Hz, 50 Hz ve 100 Hz frekanslarında modüle edilen uyaranlar ile yapılan testte, her bir frekansta gerçekleştirilen test performansının bitiminde sunulan uyaran sayıları açısından anlamlı derecede fark elde edilmiştir. Özgül öğrenme güçlüğü tanısı alan çocukların bu frekanslardaki test performansı daha az sayıda uyaran ile sonlandırılmıştır. 20 Hz frekansta modüle edilen test performansının bitiminde sunulan uyaran sayıları açısından ise anlamlı derecede fark elde edilmemesine rağmen, ÖÖG tanısı alan çocukların test performansı, yine daha az sayıda uyaran ile sonlandırılmıştır. Bilgisayar programı tarafından testin adaptif olarak sonlandırılması nedeniyle ÖÖG tanısı alan çocuklarda daha az

sayıda uyaran ile testin sonlandığı düşünölmüştür. Böylelikle ÖÖG tanısı alan çocukların test sırasında kötü performans sergiledikleri sonucuna varılmıştır.

- Ünsüz Ses Tanıma Testi'nde gruplar arasında anlamlı derecede fark elde edilmiştir. Özgöl öğrenme güçlüğü tanısı alan çocukların gürültüde uyaranları ayırt etme becerileri düşük elde edilmiş olup, bu çocuklarda gürültüde konuşmayı tanıma becerilerinin azaldığı düşünölmektedir. Böylelikle bu çocukların konuşma uyaranlarının spektrum ve temporal özelliklerinin bozulabildiğı arka planda gürültü olan okul sınıflarına benzer ortamlarda, iletişim problemleri ve buna bağılı olarak öğrenme problemleri yaşayabilecekleri sonucuna varılmıştır.
- Ünsüz Ses Tanıma Testi'nde farklı uyaranlar açısından gruplar arasında, 4 Hz ve 8 Hz'de -3 SGO ve 8 Hz ve 16 Hz'de -6 SGO'daki uyaranlarda olmak üzere anlamlı derecede fark elde edilmiştir. Sessiz durumda (gürültü yok), 4 Hz'de 0 SGO'da ve -6 SGO'da, 8 Hz'de 0 SGO'da, 16 Hz'de 0 SGO'da ve -3 SGO'daki uyaranlarda ise gruplar arasında fark saptanmamıştır. Anlamlı derecede fark elde edilen bu frekanslardaki SGO'ya bakıldığında, ÖÖG tanısı alan çocukların özellikle yüksek frekansta modüle edilen uyaranları ayırt etmelerinde kötü performans sergiledikleri saptanmış; sessiz durumda ve SGO'nun artmasıyla, sergiledikleri performansın iyileştiğı sonucuna varılmıştır.
- Gürültüde konuşmayı tanıma testi ile WISC-IV'ün; sözel kavrama, algısal akıl yürütme, çalışma belleğı, işleme hızı puanları ve toplam zekâ ölçeğı puanlarının tümü arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır. Gürültüde konuşmayı tanıma becerilerinin kullanımı ile zekâ puanlarının ilişkili olmadığı sonucuna varılmıştır.
- TFS Hassasiyet Testi ile WISC-IV'ün; sözel kavrama, algısal akıl yürütme, çalışma belleğı, işleme hızı puanları ve toplam zekâ ölçeğı puanlarının tümü arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır. TFS Hassasiyet Testi sırasında kullanılan ipuçlarını işleme becerileri ile zekâ puanlarının ilişkili olmadığı sonucuna varılmıştır.

- TE Hassasiyet Testi'nde 4 Hz, 20 Hz, 50 Hz ve 100 Hz taşıyıcı frekanslarında modüle edilen uyarıların SGO ile WISC-IV'ün; algısal akıl yürütme, çalışma belleği, işleme hızı puanları ve toplam zekâ ölçeği puanlarının tümü arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır. TE Hassasiyet Testi'nde 20 Hz frekansta modüle edilen uyarı ile WISC-IV'ün sözel kavrama puanı arasında anlamlı pozitif ilişki elde edilmiş, sözel kavrama test başarısında artışın 20 Hz'de TE Hassasiyet Test başarısında artış ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Diğer frekanslarda modüle edilen TE Hassasiyet Testi ile sözel kavrama puanı arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır. Genel olarak TE Hassasiyet Testi sırasında kullanılan ipuçlarını işleme becerileri ile zekâ puanlarının ilişkili olmadığı, sonucuna varılmıştır.

Yapılan bu çalışmanın sınırlılıkları göz önüne alındığında, ilerideki çalışmalar için başlıca öneriler aşağıda belirtilmektedir:

- Özgül öğrenme güçlüğü tanısı alan çocukların çalışmaya dâhil edilme sürecinde, ÖÖG ile birlikte olan komorbid durumların tamamen dışlanarak çocukların test performansları araştırılmalıdır.
- Çalışmada yer alan gruptaki çocuk sayıları daha fazla artırılarak, istatistiksel olarak ileriye dönük daha ayrıntılı sonuçlar elde edilmelidir.
- Gürültüde konuşmayı tanıma performansının çocuklarda daha anlaşılır ve daha ayrıntılı ölçümünün gerçekleştirilebileceği testler uygulanmalıdır.

Yapılan bu çalışmanın sonuçları göz önüne alındığında, başlıca öneriler aşağıda belirtilmektedir:

- Özgül öğrenme güçlüğü olan çocukların tanı alma sürecine, gürültüde konuşmayı tanıma ve eşiküstü işitsel işleme becerilerinin de değerlendirildiği bir test bataryası eklenmelidir.

- Özgöl öğrenme güçlüğü tanısı alan çocuklara gerekli müdahaleler, sadece güçlüğe yönelik olmamalı, aynı zamanda eşiküstü işitsel işleme süreçlerinin içinde olduğu işitsel eğitimleri de içermelidir.

7. KAYNAKLAR

1. Tirosh E, Cohen A, Berger J, Davidovitch M, Cohen-Ophir M. Neurodevelopmental and behavioural characteristics in learning disabilities and attention deficit disorder. *European Journal of Paediatric Neurology*. 2001;5(6):253-8.
2. Hammill DD. On defining learning disabilities: An emerging consensus. *Journal of learning disabilities*. 1990;23(2):74-84.
3. Farmer ME, Klein RM. The evidence for a temporal processing deficit linked to dyslexia: A review. *Psychonomic bulletin & review*. 1995;2(4):460-93.
4. Kortlang S, Mauermann M, Ewert SD. Suprathreshold auditory processing deficits in noise: Effects of hearing loss and age. *Hearing Research*. 2016;331:27-40.
5. Lorenzi C, Moore BC, editors. Role of temporal envelope and fine structure cues in speech perception: A review. *Proceedings of the International Symposium on Auditory and Audiological Research*; 2007.
6. Drennan WR, Won JH, Dasika VK, Rubinstein JT. Effects of temporal fine structure on the lateralization of speech and on speech understanding in noise. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. 2007;8(3):373-83.
7. Policy N, Silver CH, Ruff RM, Iverson GL, Barth JT, Broshek DK, et al. Learning disabilities: The need for neuropsychological evaluation. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2008;23(2):217-9.
8. Association AP. Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5®): American Psychiatric Pub; 2013.
9. Saklofske DH, Weiss LG, Breaux K, Beal AL. WISC-V and the evolving role of intelligence testing in the assessment of learning disabilities. 2016.
10. Rutter M, Caspi A, Fergusson D, Horwood LJ, Goodman R, Maughan B, et al. Sex differences in developmental reading disability: new findings from 4 epidemiological studies. *Jama*. 2004;291(16):2007-12.
11. Flannery KA, Liederman J, DALY L, SCHULTZ J. Male prevalence for reading disability is found in a large sample of black and white children free from ascertainment bias. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 2000;6(4):433-42.
12. Gilger JW, Kaplan BJ. Atypical brain development: a conceptual framework for understanding developmental learning disabilities. *Developmental neuropsychology*. 2001;20(2):465-81.
13. Büttner G, Hasselhorn M. Learning disabilities: Debates on definitions, causes, subtypes, and responses. *International Journal of Disability, Development and Education*. 2011;58(1):75-87.
14. Mapou RL. Adult learning disabilities and ADHD: Research-informed assessment: Oxford University Press; 2008.

15. Shaywitz BA, Weiss LG, Saklofske DH, Shaywitz SE. Translating scientific progress in dyslexia into twenty-first century diagnosis and interventions. WISC-V assessment and interpretation: Scientist-practitioner perspectives. 2015;269.
16. Berninger V, Richards T. Inter-relationships among behavioral markers, genes, brain and treatment in dyslexia and dysgraphia. *Future Neurology*. 2010;5(4):597-617.
17. Lyon GR. Learning disabilities. *The future of children*. 1996:54-76.
18. Fletcher JM, Lyon GR, Fuchs LS, Barnes MA. *Learning disabilities: From identification to intervention*: Guilford Publications; 2018.
19. Alfonso VC, Flanagan DP. *Essentials of specific learning disability identification*: John Wiley & Sons; 2018.
20. Shalev RS, Gross-Tsur V. Developmental dyscalculia. *Pediatric neurology*. 2001;24(5):337-42.
21. Shalev RS, Auerbach J, Manor O, Gross-Tsur V. Developmental dyscalculia: prevalence and prognosis. *European child & adolescent psychiatry*. 2000;9(2):S58-S64.
22. Shalev RS, Manor O, Kerem B, Ayali M, Badichi N, Friedlander Y, et al. Developmental dyscalculia is a familial learning disability. *Journal of learning disabilities*. 2001;34(1):59-65.
23. Degenhardt L, Hall W, Lynskey M. What is comorbidity and why does it occur? Comorbid mental disorders and substance use disorders. 2003:10.
24. Willcutt EG, Pennington BF, Smith SD, Cardon LR, Gayán J, Knopik VS, et al. Quantitative trait locus for reading disability on chromosome 6p is pleiotropic for attention-deficit/hyperactivity disorder. *American Journal of Medical Genetics*. 2002;114(3):260-8.
25. Cortiella C, Horowitz SH. *The state of learning disabilities: Facts, trends and emerging issues*. New York: National center for learning disabilities. 2014;25.
26. Nelson JM, Harwood H. Learning disabilities and anxiety: A meta-analysis. *Journal of learning disabilities*. 2011;44(1):3-17.
27. Chen H-Y, Keith TZ, Yung-Hwa C, Ben-Sheng C. What does the WISC-IV measure? Validation of the scoring and CHC-based interpretative approaches. *Jiaoyu Kexue Yanjiu Qikan*. 2009;54(3):85.
28. Keith TZ, Fine JG, Taub GE, Reynolds MR, Kranzler JH. Higher order, multisample, confirmatory factor analysis of the Wechsler Intelligence Scale for Children—Fourth Edition: What does it measure. *School Psychology Review*. 2006;35(1):108-27.
29. Watkins MW. Structure of the Wechsler Intelligence Scale for Children—Fourth Edition among a national sample of referred students. *Psychological Assessment*. 2010;22(4):782.
30. Watkins MW, Wilson SM, Kotz KM, Carbone MC, Babula T. Factor structure of the Wechsler Intelligence Scale for Children—Fourth Edition among referred students. *Educational and Psychological Measurement*. 2006;66(6):975-83.

31. Bharadwaj HM, Verhulst S, Shaheen L, Liberman MC, Shinn-Cunningham BG. Cochlear neuropathy and the coding of supra-threshold sound. *Frontiers in systems neuroscience*. 2014;8:26.
32. Liberman M. Single-neuron labeling in the cat auditory nerve. *Science*. 1982;216(4551):1239-41.
33. Costalupes JA, Young ED, Gibson DJ. Effects of continuous noise backgrounds on rate response of auditory nerve fibers in cat. *Journal of neurophysiology*. 1984;51(6):1326-44.
34. Costalupes JA. Representation of tones in noise in the responses of auditory nerve fibers in cats. I. Comparison with detection thresholds. *Journal of Neuroscience*. 1985;5(12):3261-9.
35. Young ED, Barta PE. Rate responses of auditory nerve fibers to tones in noise near masked threshold. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1986;79(2):426-42.
36. Bharadwaj HM. Individual differences in supra-threshold auditory perception-mechanisms and objective correlates: Boston University; 2014.
37. Bertoni J, Serniclaes W, Lorenzi C. Discrimination of speech sounds based upon temporal envelope versus fine structure cues in 5-to 7-year-old children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2009.
38. Wightman FL, Kistler DJ. The dominant role of low-frequency interaural time differences in sound localization. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1992;91(3):1648-61.
39. Bharadwaj H, Masud S, Shinn-Cunningham B, editors. The role of high-frequency cues for spatial hearing in rooms. *Proceedings of Meetings on Acoustics ICA2013*; 2013: ASA.
40. Dietz M, Marquardt T, Salminen NH, McAlpine D. Emphasis of spatial cues in the temporal fine structure during the rising segments of amplitude-modulated sounds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2013;110(37):15151-6.
41. Zeng F-G, Nie K, Stickney GS, Kong Y-Y, Vongphoe M, Bhargava A, et al. Speech recognition with amplitude and frequency modulations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2005;102(7):2293-8.
42. Blauert J. *Spatial hearing: the psychophysics of human sound localization*: MIT press; 1997.
43. Elhilali M, Ma L, Micheyl C, Oxenham AJ, Shamma SA. Temporal coherence in the perceptual organization and cortical representation of auditory scenes. *Neuron*. 2009;61(2):317-29.
44. Moore BC. The role of temporal fine structure processing in pitch perception, masking, and speech perception for normal-hearing and hearing-impaired people. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*. 2008;9(4):399-406.
45. Christiansen C, MacDonald EN, Dau T. Contribution of envelope periodicity to release from speech-on-speech masking. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2013;134(3):2197-204.

46. Krause JC, Braida LD. Acoustic properties of naturally produced clear speech at normal speaking rates. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2004;115(1):362-78.
47. Stellmack MA, Byrne AJ, Viemeister NF. Extracting binaural information from simultaneous targets and distractors: effects of amplitude modulation and asynchronous envelopes. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2010;128(3):1235-44.
48. Jørgensen S, Dau T. Predicting speech intelligibility based on the signal-to-noise envelope power ratio after modulation-frequency selective processing. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2011;130(3):1475-87.
49. Füllgrabe C, Moore BC. Evaluation of a method for determining binaural sensitivity to temporal fine structure (TFS-AF test) for older listeners with normal and impaired low-frequency hearing. *Trends in hearing*. 2017;21:2331216517737230.
50. Van Tasell DJ, Soli SD, Kirby VM, Widin GP. Speech waveform envelope cues for consonant recognition. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1987;82(4):1152-61.
51. Stone MA, Moore BC, Füllgrabe C. The dynamic range of useful temporal fine structure cues for speech in the presence of a competing talker. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2011;130(4):2162-72.
52. Neher T, Lunner T, Hopkins K, Moore BC. Binaural temporal fine structure sensitivity, cognitive function, and spatial speech recognition of hearing-impaired listeners (L). *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2012;131(4):2561-4.
53. Bernstein JG, Mehraei G, Shamma S, Gallun FJ, Theodoroff SM, Leek MR. Spectrotemporal modulation sensitivity as a predictor of speech intelligibility for hearing-impaired listeners. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2013;24(4):293-306.
54. Hopkins K, Moore BC. Development of a fast method for measuring sensitivity to temporal fine structure information at low frequencies. *International Journal of Audiology*. 2010;49(12):940-6.
55. Moore BC, Sek A. Development of a fast method for determining sensitivity to temporal fine structure. *International Journal of Audiology*. 2009;48(4):161-71.
56. Füllgrabe C, Harland AJ, Şek AP, Moore BC. Development of a method for determining binaural sensitivity to temporal fine structure. *International journal of audiology*. 2017;56(12):926-35.
57. Rosen S. Temporal information in speech: acoustic, auditory and linguistic aspects. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*. 1992;336(1278):367-73.
58. Füllgrabe C, Stone MA, Moore BC. Contribution of very low amplitude-modulation rates to intelligibility in a competing-speech task. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2009;125(3):1277-80.
59. Houtgast T, Steeneken HJ. A review of the MTF concept in room acoustics and its use for estimating speech intelligibility in auditoria. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1985;77(3):1069-77.

60. Drullman R, Festen JM, Plomp R. Effect of temporal envelope smearing on speech reception. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1994;95(2):1053-64.
61. van der Horst R, Leeuw AR, Dreschler WA. Importance of temporal-envelope cues in consonant recognition. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1999;105(3):1801-9.
62. Stone MA, Füllgrabe C, Moore BC. High-rate envelope information in many channels provides resistance to reduction of speech intelligibility produced by multi-channel fast-acting compression. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2009;126(5):2155-8.
63. Moore BC. *An introduction to the psychology of hearing*: Brill; 2012.
64. Giraud A-L, Lorenzi C, Ashburner J, Wable J, Johnsrude I, Frackowiak R, et al. Representation of the temporal envelope of sounds in the human brain. *Journal of neurophysiology*. 2000;84(3):1588-98.
65. Greenberg S. A multi-tier framework for understanding spoken language. *Listening to speech: An auditory perspective*. 2006:411-33.
66. Ziegler JC, Pech-Georgel C, George F, Lorenzi C. Speech-perception-in-noise deficits in dyslexia. *Developmental science*. 2009;12(5):732-45.
67. Brady S, Shankweiler D, Mann V. Speech perception and memory coding in relation to reading ability. *Journal of experimental child psychology*. 1983;35(2):345-67.
68. Calcus A, Deltenre P, Colin C, Kolinsky R. Peripheral and central contribution to the difficulty of speech in noise perception in dyslexic children. *Developmental science*. 2018;21(3):e12558.
69. Bradlow AR, Kraus N, Hayes E. Speaking clearly for children with learning disabilities. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2003.
70. Nittrouer S, Krieg LM, Lowenstein JH. Speech Recognition in Noise by Children with and without Dyslexia: How is it Related to Reading? *Research in developmental disabilities*. 2018;77:98-113.
71. Ramus F, Rosen S, Dakin SC, Day BL, Castellote JM, White S, et al. Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain*. 2003;126(4):841-65.
72. Tallal P, Miller S, Fitch RH. Neurobiological basis of speech: a case for the preeminence of temporal processing. *Annals of the New York academy of sciences*. 1993;682(1):27-47.
73. Ortiz R, Estévez A, Muñetón M, Domínguez C. Visual and auditory perception in preschool children at risk for dyslexia. *Research in developmental disabilities*. 2014;35(11):2673-80.
74. Murphy-Ruiz PC, Penaloza-Lopez YR, Garcia-Pedroza F, Poblano A. Right cerebral hemisphere and central auditory processing in children with developmental dyslexia. *Arquivos de neuro-psiquiatria*. 2013;71(11):883-9.

75. Murphy C, Schochat E. How auditory temporal processing deficits relate to dyslexia. *Brazilian journal of medical and biological research*. 2009;42(7):647-54.
76. Levitt H. Transformed up-down methods in psychoacoustics. *The Journal of the Acoustical society of America*. 1971;49(2B):467-77.
77. Taylor M, Creelman CD. PEST: Efficient estimates on probability functions. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1967;41(4A):782-7.
78. Fidan D. Teaching soft G (< Ğ>) in acquisition of literacy processing. *Theoretical and applied researches on Turkish language teaching Verlag Die Blaue Eule: Essen*. 2011.
79. Sadock BJ, Sadock VA, Ruiz P. *Comprehensive textbook of psychiatry: lippincott Williams & wilkins Philadelphia*; 2000.
80. Ramus F. Developmental dyslexia: specific phonological deficit or general sensorimotor dysfunction? *Current opinion in neurobiology*. 2003;13(2):212-8.
81. Molfese V, Molfese D, Molnar A, Beswick J. Developmental dyslexia and dysgraphia. In K. Brown (Ed.). *Encyclopedia of Language and Linguistic (2nd ed.)*. Oxford: Elsevier; 2006.
82. Bellis TJ. *Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting: From science to practice: Plural Publishing*; 2011.
83. Chermak GD. *Central auditory processing disorders*. 1997.
84. Studdert-Kennedy M, Mody M. Auditory temporal perception deficits in the reading-impaired: A critical review of the evidence. *Psychonomic Bulletin & Review*. 1995;2(4):508-14.
85. Wagner RK, Torgesen JK. The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological bulletin*. 1987;101(2):192.
86. Tallal P, Stark RE. Perceptual/motor profiles of reading impaired children with or without concomitant oral language deficits. *Annals of Dyslexia*. 1982:163-76.
87. Tallal P. *Experimental studies of language learning impairments: From research to remediation. Speech and language impairments in children: Psychology Press*; 2014. p. 145-70.
88. McArthur GM, Bishop DVM. Auditory perceptual processing in people with reading and oral language impairments: Current issues and recommendations. *Dyslexia*. 2001;7(3):150-70.
89. Füllgrabe C. Age-dependent changes in temporal-fine-structure processing in the absence of peripheral hearing loss. *American Journal of Audiology*. 2013.
90. Füllgrabe C, Moore BC, Stone MA. Age-group differences in speech identification despite matched audiometrically normal hearing: contributions from auditory temporal processing and cognition. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2015;6:347.
91. Grose JH, Mamo SK. Processing of temporal fine structure as a function of age. *Ear and hearing*. 2010;31(6):755.

92. King A, Hopkins K, Plack CJ. The effects of age and hearing loss on interaural phase difference discrimination. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2014;135(1):342-51.
93. Micheyl C, Schrater PR, Oxenham AJ. Auditory frequency and intensity discrimination explained using a cortical population rate code. *PLoS computational biology*. 2013;9(11):e1003336.
94. Hopkins K, Moore BC. The effects of age and cochlear hearing loss on temporal fine structure sensitivity, frequency selectivity, and speech reception in noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2011;130(1):334-49.
95. Moore BC, Glasberg BR. Modeling binaural loudness. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2007;121(3):1604-12.
96. Shannon RV, Zeng F-G, Kamath V, Wygonski J, Ekelid M. Speech recognition with primarily temporal cues. *Science*. 1995;270(5234):303-4.
97. Füllgrabe C, Berthommier F, Lorenzi C. Masking release for consonant features in temporally fluctuating background noise. *Hearing research*. 2006;211(1-2):74-84.
98. Festen JM, Plomp R. Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech-reception threshold for impaired and normal hearing. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1990;88(4):1725-36.
99. Olsen WO. Average speech levels and spectra in various speaking/listening conditions. *American Journal of Audiology*. 1998.
100. Eisenberg LS, Shannon RV, Schaefer Martinez A, Wygonski J, Boothroyd A. Speech recognition with reduced spectral cues as a function of age. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2000;107(5):2704-10.
101. Verschooten E, Robles L, Joris PX. Assessment of the limits of neural phase-locking using mass potentials. *Journal of Neuroscience*. 2015;35(5):2255-68.
102. Brughera A, Dunai L, Hartmann WM. Human interaural time difference thresholds for sine tones: The high-frequency limit. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2013;133(5):2839-55.
103. Lotfi Y, Ahmadi T, Moossavi A, Bakhshi E. Binaural sensitivity to temporal fine structure and lateralization ability in children with suspected (central) auditory processing disorder. *Auris Nasus Larynx*. 2019;46(1):64-9.
104. King WM, Lombardino LJ, Crandell CC, Leonard CM. Comorbid auditory processing disorder in developmental dyslexia. *Ear and hearing*. 2003;24(5):448-56.
105. Schubotz W, Brand T, Kollmeier B, Ewert SD. The Influence of High-Frequency Envelope Information on Low-Frequency Vowel Identification in Noise. *PloS one*. 2016;11(1):e0145610.
106. Peñaloza-López Y, Herrera-Rangel A, Pérez-Ruiz SJ, Poblano A. Phonological awareness and sinusoidal amplitude modulation in phonological dyslexia. *Archivos de neuro-psiquiatria*. 2016;74(4):293-8.

107. Law JM, Wouters J, Ghesquière P. The influences and outcomes of phonological awareness: a study of MA, PA and auditory processing in pre-readers with a family risk of dyslexia. *Developmental science*. 2017;20(5):e12453.
108. Moore BC. *Auditory processing of temporal fine structure: Effects of age and hearing loss*: World Scientific; 2014.
109. Dudley H. Remaking speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1939;11(2):169-77.
110. Drullman R, Festen JM, Plomp R. Effect of reducing slow temporal modulations on speech reception. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1994;95(5):2670-80.
111. Katz J. Classification of auditory processing disorders. *Central auditory processing: A transdisciplinary view*. 1992:81-91.