

Dikkat eksikliği/hiperaktivite bozukluğu olan çocuklarda nöro-geribildirim uygulamasına bağlı davranış değişikliklerinin Wechsler Çocuklar İçin Zekâ Ölçeği ile araştırılması: randomize tek körlü ön çalışma

Investigation of behavioral changes due to neurofeedback application in children with attention deficit hyperactivity disorder by using Wechsler Intelligence Scale for Children - Revised: a randomized single-blind preliminary study

Rukiye Ölçüoğlu¹  İlknur Kozanoğlu²  Eylem Gül³ 

¹ Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fiziyojji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

² Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Adana Dr. Turgut Noyan Uygulama ve Araştırma Hastanesi, Adana, Türkiye

³ Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Biyoistatistik Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, nöro-geribildirim sistemi aracılığıyla yapılan eğitimin etkilerini, 8-12 yaş arası dikkat eksikliği olan çocuklarda Wechsler çocuklar için zekâ ölçeği ile bilişsel becerileri açısından incelemektir.

Gereç ve Yöntem: Bu amaçla, Mayıs 2021- Aralık 2021 tarihleri arasında özel eğitim merkezine tanılı olarak başvuran katılımcılardan rastgele örnekleme ile nöro-geribildirim eğitimi alacak deney grubu (n=20) ve simülasyon alan sham grubundan (n=20) oluşturulmuştur. Çalışmanın ilk aşamasında her iki gruba da katılımcıların zihinsel performanslarını belirlemek için Wechsler çocuklar için zekâ ölçeği ön test olarak uygulanmış, daha sonra deney grubunda 5 ay boyunca haftanın 3 günü yarım saatlik seanslarla toplam 60 seanslık çok düşük frekans nöro-geribildirim protokolü yürütülmüştür. Altıncı ayın sonunda son test olarak Wechsler çocuklar için zekâ ölçeği tekrar uygulanarak, veriler analiz edilmiştir.

Bulgular: Gruplar arası karşılaştırmada deney ve kontrol gruplarının ön test ve son test puanları arasında herhangi bir farklılık bulunamamıştır (p>0,05). Ancak grup içi farklılıklar incelendiğinde; sözel IQ skorları deney grubunda farklılık göstermezken (p=0,121), kontrol grubunda skorlar farklıdır (p=0,011). Performans IQ skorları, hem deney grubunda (p=0,011) hem de kontrol grubunda (p=0,003) değişmektedir. Total IQ skoru yönünden ise yine hem deney grubunda (p<0,001) hem de kontrol grubunda test öncesi ve test sonrası skorlar farklıdır (p=0,007).

Sonuç: Wechsler çocuklar için zekâ ölçeği açısından nöro-geribildirim uygulanan grubun kendi içinde performans IQ ve toplam IQ yönünden zihinsel performanslarının artarak dikkat eksikliklerinin azaldığı saptanmıştır. Ancak, bu bulgu sham-grubu ile istatistiksel olarak doğrulanamamıştır.

Anahtar Sözcükler: Dikkat eksikliği hiperaktivite bozukluğu, nöro-geribildirim, Wechsler çocuklar için zekâ ölçeği.

ABSTRACT

Aim: The aim of this study is examining the effects of neurofeedback system in terms of Wechsler intelligence scale for children aged 8-12 with attention deficit.

Sorumlu yazar: Rukiye Ölçüoğlu
Baskent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fiziyojji Anabilim Dalı,
Ankara, Türkiye
E-posta: rolcuoglu@baskent.edu.tr
Başvuru tarihi: 02.06.2022 Kabul tarihi: 25.08.2022

Materials and Methods: For this purpose, the experimental group (n = 20) and sham group (n = 20) were formed with random sampling from participants who applied to the special education center between May-December 2021. In the first phase of the study, Wechsler intelligence scale for children was applied as a pre-test to determine the mental performance of participants in both study groups. Then, the infra low frequency protocol was applied to the experimental group for 5 months, every other day for half an hour, totally 60 sessions. After 6 months, Wechsler intelligence scale for children was applied again as a post-test and the data were analyzed.

Results: In the comparison, no difference was found ($p>0.05$) between the pre-test and post-test scores of the experimental and control groups. Examining the differences within-group, verbal IQ scores did not differ in the experimental group ($p=0.121$), while the scores in the control group were different ($p=0.011$). Performance IQ scores varied in both the experimental group ($p=0.011$) and the control group ($p=0.003$). In terms of total IQ score, pre-test and post-test scores were different in both the experimental group ($p<0.001$) and the control group ($p=0.007$).

Conclusion: In terms of Wechsler intelligence scale for children, it was determined that the mental performance of neurofeedback group increased in terms of performance IQ and total IQ. However, this finding could not be statistically confirmed in the sham-group.

Keywords: Attention deficit hyperactivity disorder, neurofeedback, Wechsler intelligence scale for children.

GİRİŞ

Yirminci yüzyıldan beri artan teknoloji ve belki de ona adapte olurken hayatımıza giren birçok uyarana beraber dikkat dağınıklığı, zayıf konsantrasyon veya artan dürtüsel eylemler gibi sorunlarla daha çok karşılaşmaktayız. Dikkat eksikliği/hiperaktivite bozukluğu (DEHB), işlevsellikte bozulma yaratan, hiperaktivite ve dürtüsellüğün yanı sıra dikkat ve konsantrasyonu sürdürmede yaşa uygun olmayan semptomlarla karakterize kronik bir nörolojik bozukluktur. Dünya çapında %5'lik bir yaygınlık ile en yaygın çocukluk çağı psikiyatrik durumudur. Çoğu çocukta semptomlar genellikle 12 yaşından önce fark edilir ve tanı kriterlerinin yerine getirilmesi için çocuğun ev, okul veya sosyal hayatı gibi iki veya daha fazla ortamda saptanması gerekir (1). Bu çocuklardaki karakteristik davranış, zihinsel çaba gerektiren görevlerde veya faaliyetlerde zorluktur, bunun sonucu olarak görevi tamamlamada başarısızlık veya düzensizlik gelişir. Dikkatleri kolayca dağınık ve uzun süre sabit kalamazlar (2).

Dikkat eksikliği/hiperaktivite bozukluğu, Ruhsal Bozuklukların Tanısal ve İstatistiksel El Kitabında nörolojik olarak DSM-V kriterlerine göre sınıflandırılır. Dikkatsizlik, dürtüsellik ve hiperaktivite olmak üzere üç kategoride sınıflandırılan davranışsal belirtilerle karakterizedir. Bu kategoriler bilişsel ve davranışsal çeşitli fonksiyon bozukluklarını içeren tek bir hastalık altında toplanır (3). Beynin yürütücü sisteminin bir işlev bozukluğu olarak

tanımlanan DEHB'in kanıtları, doğrudan manyetik rezonans görüntüleme (MRI), fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) ve pozitron emisyon tomografi (PET) çalışmalarından elde edilir. Dikkat eksikliği/hiperaktivite bozukluğundaki yürütücü işlev bozukluğunun, beyin yürütme sisteminin bozulmasına yansiyarak DEHB hastalarında anormal bir elektroensefalogram (EEG) paterni olarak ortaya çıktığı varsayılmaktadır. Sonuç olarak, DEHB çocuğun bilgiyi işleme biçimine yansiyarak bireyin dünyayı nasıl algıladığını ve dolayısıyla ona nasıl tepki verdiğini etkiler (4). Dikkat eksikliği/hiperaktivite bozukluğu semptomlarında tanımlanan spesifik beyin yapıları lateral prefrontal korteks ve medial prefrontal korteks ile özellikle karar vermede önemli olan dorsal anterior midsingulat kortekstir. Ayrıca, inhibisyon ve hafıza gibi yürütücü işlevlerle ilişkili frontal striato-talamik ve fronto-parieto-serebellar bölgelerde de anormallikler bulunmuştur. Ek olarak, sağ putamen/anterior insulada gri madde azalması saptanmıştır (3). Birçok genetik ve çevresel risk faktörü birikerek DEHB'ye neden olur. Dikkat eksikliği/hiperaktivite bozukluğu için çevresel riskler etkilerini fetal veya erken postnatal dönem gibi yaşamın çok erken dönemlerinde gösterir. Bu bulgular, DEHB'nin nedenlerini anlamaya yardımcı olur, ancak bozukluğu teşhis etmek için yararlı değildir (5). Dikkat eksikliği/hiperaktivite bozukluğu için objektif tanı testleri olmamasına rağmen, Wechsler çocuklar için zekâ ölçeği (WÇZÖ) dâhil olmak üzere zekâ testleri, DEHB'li çocuklarda

bilişsel işlevi değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Wechsler çocuklar için zekâ ölçeği sonuçları, nörogelişimsel bozukluğu olan çocuklar için bireysel destek planları ve tedavi programları geliştirmeye yönelik alanlarda klinik olarak anlamlı bilgiler sağlamaktadır (6).

Şu an için DEHB tedavi edilebilir bir hastalık değildir, ancak yaşam boyu süren nörolojik temelli bir bozukluk olduğu için yönetilebilir. Bununla birlikte, birçok araştırmacının onayladığı gibi, bireyler kendi iradesiyle normal EEG modelini üretme ve bunu uzun süreler boyunca koruma yeteneğine sahiptir (4). Dikkat eksikliği/hiperaktivite bozukluğu olan çocukları tedavi etmeye yönelik mevcut stratejiler, öncelikle DEHB'nin yaşadığı bazı zorlukları azaltmaya çalışan farmakolojik tedavilere odaklanmaktadır (7). Yine de bu tedavilerin genellikle DEHB olan çocukların ve ailelerinin ihtiyaçlarını karşılamadığı ve sınırlı etkinlik gösterdiği belirtilmektedir (8, 9). Nöro-geribildirim (NGB) kullanarak bu bozuklukta psikoterapi veya farmakoterapiden daha uzun vadeli bir değişiklik yapılabilir. Uyarıcı ilaçların birçok hiperaktif çocuk için etkili olduğu (%60-70 iyileşme), ancak ilacın kesilmesinin davranışı geri getirdiği bilinmektedir. Çünkü ilaçlar beyindeki nörotransmitterlerin (dopamin ve norepinefrin) dağılımını geçici olarak iyileştirmektedir. Nöro-geribildirim kullanımı, ilaçları ortadan kaldırmakta ve öğrenilen davranış uzun (10 yıldan fazla) sürmektedir. Öte yandan NGB'nin herhangi bir yan etkisi olmayıp, çocuklar kontrolü içselleştirmeyi ve buna göre kendilerini değiştirmeyi öğrenirler (4).

Farmakolojik olmayan yaklaşımlar arasında NGB, 1970'lerin başından beri umut verici bir DEHB tedavi stratejisi olarak kabul edilmektedir (10, 11). Biyogeribildirim tekniği kortikal beyin aktivitesini ölçtüğünde, EEG biyogeribildirim veya NGB olarak tanımlanır. Hasta, semptomları azaltmak ve zihinsel yetenekleri geliştirmek için EEG aktivitesini gönüllü olarak modüle etmek veya değiştirmek için eğitilir (12). Nöro-geribildirim ile bu durumu oluşturduğu düşünülen anormal beyin aktivitesi modelleri hedeflenir ve DEHB semptomlarının azaltılması amaçlanır. Bu uygulama, edimsel pekiştirme prosedürleri kullanılarak kendi kendini düzenleme eğitimi yoluyla uygulanır, öz-düzenlemenin öğrenilmesi bu nedenle bir anahtar mekanizmadır. Bu amaca ulaşmak için, ilgilenilen EEG indeksleri hedeflenen frekans bantlarında görsel veya işitsel sinyallere dönüştürülür ve hastaya gerçek zamanlı ve otomatik olarak geri bildirim yapılır

(13). Kişi istenen EEG modelini ürettiğinde, bilgisayar olumlu bir yanıt veya ödül sağlar. Tedavi süresi, semptom şiddetine ve hastanın öğrenme başarısına göre değişmekle birlikte genellikle 30-60 seanstan sonra tamamlanmış kabul edilir (12, 14). Böylece, kişinin kendi fizyolojik süreçlerinin farkındalığı yoluyla, istenen beyin aktivitesini bağımsız olarak üretebileceği varsayılır (15).

Literatürde, DEHB tedavisine ilişkin bir Ulusal Sağlık Enstitüleri ("National Institutes of Health") uzlaşma raporu, biyogeribildirim ve NGB tedavileri için ampirik kanıtların düzensiz olduğunu belirtmiş ve bu tedavi onaylanmadan önce daha fazla kontrollü çalışma önermiştir (15). Çalışmanın amacı, çocuklardaki dikkat eksikliğinin Wechsler Çocuklar için Zekâ Ölçeği Geliştirilmiş Formu (WÇZÖ-R) ile sınanarak NGB uygulamasına bağlı oluşacak bilişsel davranış değişikliklerinin NGB demosu yapılacak sham grubu ile randomize tek kör yöntemiyle incelenmesidir. Bu çalışma ile amacımız yöntemin kendisini savunmak ya da karşı çıkmaktan çok, daha iyi bir metodoloji oluşturmak ve özel klinik uygulamalarda yöntemin kötüye kullanımını engellemek amacıyla, çözülmemiş konuları ele almak için daha fazla araştırmanın önemini vurgulamaktır. Yakın geçmişte yapılmaya başlanan özellikle zihinsel bozukluklarla ilgili NGB araştırmalarının yönünün iyi tanımlanmış görünmesi de bu görüşümüzü destekler niteliktedir (16, 17). Benzer araştırmaların, NGB protokollerinin özelleştirilmesi ve hedefe yönelik olarak iyileştirilmesinde önemli rol oynayacağı düşünülmektedir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışma, tek merkezli, nicel, prospektif bir çalışma olup, Ankara'da Özem özel eğitim ve rehabilitasyon merkezinde yapılmıştır. Gönüllüler DSM-V kriterlerine göre psikiyatrist değerlendirmesi ile kliniğe gelen 8-12 yaş grubunda dikkat eksikliği olan çocuklardan seçilmiştir. Örneklemin seçilme yönteminde seçkisiz kotalı örnekleme kullanılmıştır. 8 yaş altı ve 12 yaş üstü olan, herhangi bir ilaç kullanan ve tanıli psikiyatrik bozukluğu olan çocuklar çalışma dışı bırakılmıştır. Çalışmaya çocuklar ve ebeveynleri için hazırlanmış bilgilendirilmiş gönüllü onam formunu imzalayan ve böylece katılmayı kabul eden gönüllüler dâhil edilmiştir. Deney grubundaki gönüllülere 5 ay boyunca nöro-geribildirim uygulaması yapılarak, sham grubuna NGB simülasyonu gösterilmiştir.

Deney grubuna görsel, işitsel ve dokunsal olarak 3 tip geribildirim Othmer yazılımına sahip bir ana bilgisayar, yazılıma ait bir amplifikatör, oyuncak bir ayı, kablosuz kulaklık ve televizyondan izletilen oyundan oluşan deney düzeneği aracılığıyla klinikte sertifikalı uzman tarafından verilmiştir. Standardizasyonu sağlamak adına tüm uygulamalar aynı koşullar altında, aynı odada ve aynı kişi tarafından gerçekleştirilmiştir.

Araştırma süresi olan 6 ayın sonunda gruplardaki gönüllülere aynı araçlar uygulanarak ölçümler tekrar elde edilmiştir. Farklı gönüllülerden oluşan deney ve sham gruplarının ölçümlerinin gruplar arası karşılaştırılmasına ek olarak, herhangi bir gruptaki aynı kişiler değişkenler bakımından iki kez ölçüldüğünden, grup içi ön test-son test karşılaştırılması da yapılmıştır.

Bu çalışma için Başkent Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan KA21/246 no'lu 26.05.2021 tarih ve 21/97 karar sayılı etik onay alınmıştır.

Uygulama

Nöro-geribildirim uygulaması: çok düşük frekans ("infra low frequency"-ILF) HD modülü içeren

Cygnnet® 2.0 (EEGInfo, Almanya/İsviçre) nöro-geribildirim yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılıma ait amplifikatör NeuroAmplii® (EEGInfo, Almanya/İsviçre) ise iki kanallı bir EEG amplifikatörüdür (32 bit çözünürlük, 165 dB dinamik aralık ve bir Msps).

Deney grubuna uygulanan protokol hasta profillerine göre kantitatif-EEG (KEEG) tabanlı oluşturulmuştur. Üç adet Ag-AgCl elektrotlar kullanılmış, yapılan deri ve saç temizliğinin ardından iletken pasta kullanımı ile 10-20 Uluslararası elektrot yerleşim sisteminde bölgeler çalışılmıştır (Tablo-1).

Veri toplama aracı

Grup içi ve gruplar arası karşılaştıma ölçeği olarak ise ön test-son test uygulamalarında Türkçe geçerlilik güvenilirlik validasyonu olan WÇZÖ-R kullanılmıştır (18). Bu ölçeğin tekrar test güvenilirliğinin sağlanabilmesi için önerilen 6 ay beklenmiş ve böylece hatırlamadan kaynaklı oluşabilecek puan artışları engellenmiştir. Wechsler çocuklar için zekâ ölçeği klinikte sertifikasyona sahip uzman klinik psikolog tarafından uygulanmıştır.

Tablo-1. Seanslar boyunca uygulanan elektrot montajlarının özeti.

Seanslar	Aktif Bölge	Toprak Elektrot	Süre/Kayıt
1-15	T3-T4	P4	30 dk / bipolar
16-30	T3-Fp1	T4	30 dk / bipolar
31-45	T4-Fp2	T3	30 dk / bipolar
46-60	T4-P4	T3	30 dk / bipolar

*T3/T4: temporal, Fp1/fp2: prefrontal, P4: pariyetal alan

İstatistiksel analiz

Bu çalışmada test puanlarının normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk normallik testi ile incelenmiş ve tanımlayıcı istatistik olarak ortalaması±standart hata ve minimum-maksimum değerleri verilmiştir. Test puanları açısından deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel açıdan farklılıkların incelenmesinde Bağımsız İki Örneklem t testi (Student t testi) uygulanmıştır. NGB öncesi ve NGB sonrası test puanlarının karşılaştırılmasında Eşleştirilmiş t testi kullanılmıştır. Deney ve kontrol gruplarında Sözel IQ, Performans IQ ve Total IQ puanlarının dağılımı Hata grafikleri (Error bar) ile Sözel IQ ve Performans IQ testinin alt boyut puanlarının dağılımı da çizgi grafiği ile incelenmiştir. Tüm hipotez testlerinde I. Tip hata olasılığı $\alpha=0,05$

olarak belirlenmiş ve istatistiksel değerlendirmeler için SPSS v25.0 paket programı kullanılmıştır.

BULGULAR

Çalışmaya 40 gönüllü DEHB'li çocuk katılmış olup çocuklar rastgele olarak deney (n=20) ve kontrol (n=20) gruplarına ayrılmıştır. Katılımcıların yaş ortalaması 9 yaş 9 ay 7 gündür. Deney ve kontrol grubunun yaş ortalamaları arasında fark yoktur (p=0,165). Grupların cinsiyet dağılımları incelendiğinde 13 kız ve 27 erkek çocuk olmak üzere 1:2 oranında bulunmuştur. Grupların cinsiyet dağılımları istatistiksel olarak farklılık göstermemektedir (p=0,311). Deney ve kontrol gruplarında, sham ve NGB eğitimlerinin test öncesi ve test sonrası puanlarının dağılımı verilmiştir (Tablo-2).

Tablo-2. WÇZÖ-R puanlarının grup içi ve gruplar arası dağılımlarının incelenmesi.

WÇZÖ-R	Ön test		Son test		p ^b	Etki büyüklüğü
	Ort ± S.H	Min-Maks	Ort ± S.H	Min-Maks		
SÖZEL IQ						
Deney	86.35 ± 5.64	47-146	88.45 ± 5.10	50-133	0.121	0.36
Kontrol	83.95 ± 4.65	41-120	84.80 ± 4.64	41-120	0.011*	0.63
p ^a	0.745		0.600			
Genel bilgi						
Deney	6.70 ± 0.87	1-15	7.25 ± 0.83	1-14	0.061	0.45
Kontrol	6.25 ± 0.78	1-13	6.70 ± 0.81	1-13	0.025*	0.55
p ^a	0.703		0.636			
Benzerlikler						
Deney	8.90 ± 0.98	0-16	10.35 ± 0.82	4-16	0.026*	0.54
Kontrol	8.65 ± 0.98	0-17	9.10 ± 0.93	0-17	0.004*	0.74
p ^a	0.858		0.322			
Aritmetik						
Deney	6.90 ± 0.94	1-16	8.00 ± 0.93	1-19	0.004*	0.74
Kontrol	7.20 ± 0.93	1-16	8.05 ± 0.93	1-16	0.006*	0.69
p ^a			0.970			
Sözcük dağarcığı	0.821					
Deney	8.35 ± 1.10	1-19	8.05 ± 0.98	1-17	0.209	0.29
Kontrol	8.25 ± 0.86	1-19	8.60 ± 0.81	1-19	0.069	0.43
p ^a	0.943		0.668			
Yargılama						
Deney	8.60 ± 1.05	1-17	7.95 ± 1.02	1-17	0.103	0.38
Kontrol	7.40 ± 0.72	1-12	7.90 ± 0.62	2-12	0.126	0.36
p ^a	0.353		0.967			
PERFORMANS IQ						
Deney	95.65 ± 5.05	58-131	106.30 ± 5.33	67-154	0.011*	0.63
Kontrol	93.60 ± 6.63	47-154	95.40 ± 6.67	48-155	0.003*	0.77
p ^a	0.807		0.209			
Resim Tamamlama						
Deney	9.80 ± 0.87	4-18	10.90 ± 0.82	5-18	0.001*	0.88
Kontrol	9.10 ± 0.91	1-19	9.75 ± 0.89	2-19	0.004*	0.74
p ^a	0.581		0.348			
Resim Düzenleme						
Deney	9.85 ± 0.94	3-19	11.30 ± 0.90	4-19	<0.001*	1.32
Kontrol	8.90 ± 1.06	1-19	9.45 ± 1.06	1-19	0.037*	0.50
p ^a	0.508		0.191			
Küplerle Desen						
Deney	10.55 ± 0.93	3-19	11.05 ± 0.91	4-19	0.126	0.36
Kontrol	9.55 ± 1.15	0-18	10.15 ± 1.13	1-18	0.007*	0.68
p ^a	0.502		0.539			
Parça Birleştirme						
Deney	8.90 ± 1.03	1-16	10.05 ± 0.97	2-16	0.001*	0.83
Kontrol	10.20 ± 1.06	3-19	10.65 ± 1.04	3-19	0.083	0.41
p ^a	0.383		0.676			
Şifre						
Deney	10.00 ± 0.79	4-16	11.05 ± 0.79	6-16	0.001*	0.92
Kontrol	8.15 ± 1.05	1-19	8.95 ± 1.10	1-19	0.028*	0.53
p ^a	0.167		0.130			
IQ (ZEKÂ)						
Deney	91.40 ± 5.47	52-141	96.85 ± 5.29	63-145	<0.001*	1.08
Kontrol	88.70 ± 5.60	44-141	90.10 ± 5.63	44-141	0.007*	0.68
p ^a	0.732		0.387			

a: Student t testi, b: Eşleştirilmiş t testi, *: p<0.05, SH: standart hata

Gruplar arası karşılaştırmada deney ve kontrol gruplarının ön test ve son test puanları arasında herhangi bir farklılık bulunamamıştır (p>0,05). Ancak deney ve kontrol gruplarında ayrı ayrı olacak şekilde grup içi farklılıklar incelendiğinde;

sözel IQ skorları deney grubunda farklılık göstermezken (p=0,121), kontrol grubunda test öncesi ve test sonrası skorlar farklıdır (p=0,011). Performans IQ skorları, hem deney grubunda (p=0,011) hem de kontrol grubunda (p=0,003)

değişmektedir. Total IQ skoru yönünden ise yine hem deney grubunda ($p<0,001$) hem de kontrol grubunda test öncesi ve test sonrası skorlar farklıdır ($p=0,007$).

Tablo-2 incelendiğinde, deney grubunda, total IQ puanlarındaki yaklaşık 5 birimlik artış (91,40-96,85) istatistiksel açıdan anlamlı olup, NGB eğitiminin WÇZÖ-R total zekâ puanı üzerine etkisinin çok büyük ($p<0,001$; $d=1,08$) olduğu saptanmıştır. Ancak, kontrol grubunda da total IQ skorundaki yaklaşık 1,5 birimlik artış (88,70-90,10) istatistiksel açıdan anlamlı olup, sham kontrolünün total puana etkisi orta düzeyde ($p=0,007$; $d=0,68$) bulunmuştur. Performans IQ alt testlerinde ise resim düzenleme skorundaki yaklaşık 1,5 puanlık artış (9,85-11,30) deney grubunda, istatistiksel açıdan anlamlı olup, NGB eğitiminin resim düzenleme skorları üzerine etkisinin çok büyük olduğunu ($p<0,001$; $d=1,32$) gösterirken, kontrol grubunda bu artış yaklaşık 0,5 puan (8,90-9,45) olup, sham kontrolünün resim düzenleme skoru üzerine etkisinin orta düzeyde olduğu görülmektedir ($p=0,037$; $d=0,50$). Yine performans IQ alt testlerinden, deney grubundaki parça birleştirme skorundaki yaklaşık 1 birimlik artışın (8,90-10,05) istatistiksel açıdan anlamlı olduğu bulunmuş, NGB eğitiminin parça birleştirme skoru üzerine etkisinin ($p=0,001$; $d=0,83$) büyük olduğu saptanmıştır, buna karşın kontrol grubunda ise parça birleştirme skorundaki yaklaşık 0,5 puanlık artış (10,20-10,65) istatistiksel açıdan anlamlı değildir ($p=0,083$). Son olarak, bir diğer performans alt testi olan şifre skorundaki yaklaşık 1 birimlik artış (10,00-11,05) deney grubunda istatistiksel açıdan anlamlı olup, NGB eğitiminin şifre skoru üzerine etkisi büyükken ($p=0,001$; $d=0,92$), kontrol grubunda, şifre skorundaki yaklaşık 1 puanlık artış (8,15-8,95) istatistiksel açıdan anlamlı olmasına rağmen, sham kontrolünün şifre skoru üzerine etkisi orta düzeyde ($p=0,028$; $d=0,53$) bulunmuştur.

TARTIŞMA

Birçok çalışma, nöro-geribildirim eğitiminin, sağlıklı katılımcıların dikkat performanslarında, öğrenim zorluğu çeken ve DEHB olan çocuklarda pozitif bir etkiye sahip olduğunu düşündürmektedir (4, 11, 16). Sunulan çalışmada, NGB metodu ile gönüllü 8-12 yaş grubu dikkat eksikliği olan katılımcılarda WÇZÖ-R ölçeğindeki değişimler incelenmiş, katılımcılar zihinsel performansları açısından eğitim öncesi ve sonrası değerlendirilmiştir. Yapılan

çalışmalarda DEHB görülme sıklığının erkeklerde, kızlara oranla daha yaygın olduğu bildirilmiştir (19). Çalışmamızda da benzer olarak, araştırma örneklemini oluşturan çocukların cinsiyet dağılımının % 67,5'inin erkek, % 32,5'inin kız olması yazındaki bulgular ile örtüşmektedir.

IQ puanları ile ilgili olarak Tablo-2 incelendiğinde, deney grubunun grup içi sözel IQ puanları anlamlı farklılık göstermezken, performans IQ ve toplam IQ puanlarında anlamlı şekilde artış sağlanmıştır. Bu bulgu bir kısım literatür ile uyumludur (20, 21). Sözel IQ puanının, Şekil-1'deki sözcük dağarcığı ve yargılama alt testlerindeki puanların düşüşünden kaynaklı anlamlı değişmediği düşünülmektedir. Özellikle NGB'nin DEHB ile ilişkili ilk araştırmaları incelendiğinde, IQ puanındaki artışlar diğer çalışmalara kıyasla oldukça düşük bulunmuştur. Bu çalışmalarda, NGB sonrası WÇZÖ-R puanlarında önemli iyileşmeler görülmüştür (22, 23). Bu farklılık, DEHB'de bugüne kadar birkaç NGB metodu uygulanmasından kaynaklanabilir. Literatürde duyu-motor ritim ("sensory motor rhythm" -SMR) ve teta/beta protokolleri gibi farklı frekans eğitimi türleri iyi araştırılmıştır. Yine de SMR/beta protokolleri içeren önceki araştırmalar, rastgele atama, standartlaştırılmış hedef semptom ölçümleri, EEG değişikliklerinin değerlendirilmesi, kontrol grupları ve örneklem büyüklükleri gibi eksikler içermektedirler (24). Bu çalışmada ise daha sonraki paragraflarda ayrıntılarından bahsedilen ILF protokolü kullanılmıştır. Günümüzde NGB artık, yalnızca mevcut teknoloji ile sınırlı olan çok sayıda farklı eğitim modalitesi içerdiğinden, bir şemsiye terim olarak düşünülmelidir (25).

Tablo-2'den sham içeren kontrol grubunun tüm puanları incelendiğinde, anlamlı şekilde artış saptanmıştır. Literatürde daha önce bulunan birçok pozitif bulguya rağmen, çalışmamıza benzer şekilde yakın tarihli bazı plasebo kontrollü ve randomize çalışmalar, NGB eğitimi ile sham arasında DEHB puanlarını düşürmede herhangi bir fark bulamamıştır. Bu sonuçlar, NGB araştırmalarını değerlendirmenin ve yürütmenin en iyi yolu üzerinde tartışmaya yol açmıştır (16, 26). Bugüne kadar, NGB ve hastalıkların tedavisi üzerindeki etkinliğine dair çok araştırma yapılmış olmasına rağmen, halen bazı metodolojik sınırlamalar ve klinik belirsizlikler mevcuttur (27). Bu yüzden, günümüzde NGB yapmak için standart protokoller sağlama gerekliliği önemlidir. Ek olarak, geribildirimde rastgele veya önceden kaydedilmiş EEG kullanan sham kontrol grupları

ve NGB eğitimi arasında belirgin farklılıklar bulunmadığından, literatürde sham kullanan çalışmalar da özellikle dikkate değerdir (26). Katılımcıların hem sham hem de NGB uygulamaları sonrası iyileşmeleri bulunduğundan, bazı yazarlar NGB'nin ana etkilerinin plasebo ve tedavi üzerindeki beklentiler gibi psikososyal faktörlerden kaynaklandığı sonucuna varmışlardır (28). Olumlu sonuçlara katkıda bulunan diğer olası faktörler: teste, uygulamayı yapan kişiye ve test ortamına aşinalık, artan ebeveyn desteği ve ilgisi, övgü ve cesaret veren bir yetişkinle haftada birçok kez vakit geçirmek, bireysel hasta öyküsü ve diğer spesifik olmayan etkiler ki bu da hem psikolojik hem de tıbbi literatürde rutin olarak bildirilen üçte birinden daha büyük bir orandır (29, 30). Wechsler çocuklar için zekâ ölçeği uygulaması ile ilgili bir endişe de tekrar test puanları üzerinde bir uygulama etkisidir ki bu kritere çalışmamızda uyulmuştur ve tekrar test aralığı yaklaşık 6 ayı tamamlayacak şekilde planlanmıştır.

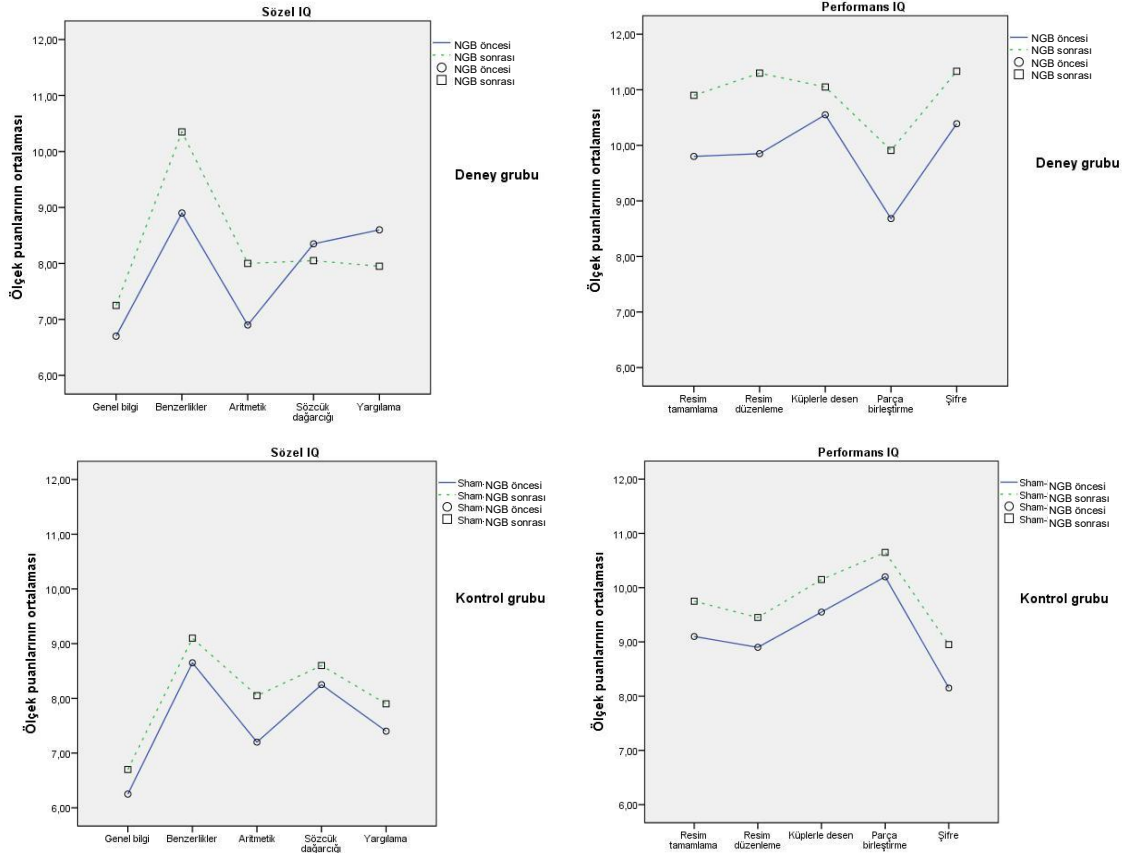
Gruplar arası karşılaştırmada Tablo-2 incelendiğinde, tüm IQ puanlarında deney ve kontrol grubu arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak deney grubundaki ve kontrol grubundaki zekâ puan ortalamalarındaki artışlara bakıldığında, deney grubunda sözel IQ 86,35'ten 88,45'e, performans IQ 95,65'den 106,30'a, ve toplam IQ'nun 91,40'dan 96,85'e çıktığı gözlenirken, kontrol grubunda ortalamaların sözel IQ da 83,95'den 84,80'e, performans IQ da 93,60'dan 95,40'a, toplam IQ da 88,70'den 90,10'a geldiği görülmektedir (Şekil-2). Güncel literatür incelendiğinde, sham kontrollü ve çift körlü çalışmalarda, NGB tedavisinin üstünlük göstermediği anlaşılmaktadır. Ancak, bu çalışmaların yalnızca teta/beta protokolü ile yapılan NGB metotları için olduğu dikkat çekmektedir (31). Bu yüzden, bu çalışmada literatüre katkı sağlamak amacıyla ILF protokolü kullanılarak, randomize kontrollü bir çalışma dizaynı oluşturulmuştur. Bu yüzyılın ilk yıllarında NGB tedavisi alan hastalarda eğitim frekansları, daha iyi eğitim verimliliği için optimize edilmeye başlanmış ve refrakter vakaların eğitim ihtiyaçlarını karşılamada daha düşük hedef frekanslara yönelinmiştir. Bu durum, yavaş kortikal potansiyel ("slow cortical potential" -SCP) alanında (yani, 0,1 Hz'nin altında) eğitimin benimsenmesine yol açmıştır (32). Yavaş kortikal potansiyel, birkaç yüz milisaniyeden birkaç

saniyeye kadar süren ve elektriksel olarak negatif veya pozitif yüklü olan olayla ilgili potansiyellerdir ("event related potential" -ERP). Yavaş kortikal potansiyeller dikkat ve hafızayı düzenlemenin yanı sıra kortikal aktiviteyi düzenleyerek, bireyi fiziksel ve bilişsel eylemlere hazırlar (33). ILF-NGB, öncelikle frekans bandı (1-40 Hz) ve SCP (<0,1 Hz) yöntemlerinden elde edilen klinik gözlemlere dayanarak deneysel olarak geliştirilmiştir. DEHB tedavisinde uzun yıllardır SCP ve frekans bandı eğitimi kullanılırken, ILF-NGB'nin tedavi yöntemi olarak kullanıldığı sadece birkaç çalışma vardır. Çok düşük frekans-NGB, beynin düzensiz olduğu patolojiler için özellikle etkili bir tedavi yöntemi olabilir (34).

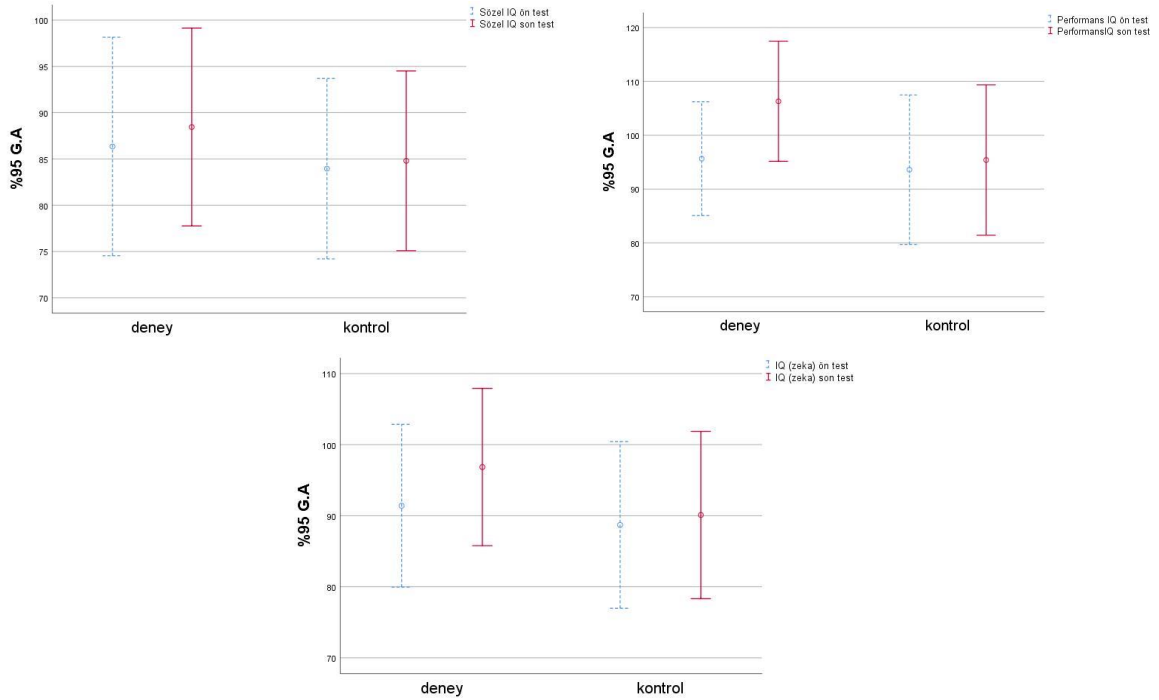
Tablo-2'den deney grubuna ait yüksek etki büyüklükleri incelendiğinde, yine literatürle uyumlu olan özellikle performans IQ'ya ait resim düzenleme, parça birleştirme ve şifre alt testleri dikkat çekmektedir. Muhtemelen bu etkiler yine deney grubundaki toplam IQ'daki 5 birimlik artışa katkı sağlayarak, deney grubundaki NGB eğitiminin etki büyüklüğünü arttırmaktadır. Literatüre bakıldığında, en azından bazı kör sonuçlara ait etki büyüklüğü değerlendirmeleri NGB'nin etkinliğini destekleme eğilimindedir. Bu durum, yakın tarihli meta-analizlerde sunulan sonuçlardan biraz daha olumlu resim çizse de, standart NGB kullanan ve devam eden öğrenmeyi inceleyen daha büyük çalışmalardan elde edilen kanıtlar, daha sağlam sonuçlara varmak için önem arz etmektedir (35, 36). Diğer bir meta-analiz çalışması, NGB'nin 2-12 ay arasında değişen sürekli etkilerine bakmıştır. Eğitimden hemen sonra NGB'nin dikkatsizlik üzerindeki etkilerinin küçük etki büyüklüğünde olduğunu, ancak takip çalışmaları sonucunda orta etki büyüklüğüne ulaştığını göstermiştir (37). Bu bağlamda takip çalışmaları düşünüldüğünde çok daha önemlidir ve gelecek çalışmalarda gruplar arası karşılaştırma yaparken bu konuda da planlamalar yapılması gerekmektedir.

SONUÇ

Sonuç olarak, en iyi araştırılmış klinik NGB uygulamalarından biri olan DEHB tedavisinde hala kesin etkililik kanıtları bulunmamaktadır. Bu çalışmada uygulanan standart test ile önemli değişiklikler ölçülmüş, ancak kontrol grubu ile fark bulunamaması ve kontrol grubunda da bazı puan artışları gözlemlendiği için, değişiklikleri neyin ürettiği belirlenememiştir.



Şekil-1. Sözel IQ ve Performans IQ alt test puanlarının dağılımı.



Şekil-2. IQ (zeka) testinin ve alt test puanlarının gruplara göre dağılımı.

Tüm bu veriler ışığında, bu ön çalışmanın sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde, NGB'nin olumlu sonuçlarının, daha geniş bir işlevsellik oluşturabilmesi için:

- IQ puanları daha yakın olacak şekilde grupların tasarlanması,
- örneklem sayısının genişletilmesi,
- farklı kontrol gruplarının da eklenmesi,
- uzun süreli takip çalışmalarının planlanması,
- zeka testi gibi psikolojik ölçek değerlendirmelerine daha uygun ileri düzey istatistiksel analizlerin yapılması ve
- ileri istatistiksel teknikleri içeren geliştirilmiş EEG veri analizleme tekniklerinin kullanılması

gerekmektedir. Böylece, NGB DEHB tedavisi için diğer müdahalelere ek bir yöntem olabilir. Bu izlenim aslında, literatürde bahsedilen diğer müdahalelerle ilgili deneyimlere de dayanmaktadır. Bunlar, ilaçlar, davranış değişikliği, tamamlayıcı eğitim, üst bilişsel stratejilerde eğitim, psikoterapi, aile terapisi, diyet

değişiklikleri ve bunların kombinasyonları gibi yaklaşımları içermektedir. Bu durum, DEHB'li çocuklarda NGB'nin bağımsız bir müdahale olarak kullanılması gerektiği anlamına gelmez. Kapsamlı bir klinik değerlendirme ile her birey için hangi müdahale kombinasyonlarının denenmesi gerektiği sorgulanmalıdır. Nöro-geribildirim özellikle, ilaçlara yanıt vermeyen ya da yan etki görülen çocuklarda veya ebeveynler, çocuklarının kendi bilişsel işleyişini kontrol etmesine ve düzenlemesine izin veren uzun vadeli bir tedaviyi tercih ettiklerinde ilgi çekici bir yöntem olabilir.

Çıkar çatışması: Bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Teşekkür: Bu yayının ortaya çıkmasında emeği geçen uzman klinik psikolog Mehmet Mıdık ile Özem özel eğitim ve rehabilitasyon merkezi çalışanlarına ve verilerimizi oluşturmada gönüllü olan tüm çocuklara yaptıkları katkı ve ayırdıkları değerli zaman için en içten teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

1. Owens JS, Hustus CL, Everly EL, Evans SW, Margherio SM. Attention deficit hyperactivity disorder: evidence-based assessment and treatment for children and adolescents. In: Reference module in neuroscience and biobehavioral psychology. 2nd ed. Elsevier; 2020; p. 1–17.
2. Cutting LE, Koth CW, Mahone EM, Denckla MB. Evidence for unexpected weaknesses in learning in children with attention-deficit/hyperactivity disorder without reading disabilities. *J Learn Disabil.* 2003;36(3):259–69.
3. Martínez González CL, Martínez Ortiz EJ, Moreno Escobar JJ, Durand Rivera JA. Attention deficit and hyperactivity disorder classification with EEG and machine learning. In: Biosignal processing and classification using computational learning and intelligence. Elsevier Inc.; 2022; p. 447–69.
4. N. Pop-Jordanova, S. Markovska-Simoska TZ. Neurofeedback treatment of children with attention deficit hyperactivity disorder. *Children.* 2005;80:71–80.
5. Wolraich ML, Hagan JF, Allan C, Chan E, Davison D, Earls M, et al. Clinical practice guideline for the diagnosis, evaluation, and treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder in children and adolescents. *Pediatrics.* 2019;144(4).
6. Takayanagi M, Kawasaki Y, Shinomiya M, Hiroshi H, Okada S, Ino T, et al. Review of cognitive characteristics of autism spectrum disorder using performance on six subtests on four versions of the Wechsler intelligence scale for children. *J Autism Dev Disord.* 2022;52(1):240–53.
7. Faraone S V. The pharmacology of amphetamine and methylphenidate: Relevance to the neurobiology of attention-deficit/hyperactivity disorder and other psychiatric comorbidities. *Neurosci Biobehav Rev.* 2018;87:255–70.
8. Villodas MT, McBurnett K, Kaiser N, Rooney M, Pfiffner LJ. Additive effects of parent adherence on social and behavioral outcomes of a collaborative school-home behavioral intervention for ADHD. *Child Psychiatry Hum Dev.* 2014;45(3):348–60.
9. Swanson J, Baler RD, Volkow ND. Understanding the effects of stimulant medications on cognition in individuals with attention-deficit hyperactivity disorder: A decade of progress. *Neuropsychopharmacology.* 2011;36(1):207–26.

10. Arns M, Heinrich H, Ros T, Rothenberger A, Strehl U. Editorial: Neurofeedback in ADHD. *Front Hum Neurosci.* 2015;9(October):602.
11. Holtmann M, Sonuga-Barke E, Cortese S, Brandeis D. Neurofeedback for ADHD: A review of current evidence. *Child Adolesc Psychiatr Clin N Am.* 2014;23(4):789–806.
12. Angelakis E, Stathopoulou S, Frymiare JL, Green DL, Lubar JF, Kounios J. EEG neurofeedback: A brief overview and an example of peak alpha frequency training for cognitive enhancement in the elderly. *Clin Neuropsychol.* 2007;21(1):110–29.
13. Cortese S, Ferrin M, Brandeis D, Holtmann M, Aggensteiner P, Daley D, et al. Neurofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorder: meta-analysis of clinical and neuropsychological outcomes from randomized controlled trials. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry.* 2016;55(6):444–55.
14. van Outsem R. The applicability of neurofeedback in forensic psychotherapy: A literature review. *J Forensic Psychiatry Psychol.* 2011;22(2):223–42.
15. Tamm L. Attention-deficit hyperactivity disorder. *Curated Ref Collect Neurosci Biobehav Psychol.* 2016;617–24.
16. Sitaram R, Ros T, Stoeckel L, Haller S, Scharnowski F, Lewis-Peacock J, et al. Closed-loop brain training: The science of neurofeedback. Vol. 18, *Nature Reviews Neuroscience.* 2017. p. 86–100.
17. Landes JK, Reid CL, Arns M, Badcock NA, Ros T, Enriquez-Geppert S, et al. EEG neurofeedback for executive functions in children with neurodevelopmental challenges. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;(12).
18. Savaşır, I., ve Şahin N. Wechsler Çocuklar İçin Zekâ Ölçeğinin Türk kültürüne uyarlanması ve standardizasyonu. 1982;(Proje no: TAG-385).
19. Nussbaum NL. ADHD and female specific concerns: A review of the literature and clinical implications. *J Atten Disord.* 2012;16(2):87–100.
20. Strehl U, Leins U, Goth G, Klinger C, Hinterberger T, Birbaumer N. Self-regulation of slow cortical potentials: A new treatment for children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Pediatrics.* 2006;118(5).
21. Subandriyo APEP, Jongsma MLA, Wijaya DA, Trisnadewi BAP, Paravoti A, Novihartanti BL, et al. Offering Neurofeedback as an intervention for children with attention deficit/hyperactivity disorder in Indonesia: A feasibility study. *Kobe J Med Sci.* 2021;67(4):E125–36.
22. Lubar JF, Swartwood MO, Swartwood JN, O'Donnell PH. Evaluation of the effectiveness of EEG neurofeedback training for ADHD in a clinical setting as measured by changes in T.O.V.A. scores, behavioral ratings, and WISC-R performance. *Biofeedback Self Regul.* 1995;20(1):83–99.
23. Tansey MA. Wechsler (WISC-R) changes following treatment of learning disabilities via EEG biofeedback training in a private practice setting. *Aust J Psychol.* 1991;43(3):147–53.
24. Fuchs T, Birbaumer N, Lutzenberger W, Gruzelier JH, Kaiser J. Neurofeedback treatment for attention-deficit/hyperactivity disorder in children: A comparison with methylphenidate. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2003;28(1):1–12.
25. Rubia, K. Westwood, S. Aggensteiner, P.-M. Brandeis D. Neurotherapeutics for attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD): A review. *Cells.* 2021;10(2156):1–34.
26. Arnold LE, Lofthouse N, Hersch S, Pan X, Hurt E, Bates B, et al. EEG neurofeedback for ADHD: double-blind sham-controlled randomized pilot feasibility Trial. *J Atten Disord.* 2013;17(5):410–9.
27. Marzbani H, Marateb HR, Mansourian M. Methodological note: Neurofeedback: A comprehensive review on system design, methodology and clinical applications. *Basic Clin Neurosci.* 2016;7(2):143–58.
28. Thibault RT, Raz A. The psychology of neurofeedback: Clinical intervention even if applied placebo. *Am Psychol.* 2017;72(7):679–88.
29. Thompson L, Thompson M. Neurofeedback combined with training in metacognitive strategies: Effectiveness in students with ADD. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 1998;23(4):243–63.
30. Roberts AH, Kewman DG, Mercier L, Hovell M. The power of nonspecific effects in healing: Implications for psychosocial and biological treatments. *Clin Psychol Rev.* 1993;13(5):375–91.

31. Arnold LE, Arns M, Barterian J, Bergman R, Black S, Conners CK, et al. Double-blind placebo-controlled randomized clinical trial of neurofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorder with 13-month follow-up. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*. 2021;60(7):841–55.
32. Grin-Yatsenko VA, Othmer S, Ponomarev VA, Evdokimov SA, Konoplev YY, Kropotov JD. Infra-low frequency neurofeedback in depression: Three case studies. *NeuroRegulation*. 2018;5(1):30–42.
33. Birbaumer N. Slow cortical potentials: Plasticity, operant control, and behavioral effects. Vol. 5, *Neuroscientist*. 1999. p. 74–8.
34. Kirk HW. Restoring the brain: Neurofeedback as an integrative approach to health. *Restoring the brain: neurofeedback as an integrative approach to health*. Taylor and Francis.; 2020. 1–328 p.
35. Golant M, Loscalzo M, Walsh MW. Nonpharmacological Interventions. *Psychooncology*. 2015;170(3):27–34.
36. Holtmann M, Pniewski B, Wachtlin D, Wörz S, Strehl U. Neurofeedback in children with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) - a controlled multicenter study of a non-pharmacological treatment approach. *BMC Pediatr*. 2014;14(1):202.
37. Van Doren J, Arns M, Heinrich H, Vollebregt MA, Strehl U, K. Loo S. Sustained effects of neurofeedback in ADHD: a systematic review and meta-analysis. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 2019;28(3):293–305.