



ZİHİNSEL YETERSİZLİĞİ OLAN ÖĞRENCİLERE ÇARPMA İŞLEMİ BECERİSİNİN ÖĞRETİMİNDE SANAL MANİPÜLATİFLERİN ETKİLİLİĞİ

Nesime Kübra TERZİOĞLU*

Öz

Matematik, bireylerin hem akademik başarılarını hem de günlük yaşamlarında etkili karar verme ve problem çözme becerilerini geliştirmeleri açısından temel bir disiplin olarak kabul edilmektedir. Zihinsel yetersizliği olan öğrenciler için ise matematik kavram ve becerilerinin kazanımı, bağımsız yaşam becerilerinin gelişimini desteklemesi ve yaşam kalitesini artırması bakımından ayrı bir öneme sahiptir. Bu araştırmanın amacı, zihinsel yetersizliği olan öğrencilere çarpma işlemi becerisinin öğretiminde sanal manipülatiflerin etkililiğini incelemektir. Çalışmaya, zihinsel yetersizliği olan ve yaşları 11 ile 12 arasında değişen biri erkek, ikisi kız olmak üzere toplam üç öğrenci katılmıştır. Araştırmada, tek denekli araştırma desenlerinden katılımcılar arası çoklu yoklama modeli kullanılmıştır. Toplanan veriler grafiklere aktarılmış ve görsel analiz



* Dr. Öğret. Üyesi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Özel Eğitim Bölümü, kubakeskin@ibu.edu.tr, Bolu/Türkiye

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimlerde İnsan Araştırmaları Etik Kurulu 07.07.2023 tarihli ve 2023/05 toplantısında değerlendirilerek etik olarak uygun bulunmuştur.

yöntemiyle değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, sanal manipülatiflerle yapılan öğretimin öğrencilerin çarpma işlemi becerilerini kazanmalarında etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, edinilen bu becerilerin farklı ortamlara genellenebildiği de gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zihinsel yetersizliği olan öğrenciler, sanal manipülatifler, matematik öğretimi, çarpma.

THE EFFECTIVENESS OF VIRTUAL MANIPULATIVES IN TEACHING MULTIPLICATION SKILLS TO STUDENTS WITH INTELLECTUAL DISABILITIES

Abstract

Mathematics is recognized as a fundamental discipline in terms of enhancing individuals' academic achievement as well as their ability to make effective decisions and solve problems in daily life. For students with intellectual disabilities, acquiring mathematical concepts and skills holds particular importance, as it supports the development of independent living skills and contributes to an improved quality of life. The aim of this study is to examine the effectiveness of virtual manipulatives in teaching multiplication skills to students with intellectual disabilities. The study involved three students—one male and two females—aged between 11 and 12 years, all diagnosed with intellectual disabilities. A multiple probe across participants design, one of the single-subject research designs, was employed. The collected data were graphed and analyzed using visual analysis methods. The findings indicate that instruction supported by virtual manipulatives was effective in helping students acquire multiplication skills. Furthermore, it was observed that the acquired skills could be generalized to different settings.

Keywords: Students with intellectual disabilities, virtual manipulatives, mathematics instruction, multiplication

1. GİRİŞ

Zihinsel yetersizliği (ZY) olan öğrenciler; zihinsel işlevler ile kavramsal, sosyal ve pratik uyum becerilerinde çeşitli düzeylerde sınırlılık gösteren ve bu nedenle özel

eğitim ile destek eğitim hizmetlerine ihtiyaç duyan bireyler olarak tanımlanmaktadır (Özel Eğitim Hizmetleri Yönetmeliği [ÖEHY], 2018). ÖEHY’de (2018) ZY; hafif, orta, ağır ve çok ağır olmak üzere dört düzeyde sınıflandırılmaktadır. Hafif düzeyde olan bireyler sınırlı destekle eğitim hizmetlerinden yararlanabilirken; orta düzeydekiler, belirgin bilişsel ve işlevsel sınırlılıklar nedeniyle temel akademik, günlük yaşam ve iş becerilerinin kazandırılmasında yoğun desteğe ihtiyaç duyar. Ağır düzeyde ZY bulunan bireyler, yaşam boyu süren ciddi bilişsel ve uyum sorunları yaşar ve kapsamlı özel eğitim ile destek hizmetlerine gereksinim duyar. Son olarak çok ağır düzeyde olanlar ise zihinsel yetersizliklerine ek olarak öz bakım, günlük yaşam ve temel akademik becerileri kazanamayan; yaşam boyu bakım ve sürekli gözetim gerektiren bireylerdir (ÖEHY, 2018).

ZY olan öğrenciler, matematik kavram ve becerilerini edinmede, sürdürmede ve genellemede güçlükler yaşayabilmektedir. Bu öğrenciler dört işlem yapma, problem çözme gibi matematiksel görevlerin bilişsel gereklilikleriyle başa çıkmakta zorlanabilmektedirler. Araştırmalar, ZY’li birçok öğrencinin genellikle bağlı oldukları müfredatın karmaşıklığı nedeniyle matematik kavramlarını anlamada sınırlılıklar yaşayabildiğine işaret etmektedir (Hord, 2022). Bununla birlikte, ZY olan öğrencilerin soyut düşünme becerilerindeki sınırlılıkların, soyut öğeler barındıran matematik konularında güçlük yaşamalarına neden olabileceği düşünülmektedir. Örneğin, bu öğrenciler yüksek düzey düşünme becerileri gerektiren sözel matematik problemlerini çözmeye düşük performans gösterebilmektedir (Noviyanti vd., 2020).

Bilişsel etkenlere ek olarak, ZY’li öğrencilerin duygusal durumu da matematik başarısı üzerinde etkili olabilmektedir. Matematik kaygısı; öğrencinin matematiğe karşı gerginlik ve endişe hissetmesi olarak tanımlanmakta ve bu durumun düşük matematik başarısına yol açabileceği ifade edilmektedir (Jenifer

vd., 2023). Ayrıca, ZY'li öğrencilerin uzamsal becerilerde gösterdikleri yetersizliklerin, matematik kavram ve becerilerini edinmeleri üzerinde doğrudan etkili olabileceği düşünölmektedir. Araştırmalar, uzamsal akıl yürütmenin matematiksel problem çözme için kritik bir beceri olduğunu ve bu alandaki yetersizliklerin özellikle geometriye ilişkin görevlerin yerine getirilmesinde zorluklara neden olabileceğine işaret etmektedir (Shawky vd., 2021).

ZY olan öğrencilerin matematik öğreniminde karşılaştıkları güçlükleri azaltmak amacıyla çeşitli önlemler alınabilir. Bu önlemler arasında en önemlilerinden biri, yapılandırılmış öğretim yöntemleri ve manipülatifler aracılığıyla öğrencilere sistemli destek sunmaktır. Bu tür öğretim süreçlerinde kullanılan somut manipülatifler ve görsel destekler (örneğin; onluk kartlar, abaküsler), öğrencilerin matematik kavram ve becerilerini daha etkili bir şekilde anlamalarına katkı sağlayabilir (Göktaş ve Yazıcı, 2020). Ancak, eğitim ortamlarında sıkça kullanılan bu somut manipülatiflerin, özellikle daha büyük yaş gruplarındaki ve özel gereksinimli öğrenciler için bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Bu sınırlılıklar arasında; somut manipülatiflerin genellikle yüksek maliyetle temin edilmesi, öğretmenler arasında paylaşımının ve taşınmasının zor olması, öğrencilerin evde aynı manipülatiflerle çalışma olanağının kısıtlılığı ve bazı öğrencilerin bu manipülatiflerle çalışma yaparken akranlarından utanmaları sayılabilir (Satsangi ve Miller, 2017). Bu sınırlamaları aşmak amacıyla geliştirilen sanal manipülatifler (Bouck ve Sprick, 2019; Satsangi vd., 2016), teknolojinin eğitimde artan rolüyle birlikte ZY'li öğrencilerin matematik performansını desteklemek amacıyla kullanılmaya başlanmış ve kısa sürede eğitim ortamlarında yaygınlık kazanmıştır.

Sanal manipülatifler, matematik kavram ve becerilerini görsel olarak temsil eden web veya uygulama tabanlı dijital öğrenme araçlarıdır (Kay ve Knaack, 2007; Moyer vd., 2002). Bu araçlar, öğrencilerin soyut matematiksel kavramları tablet, akıllı telefon gibi dijital cihazlar üzerinden nesnelere hareket ettirip dönüştürerek

anlamalarını ve öğrenmelerini kolaylaştırır (Moyer-Packenham ve Bolyard, 2016). Araştırmalar, sanal manipülatiflerin öğrenci katılımını artırdığı ve öğrenme çıktıları üzerinde olumlu etkiler sağladığını göstermektedir (Bouck ve Sprick, 2019; Long vd., 2023; Moyer-Packenham ve Bolyard, 2016; Shin vd., 2016). Özellikle zihinsel ve gelişimsel yetersizliği ile otizm spektrum bozukluğu olan öğrencilerde bu manipülatiflerin matematik başarısını anlamlı düzeyde artırdığı saptanmıştır (Long vd., 2023). Sanal manipülatifler, soyut kavramları somutlaştırarak matematiksel işlemleri daha anlaşılır ve erişilebilir hale getirebilir (Long vd., 2023). Ayrıca, parmak sayarak işlem yapma gibi geleneksel yöntemlerin uygun olmadığı daha büyük yaş gruplarında etkili bir alternatif sunabilir (Bouck ve Sprick, 2019). Bu araçların diğer bir avantajı ise kesirler, geometri ve cebir gibi konuları fiziksel sınırlamalardan bağımsız olarak keşfetmeye olanak tanıyarak temel becerilerin gelişimini destekleyebilmesidir (Moyer-Packenham ve Bolyard, 2016; Shin vd., 2016). Ayrıca, sanal manipülatifler anında geri bildirim sağlamaları sayesinde öğrencilerin deneme-yanılma yoluyla öğrenmelerini kolaylaştırabilirler (Moyer-Packenham ve Westenskow, 2013; Shin vd., 2016).

Son yıllarda, ZY olan öğrencilere matematik öğretiminde sanal manipülatifler ile bu manipülatiflerin içerisinde yer aldığı sanal–yarı somut–soyut (VRA) ve sanal–soyut (VA) gibi öğretim stratejilerinin etkililiğine yönelik araştırmaların sayısında belirgin bir artış görülmektedir. Bu çalışmalar, sanal manipülatiflerin farklı yetersizlik gruplarındaki öğrencilerin matematik performanslarını geliştirmede etkili olduğunu ortaya koymaktadır (Bouck vd., 2017; Bouck vd., 2018; Hammons, 2019; Jimenez ve Besaw, 2020; Öztürk vd., 2016; Park vd., 2020; Terzioğlu, 2020). Örneğin, Bouck ve diğerleri (2017), hafif düzeyde zihinsel yetersizliği olan ortaokul öğrencilerine farklı paydalı kesirleri toplamayı öğretmek amacıyla ilk aşamasında sanal manipülatiflerin yer aldığı VA öğretim stratejisini kullanmış ve bu strateji ile öğrenme çıktıları arasında işlevsel bir ilişki bulmuştur. Benzer şekilde, Bouck ve diğerleri (2018) tarafından yürütülen bir başka çalışmada, VRA

öğretim stratejisinin iki öğrencinin basamak değeri, eldeli toplama, çıkarma ve çarpma gibi becerileri edinmesinde etkili olduğu belirlenmiştir. Jimenez ve Besaw (2020) ise otizm ve orta düzeyde zihinsel yetersizliği olan öğrencilerle gerçekleştirdikleri araştırmada, hikâye temelli derslerle desteklenen sanal manipülatiflerin erken sayı bilgisi becerilerinin öğretiminde etkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmalar, sanal manipülatiflerin matematikte öğrenci performansını ve katılımını artırdığını, geleneksel araçlara kıyasla daha motive edici olduğunu ve kazandırılan becerilerin genellenerek sürdürülebilmesini desteklediğini ortaya koymuştur. Öte yandan, ZY olan öğrencilerin matematik performansı üzerine yapılan bu çalışmalarda genellikle *Brainingcamp* (<https://app.brainingcamp.com/>) gibi hazır ve genel amaçlı sanal manipülatiflerin kullanıldığı görülmektedir (Bouck vd., 2017; Bouck ve Sprick, 2018; Bouck vd., 2022; Park vd., 2020). Bu araştırmada ise öğrencilerin ana dilinde, ücretsiz ve özel gereksinimlerini dikkate alacak şekilde tasarlanan yeni bir sanal manipülatif geliştirilmiştir. Bu yönüyle çalışma, yalnızca literatüre katkı sunmakla kalmamakta; aynı zamanda öğretim materyallerinin hedef beceri ve öğrenci özelliklerine göre tasarlanmasının önemine de dikkat çekmektedir. Bu kapsamda araştırmanın amacı, ZY olan öğrencilere çarpma işlemi becerisinin öğretiminde sanal manipülatiflerin etkililiğini incelemektir. Bu çerçevede şu araştırma sorularına yanıt aranmıştır: 1) Sanal manipülatifler, ZY olan öğrencilerin çarpma işlemi becerisini kazanmalarında etkili midir? 2) Sanal manipülatifler ile öğretim yapıldıktan sonra ZY olan öğrenciler çarpma işlemi becerisinde gösterdikleri performanslarını ortamlar arası genelleylebilmekte midir?

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma Deseni

Bu araştırmada, çarpma işlemi becerisinin ğretiminde sanal manipülatiflerin etkililiğini değerlendirmek amacıyla, tek denekli araştırma yöntemlerinden katılımcılar arası yoklama denemeli çoklu yoklama modeli kullanılmıştır (Tekin-İftar, 2012). Araştırma sürecinde,  ğrenci ile eşzamanlı olarak başlama düzeyi evresine başlanılmıştır. İlk ğrenci olan Gonca ile başlama düzeyinde kararlı veriye ulaşıldıktan sonra müdahale aşamasına geirilmıştir. Bu süreçte, Gl ve ınar’dan, kendilerinden önceki öğrencilerin müdahale aşamalarında ilk hedef ölçütü karşılamalarının ardından, birer başlama düzeyi verisi daha toplanmıştır. Gonca, müdahale oturumlarında hedeflenen başarı düzeyine (%80 ve üzeri doğru yanıt) ulaştığında, ikinci ğrenci olan Gl ile sürekli başlama düzeyi verisi toplanmaya başlanmıştır. Gl’n başlama düzeyinde kararlı veri elde edilmesinin ardından, müdahale aşamasına geçilmiştir. Gl’n müdahale oturumlarında ölçütü karşılamasının ardından, ınar ile kararlı veri elde edilinceye kadar başlama düzeyi verisi toplanmıştır. Kararlı veri elde edildikten sonra ınar da müdahale aşamasına alınmıştır. Müdahale oturumları, ınar’ın hedef ölçütü karşılamasına dek sürdürülmüştür.

2.2. Bağımlı ve Bağımsız Değişken

Araştırmanın bağımsız değişkeni, *arpMatik* adlı sanal manipülatif kullanılarak uygulanan ğretim müdahalesidir. Bağımlı değişkeni ise araştırmaya katılan öğrencilerin çarpma işlemi becerilerini gerçekleştirme düzeyleridir.

2.3. Katılımcılar

Bu çalışmanın katılımcılarını yaşları 11-12 arasında değişen, hafif düzeyde ZY olan üç ortaokul ğrencisi oluşturmaktadır. Katılımcılar, belirlenen bazı ön koşul kriterlere göre seçilmiştir. Bu kriterler şunlardır: (a) ğrencinin hafif düzeyde ZY tanısına sahip olması, (b) zel eğitim ğretmeni tarafından öğrencinin çarpma işlemini öğrenmeye hazır olduğunun belirtilmesi, (c) araştırmacı tarafından

yapılan ön değerlendirmede %80 ve üzeri doğru yanıt verme performansı göstermesi, (d) bireyselleştirilmiş eğitim programında (BEP) çarpma işlemi becerisinin uzun ve kısa dönemli amaçlar arasında yer alması ve (e) sanal manipülatifleri kullanabilecek düzeyde ince motor becerilere sahip olması. Katılımcı belirleme sürecinde öncelikle etik kurul onayı alınmış, ardından bir özel eğitim ve rehabilitasyon merkezi ile iş birliği yapılmıştır. Öğretmenlerle yapılan görüşmeler sonucunda, belirlenen ön koşul kriterlerini karşılayan öğrenciler araştırmacı tarafından ön değerlendirmeye alınmıştır. Bu değerlendirmede, çarpma işleminin ön koşul becerileri olarak belirlenen 20'ye kadar olan bir çokluktan belirtilen sayı kadarını ayırabilme, 0-20 arasındaki rakamları okuyup yazabilme, 20'ye kadar birer, ikişer ve üçer ritmik sayabilme ile temel toplama ve çıkarma işlemlerini yapabilme yeterlikleri incelenmiştir. Araştırmacı tarafından bu ön koşul becerilere yönelik ölçüt bağımlı ölçü aracı geliştirilmiş ve öğrenciler bu araçla değerlendirilmiştir. Her bir beceride %80 ve üzeri doğru performans gösteren üç öğrenci belirlenmiştir. Üç öğrenci ve ailelerinin araştırmaya gönüllü olarak katılmayı kabul etmesi üzerine hem öğrencilerden hem de ailelerden sözlü ve yazılı izin alınmıştır.

Gonca

Gonca, 12 yaşında bir kız öğrencidir ve çalışmanın başlangıcında ortaokul 6. sınıfa devam etmekteydi. Gonca'ya, bulunduğu ilin eğitim ve araştırma hastanesinde uygulanan WISC-R (Savaşır and Şahin, 1995) testi sonucunda elde edilen 64 tam ölçekli IQ puanına dayanarak hafif düzeyde ZY tanısı konulmuştur. Bu tanıya ilişkin resmi rapor, araştırmaya katılım sürecinde ailesi tarafından araştırmacıya sunulmuştur. Bir devlet okulunun özel eğitim sınıfına devam eden Gonca, haftada üç saat özel eğitim ve rehabilitasyon merkezinden destek eğitim hizmeti almaktadır. Gonca, matematik kavram ve becerilerini edinme, sürdürme ve genellemede çeşitli güçlükler yaşamaktadır. Örneğin, dikkatini matematik

derslerinde ortalama 15 dakika sürdürebilmekte ve toplamda %70 doğrulukla toplama ve çıkarma işlemlerini yapabilmektedir. Ancak, çarpma ve bölme işlemlerinde başarı oranı ortalama %10'un altındadır. Gonca'nın BEP 'inde, toplama ve çıkarma işleminde akıcılık; çarpma, bölme ve sözel problem çözme becerilerinde ise edinim amaçları yer almaktadır.

Gül

Gül, 11 yaşında bir kız öğrencidir ve çalışmanın başlangıcında ortaokul 6. sınıfa devam etmekteydi. Gül'e, yaşadığı ilin eğitim ve araştırma hastanesi tarafından uygulanan WISC-R testi sonucunda elde edilen 63 tam ölçekli IQ puanı ile hafif düzeyde ZY tanısı konulmuştur. Bir devlet okulunun özel eğitim sınıfına devam eden Gül, haftada üç saat özel eğitim ve rehabilitasyon merkezinden destek eğitim hizmeti almaktadır. Öğretmeninden elde edilen bilgilere göre, matematik derslerinde Gül'ün dikkat süresi ortalama 10-15 dakika arasında değişmekte olup, sıklıkla sınıf içinde ayakta gezinme ve ders esnasında ağlama gibi hoşnutsuzluk belirtileri göstermektedir. Matematik kavram ve becerilerini edinme, sürdürme ve genellemede sınırlılıklar yaşamaktadır. Gül'ün BEP'i incelendiğinde ise çarpma işlemlerinde edinim amaçlarının ön plana çıktığı görülmektedir.

Çınar

Çınar, çalışmanın başında ortaokul 6. sınıfa devam etmekte olan 12 yaşında bir erkek öğrenciydi. Çınar, yaşadığı ilin eğitim ve araştırma hastanesinde kendisine uygulanan WISC-R testi sonucunda 65 IQ puanı alarak hafif düzeyde ZY tanısı almıştır. Çınar bir devlet okulunun özel eğitim sınıfında eğitim görmektedir. Haftada üç saat de özel eğitim ve rehabilitasyon merkezinden destek almaktadır. Matematik kavram ve becerileri edinmede, bu becerileri sürdürmede ve farklı kişi, ortam gibi durumlara genelleylebilmede güçlüklerle sahiptir. Öğretmeniyle yapılan görüşmede Çınar'ın özellikle matematik derslerinde sıklıkla dikkatinin

dağıldığı ve ders esnasında kalem, silgi gibi farklı nesnelere meşgul olduğu bilgisi edinilmiştir. Diğer katılımcılar gibi Çınar'ın da BEP'inde çeşitli matematik kavramları ve becerilerinin öğretimine yönelik uzun ve kısa dönemli amaçların yer aldığı görülmektedir.

2.4. Ortam

Araştırmanın deneysel sürecine ait başlangıç düzeyi, müdahale ve müdahale sonrası gerçekleştirilen günlük yoklama oturumları, üç katılımcı için de devam ettikleri özel eğitim ve rehabilitasyon merkezindeki sessiz ve boş bir sınıfta yürütülmüştür. Bu sınıf, deneysel süreç başlamadan önce gerekli olmayan eğitim materyalleri gibi dikkat dağıtıcı unsurlardan arındırılmıştır. Ortamda katılımcı ve araştırmacının oturabileceği iki sandalye, bir masa ve kamerayı sabitleyebilecek bir kitaplığın bulunması sağlanmıştır. Genelleme evresinin ön test ve son test oturumları ise ortamlar arası genellenebilirliği değerlendirmek için özel eğitim ve rehabilitasyon merkezinin başka bir sınıfında gerçekleştirilmiştir. Ortamlar arası genellenebilirliği incelemek için, bu sınıfın içinde bulundurduğu eşyaları, konumu ve büyüklüğü gibi özellikleriyle başlama düzeyi ve müdahale evresindeki ortamdaki farklı olması sağlanmıştır. Ayrıca araştırmanın deneysel süreci katılımcıların diğer eğitim etkinlikleriyle çakışmayacak şekilde planlanmıştır. Araştırmadaki her oturum, araştırmacı tarafından her bir öğrenciyle bireysel olarak yürütülmüştür.

2.5. Materyaller

Bu araştırmanın başlama düzeyi oturumlarında üzerinde 10 adet çarpma işlemi bulunan çalışma sayfaları kullanılmıştır. Müdahale, günlük yoklama ve genelleme oturumlarında ise *ÇarpMatik* adlı sanal manipülatif ve bu manipülatifin sunumu için kullanılan tablettten yararlanılmıştır. *ÇarpMatik*, bu araştırma için özel olarak

geliştirilen uygulama tabanlı bir sanal manipülatiftir. Araştırmacı tarafından tasarlanan bu yazılım, uzman görüşleri doğrultusunda yapılandırılmış ve yazılım mühendisliği lisans eğitimi alan bir öğrenci tarafından geliştirilmiştir. Sanal manipülatifte yer alan çarpma işlemleri, bir basamaklı iki sayının çarpımının sıfır olmadığı ve sonucunun en fazla 20 olduğu işlemlerden oluşmaktadır. Her oturumda sanal manipülatif aracılığıyla 10 çarpma sorusu sunulmakta ve bu sorular, 36 işlemden oluşan bir havuzdan rastgele seçilmektedir.

ÇarpMatik yazılımı iki bölümden oluşmaktadır: müdahale/öğretim ve değerlendirme. Yazılımın ilk bölümü müdahale oturumlarında uygulanan öğretim sürecini kapsamaktadır. Bu bölümde, ardışık olarak sunulan 10 çarpma işlemi yer almakta ve işlemlerde sanal nesne olarak çilek, elma gibi çeşitli meyve görselleri kullanılmaktadır. İşlemler tablet ekranında sırasıyla görüntülenmekte, öğrenci işlemi tamamlayıp, işlem sonucunu sesli bir şekilde söyledikten sonra “Sonraki İşleme Geç” düğmesine (ileri ok sembolü) dokunarak bir sonraki soruya geçmektedir. Ayrıca, araştırmacının gerektiğinde önceki işleme dönmesine olanak tanıyan bir “Önceki İşleme Dön” seçeneği (geri ok sembolü) de yazılımda bulunmaktadır. Değerlendirme bölümü, günlük yoklama ve genelleme oturumlarında kullanılmakta olup, öğrencinin performansını ölçmeyi amaçlamaktadır. Bu bölümde çarpma işlemleri, öğretim bölümündekine benzer biçimde sırayla ve işlem havuzundan rastgele seçilerek sunulmaktadır. Bu aşamada öğrenci, işlemin sonucunu bulduktan sonra bulunduğu sonucu araştırmacıya sözel olarak ifade etmektedir.

2.6. Uygulama Süreci

Araştırma; başlama düzeyi, müdahale, müdahale sonrası günlük yoklamalar ve genelleme oturumlarından oluşmaktadır. Uygulama süreci, resmî tatil günleri hariç olmak üzere, hafta içi en az dört gün olacak şekilde planlanmış ve yaklaşık dört hafta sürmüştür. Her bir öğrenciyle günde en fazla iki oturum

gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamındaki tüm oturumlar ortalama 15–20 dakika sürmüştür; müdahale oturumlarında ise doğrudan öğretim yönteminin model olma, rehberli uygulama ve bağımsız uygulama aşamalarına yer verilmiştir. Ayrıca, araştırma süresince öğretmenler ve aileler, öğrencilere çarpma işlemi konusunda herhangi bir öğretim yapılmaması gerektiği konusunda bilgilendirilmiştir.

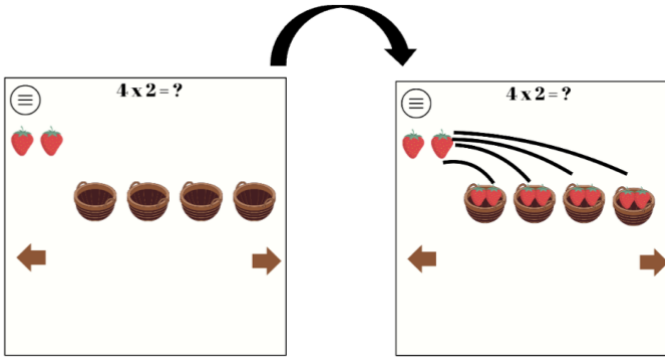
Başlama Düzeyi

Araştırma süresince her öğrenciyle en az üç başlama düzeyi oturumu tamamlanmıştır. Bu oturumlar, araştırmacı tarafından öğrencilerle bire bir ve yan yana oturularak gerçekleştirilmiştir. Başlama düzeyi oturumlarında, öğrencilere çalışma sayfalarında yer alan 10 çarpma işlemi (örneğin, $4 \times 2 = ?$) kalem kullanarak çözmeleri istenmiştir. Öğrencilere bu işlemleri çözerken herhangi bir ipucu ya da destek sunulmamış; ayrıca araştırmacı, öğrencilerin verdikleri doğru ya da yanlış yanıtlara herhangi bir tepki göstermemiştir.

Müdahale

Müdahale oturumları, tablet ile sunulan CarpMatik adlı sanal manipülatifin doğrudan öğretim yönteminin aşamalarına dayalı şekilde yapılandırılmıştır. Her oturumda öğrenciye toplam 10 çarpma işlemi sunulmuştur. Bu işlemlerden ilk ikisi araştırmacı tarafından modelleme yoluyla açıklanmış (model olma); sonraki üç işlemde ise öğrencinin işlemi çözmesine fırsat verilmiş, ancak gerektiğinde ipuçları ve yönlendirmeler sağlanmıştır (rehberli uygulamalar). Kalan beş işlemde ise öğrencinin çarpma işlemlerini tamamen bağımsız olarak çözmesi beklenmiştir (bağımsız uygulamalar). Araştırmacı, öğretim oturumuna başlamadan önce gerekli araç-gereci hazırlamış, öğrencinin dikkatini çekmiş, öğretimin amacı ve önemine yönelik kısa bir açıklama yapmıştır. Ayrıca, öğretim sonunda öğrencinin

katılımını, iş birliğini pekiştirmek amacıyla öğrenciye verileceği ödülü bildirmiştir. Bu hazırlıkların ardından işlem öğretimine geçilmiştir. Örneğin, $4 \times 2 = ?$ işlemine yönelik model olma aşamasında, tablet ekranında birinci çarpan olan 4'ü temsil eden dört sanal sepet ve ikinci çarpan olan 2'yi temsil eden iki sanal çilek görseli yer almaktadır. Araştırmacı, işlemin bir çarpma işlemi olduğunu ve ekranda yer alan dört sepete ikişer çilek yerleştireceğini öğrenciye sesli olarak açıklamıştır. Ardından, ikinci çarpanı temsil eden çilekleri tablet ekranında dokunarak sürüklemiş ve her sepete ikişer çilek yerleştirirken sayma işlemini “2, 4, 6, 8” şeklinde sesli olarak gerçekleştirmiştir. Her bir sepetteki çilekler yine ikişer ikişer sayılarak toplam sayı belirlenmiş ve işlemin sonucu olan 8, araştırmacı tarafından sesli olarak ifade edilmiştir (Şekil 1). Rehberli uygulama aşamasında, araştırmacı işlemin tüm basamaklarını öğrenciyle birlikte tekrar etmiş, öncelikle öğrencinin işlemi çözmesine fırsat vermiş gerektiğinde ipucu vermiştir. Bağımsız uygulama aşamasında ise öğrencinin aynı işlemi, araştırmacının yönlendirmesi olmadan, kendi başına çözmesi beklenmiştir. Oturum sonunda, araştırmacı sürecin sona erdiğini öğrenciye açıkça ifade etmiş ve öğrencinin katılımını ve iş birliğini pekiştirmek amacıyla önceden belirlenen ödülü vermiştir.



Şekil 1. ÇarpMatik'in müdahale/öğretim bölümünden örnek ekran görüntüleri

Günlük Yoklama

Günlük yoklama oturumları, her bir müdahale oturumunun ardından öğrencilerin hedef beceriye yönelik ilerlemelerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu oturumlarda, araştırmacı tarafından öğrencilerin önüne *ÇarpMatik*'i sunacağı tablet yerleştirilmiş ve öğrencilerden sunulan sanal manipülatifi kullanarak 10 çarpma işlemini bağımsız olarak çözmeleri ve buldukları sonuçları sözel olarak ifade etmeleri istenmiştir. Öğrencilere işlem sırasında herhangi bir ipucu ya da destek sunulmamış; ayrıca araştırmacı, öğrencilerin doğru ya da yanlış yanıtlarına herhangi bir geri bildirimde bulunmamıştır.

Genelleme

Öğrencilerin çarpma işlemi becerilerini farklı ortamlara genelleme düzeylerini değerlendirmek amacıyla ön test ve son test oturumları gerçekleştirilmiştir. Ön testler, her öğrencinin başlama düzeyi oturumları tamamlandıktan hemen sonra, genelleme için belirlenen özel eğitim ve rehabilitasyon merkezinin farklı bir sınıfında, öğrencilerle bire bir yapılmıştır. Bu oturumlarda öğrencilere tablet ile *ÇarpMatik* adlı sanal manipülatif uygulaması açılmış ve 10 çarpma işlemi sorusu sunulmuştur. Araştırmacı, öğrencinin hazır olduğunu belirttiğinde işlemleri çözmesi için yönerge vermiş, ancak herhangi bir ipucu veya yönlendirme sağlamamıştır. Son testler ise son müdahale oturumlarını takiben aynı genelleme ortamında bire bir gerçekleştirilmiştir. Bu oturumlarda da tablet aracılığıyla aynı uygulama kullanılarak 10 çarpma işlemi öğrencilere yöneltilmiş ve araştırmacı, öğrenci performansını etkileyecek herhangi bir müdahalede bulunmadan tarafsız bir tutum sergilemiştir.

2.7. Güvenirlik

Araştırmada gözlemciler arası güvenilirlik ve uygulama güvenilirliği olmak üzere iki tür güvenilirlik verisi toplanmıştır. Gözlemciler arası güvenilirlik, her bir öğrenci için müdahale oturumlarının ardından gerçekleştirilen günlük yoklama oturumlarının %30'undan toplanmıştır. Bu veriler araştırmanın yazarı olmayan iki farklı özel eğitim uzmanı tarafından müdahale oturumlarının birbirinden bağımsız bir şekilde değerlendirilerek “ $[(\text{görüş birliği}) / (\text{görüş birliği} + \text{görüş ayrılığı})] \times 100$ ” formülü ile hesaplanmıştır (Tekin-İftar, 2012). Gözlemciler arası güvenilirlik her bir öğrenci için %100 olarak bulunmuştur. Uygulama güvenilirliği ise bağımsız değişkenin planlana bağlı olarak uygulanıp uygulanmadığının değerlendirilmesidir (Tekin-İftar, 2012). Araştırmacının hazırladığı uygulama planı ile beraber gözlemciler müdahale oturumlarının %30'unu izlemiş ve uygulama güvenilirliği “ $[(\text{gözlenen uygulamacı davranışı}/\text{planlanan uygulamacı davranışı}) \times 100]$ ” formülü ile hesaplanmıştır. Uygulama güvenilirliği her öğrenci için %100 olarak belirlenmiştir.

2.8. Verilerin Toplanması

Araştırma süresince çarpma işlemi becerilerinin öğretimine yönelik başlama düzeyi, müdahale, günlük yoklama ve genelleme oturumlarına ilişkin veriler, araştırmacı tarafından öğrencilerle bire bir yürütülen oturumlarda veri kayıt formları aracılığıyla toplanmıştır. Her bir işlem için öğrencilerin verdiği yanıtlar, veri kayıt formuna “+” (doğru) ve “-” (yanlış veya tepki vermeme) şeklinde kaydedilmiştir. Çalışmada hedef ölçüt, oturumlarda öğrencilerin %80 ve üzerinde doğru tepkide bulunması olarak belirlenmiştir. Öğrencinin doğru yanıt verdiği işlem sayısı toplam işlem sayısına bölünüp yüzle çarpılarak doğru tepki yüzdesi hesaplanmıştır.

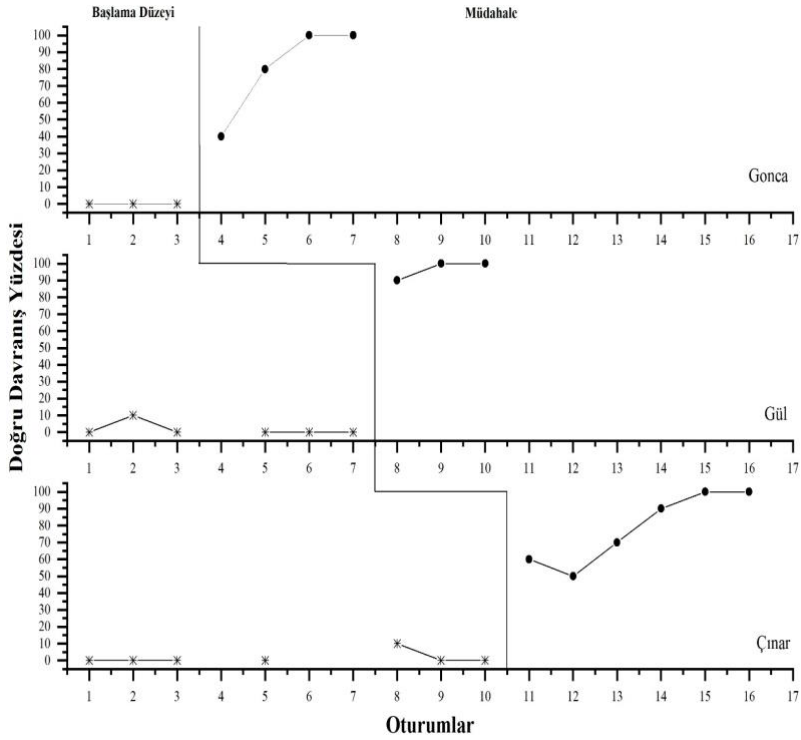
2.9. Verilerin Analizi

Araştırma sürecinde elde edilen veriler grafiklere (Şekil 2 ve Şekil 3) dönüştürülmüş ve görsel analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Şekil 2’deki grafikte, yatay eksen ÇarpMatik ile yürütölen deneysel sürecin oturum sayılarını; dikey eksen ise öğrencilerin çarpma işlemlerine verdikleri doğru yanıtların yüzdesini göstermektedir. Şekil 3 ise öğrencilerin genelleme oturumlarındaki ön test ve son test performans düzeylerini yansıtmaktadır. Ayrıca, araştırmanın görsel analiz sonuçlarını desteklemek amacıyla, etki büyüklüğü analizi de gerçekleştirilmiştir. Bu analiz için çevrim içi Tau-U hesaplayıcısı (Vannest vd., 2016) kullanılmıştır. Tau-U analizi, başlama düzeyi ile müdahale evresinden sonra gerçekleştirilen günlük yoklama oturumlarında toplanan verilere uygulanmıştır. Etki büyüklükleri, Parker ve arkadaşları (2009) tarafından tanımlanan kriterler doğrultusunda sınıflandırılmıştır; buna göre, %93 ve üzerindeki değerler “büyük”, %66–92 arası değerler “orta”, %65’in altındaki değerler ise “küçük” etki olarak değerlendirilmiştir (Parker ve Vannest, 2009).

3. BULGULAR

Bu araştırmada ZY olan öğrencilere çarpma işlemi becerisinin öğretiminde *ÇarpMatik* adlı sanal manipülatifinin etkililiği incelenmiştir. Araştırmada elde edilen veriler Şekil 2’de gösterilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde, her üç öğrencinin de başlama düzeyi evresinde göstermiş oldukları performanslar ile müdahale evresinde göstermiş olduğu performanslar arasında farklar olduğu görölmektedir. Yani müdahale uygulanmaya başlanıldığı andan itibaren öğrencilerin çarpma işlemi becerisindeki performansları artmaya başlamıştır. Böylelikle çarpma işlemi ile sanal manipülatifler arasında işlevsel ilişki ortaya konmuştur. Ayrıca Şekil 3’te de göröldüğü üzere öğrenciler çarpma işleminde gösterdikleri performansları farklı bir ortama da genelleyebilmişlerdir.

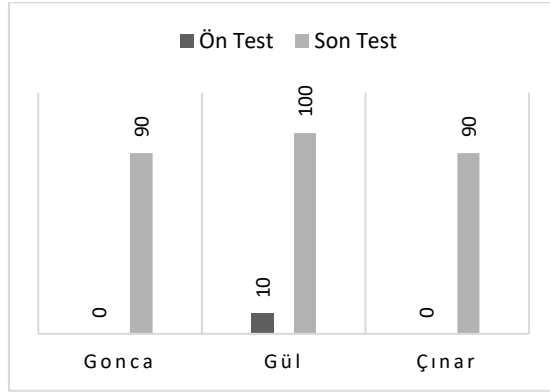
Gonca, başlama düzeyi evresinden müdahale evresine geçtiğinde çarpma işlemi becerilerinde anlamlı bir gelişme göstermiştir. Başlama düzeyi evresinde üç oturum boyunca doğru yanıt yüzdesi %0 olarak değerlendirilmiştir. Sanal manipülatifin kullanıldığı müdahale evresinin başlamasıyla birlikte doğru yanıt oranı dört oturum boyunca kademeli olarak %40'tan %100'e yükselmiş ve belirgin bir artış göstermiştir. Şekil 3'te yer alan genelleme oturumları incelendiğinde ise, Gonca'nın ön testte 10 sorudan hiçbirine doğru yanıt veremediği; ancak son testte 10 sorudan dokuzunu doğru yaparak edindiği beceriyi farklı bir ortama başarıyla genellebildiği görülmektedir. Ayrıca Gonca'nın başlama düzeyi ve müdahale sonrası gerçekleştirilen günlük yoklamalar arasında Tau-U hesaplaması yapılmış ve Tau-U değeri %100 olarak bulunmuştur. Bu durum kullanılan sanal manipülatifin çarpma işlemi üzerindeki büyük bir etkisi olduğunu göstermiştir.



Şekil 2. Gonca, Gül ve Çınar'ın çarpma işlemine ilişkin doğru davranış yüzdeleri

Gül, başlama düzeyi evresinden müdahale evresine geçtiğinde çarpma işlemi becerilerinde anlamlı bir gelişme göstermiştir. Başlama düzeyi evresinde doğru davranış yüzdesi ilk üç oturum boyunca sırasıyla %0, %10 ve %0 olarak değerlendirilmiştir. Gonca'nın müdahale evresinde hedef ölçüte ulaşmasıyla birlikte Gül ile bir başlama düzeyi oturumu daha gerçekleşmiş ve devam ettirilmiştir. Kararlı veriye ulaşıldığında (5, 6 ve 7. oturumlar %0 doğruluk düzeyi) müdahale evresine geçilmiştir. Gül, müdahale evresine geçilmesiyle birlikte çarpma işlemi performansında ani bir artış göstermiş ve sırasıyla %90, %100 ve %100 doğru tepkide bulunmuştur. Ayrıca Gül'ün genelleme oturumlarının ön testinde 10 sorudan yalnızca birine doğru yanıt verdiğini; ancak son testte 10

sorudan hepsini doğru yaparak edindiği beceriyi farklı bir ortama genellebildiği sonucuna varılmaktadır. Ayrıca Gül'ün başlama düzeyi ve müdahale sonrası gerçekleştirilen günlük yoklamalar arasında Tau-U hesaplaması yapılmış ve Tau-U değeri %100 olarak bulunmuştur. Bu durum kullanılan sanal manipülatifin çarpma işlemi üzerindeki büyük bir etkisi olduğunu göstermektedir.



Şekil 3. Gonca, Gül ve Çınar'ın çarpma işlemine ilişkin genelleme oturumlarındaki doğru tepki yüzdeleri

Çınar'ın başlama düzeyi evresi incelendiğinde ilk üç oturumda sırasıyla %0, %0 ve %0 doğru tepkide bulunduğu görülmektedir. Gonca'nın hedef ölçüte ulaşmasıyla, Çınar ile bir başlama düzeyi oturumu daha gerçekleştirilmiş ve bu oturumda da %0 düzeyinde doğru tepkide bulunmuştur. Gül'ün hedef ölçüte ulaşmasıyla Çınar ile bir başlama düzeyi oturumu daha gerçekleştirilmiş ve üç oturum arka arkaya kararlı veri elde edilince (%10, %0 ve %0) de müdahale evresine geçilmiştir. Çınar müdahale evresinde diğer arkadaşlarına göre daha aşamalı ve yavaş bir artış gösterse de onunla da 4. müdahale oturumunda hedef ölçüte ulaşılmıştır. Çınar müdahale evresinde 6 oturum tamamlamış ve sırasıyla %60, %50, %70, %90, %100, %100 şeklinde doğru tepkide bulunmuştur. Genelleme oturumu incelendiğinde ise Çınar'ın ön testte 10 sorudan hiçbirine doğru yanıt veremediği; ancak son testte 10 sorudan dokuzunu doğru yaparak edindiği beceriyi farklı bir

ortama başarıyla genelleyebildiği görülmektedir. Ayrıca Çınar'ın performansı için de Tau-U değeri hesaplanmış ve %100 olarak bulunmuştur.

4. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada ZY olan öğrencilere çarpma işlemi becerisinin öğretiminde sanal manipülatiflerin etkililiği incelenmiştir. Araştırmanın bulguları ZY olan öğrencilerin çarpma işlemi performansları ile sanal manipülatifler arasında işlevsel bir ilişki olduğu ortaya koymuştur. Araştırmanın her üç katılımcısı da başlama düzeyi evresinde hedef beceri olan çarpma işlemi performanslarında sıfır ivme veya azalan eğilim göstermiştir. Bağımsız değişken olan *ÇarpMatik* sanal manipülatifi uygulanmaya başlandığı andan itibaren ise çarpma işlemi becerisindeki performansları hızla artmaya başlamış ve kısa bir süre sonra hedef ölçüte (%80 ve üzeri) ulaşmışlardır. Araştırmanın bu bulguları ZY olan öğrencilere matematik kavram ve becerilerinin sanal manipülatiflerle ya da sanal manipülatiflerin kullanıldığı VRA, VA gibi öğretim stratejileriyle yapılan çalışmaların bulgularıyla örtüşmektedir (Bouck vd., 2017; Bouck vd., 2018; Jimenez ve Besaw, 2020). Ayrıca yine literatürle tutarlı olarak bu araştırmanın sonucunda ZY'li öğrencilerin edindikleri becerileri ortamlar arası genelleyebildiği görülmüştür. Tüm bu çalışmalar sanal manipülatiflerin ZY'li öğrencilere matematik kavram ve becerilerinin öğretiminde etkili bir araç olduğunu vurgulamaktadır.

İlgili literatür, sanal manipülatiflerin özel gereksinimli öğrencilerin öğrenme deneyimlerini önemli ölçüde iyileştirebileceğini savunmaktadır. Park ve diğerleri (2020), bu manipülatiflerin kolay erişilebilirliğine dikkat çekmiş ve aynı zamanda öğretmenlerin öğretim stratejilerini farklı öğrenci gruplarına göre uyarlamasına imkân tanıyarak esnek olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, Peltier ve diğerleri (2019) yaptıkları bir meta-analiz çalışmasında, matematik öğretiminde sanal

manipülatiflerin etkili bir şekilde kullanılabilceğini ve ZY de dâhil olmak üzere farklı yetersizlik türlerindeki öğrencilerin matematiksel kavrayışlarını geliştirme potansiyeline sahip olduğunu vurgulamışlardır. Bunlara ek olarak mevcut literatürde sanal manipülatiflerin özel gereksinimli öğrencilerin üzerindeki olumlu etkileri belirtilmiş, bu manipülatiflerin etkileşimi artırma ve matematiksel becerileri geliştirme açısından etkili olduğu ortaya konmuştur (Shin vd., 2021; Thomas vd., 2024).

İlgili literatürde, sanal manipülatiflerin somut manipülatiflere kıyasla bazı önemli avantajlar sunduğu belirtilmektedir. Somut manipülatiflerin taşınması, saklanması ve sınıf ortamında organize edilmesi kimi zaman güçlük yaratabilirken, sanal manipülatifler bu tür güçlükleri ortadan kaldırarak öğretim sürecine esneklik ve etkileşimli bir yapı kazandırabilmektedir (Peltier vd., 2019). Bu çalışmada da çarpma işlemlerinin öğretimi sırasında literatürde vurgulanan söz konusu avantajlar gözlemlenmiştir. Örneğin, $4 \times 5 = ?$ işlemi somut manipülatiflerle öğretilecek olsaydı, öğretim ortamında dört ayrı sepetin ve her sepet için beş çileğin fiziksel olarak bulundurulması gerekecekti. Bu durum, materyallerin temini, taşınması ve düzenlenmesi açısından çeşitli zorluklar doğurabilirdi. Oysa bu çalışmada geliştirilen sanal manipülatif sayesinde bu zorluklar ortadan kaldırılmış ve araştırmacıya hem uygulama hem de öğretim sürecinde önemli bir esneklik sağlanmıştır.

Mevcut araştırma, Park ve diğerleri (2020)'nin ilk aşamasında sanal manipülatifleri kullandıkları VRA öğretim stratejisi gibi belirli yapılandırılmış öğretim çerçevelerine odaklanan önceki araştırmalarla benzer sonuçlar göstermektedir. VRA modeli yalnızca çarpma öğretiminde değil, aynı zamanda öğrenilen kavramların kalıcılığında da etkili olduğunu ortaya koymuştur (Park vd., 2020). Bulgular, sanal manipülatiflerin yapılandırılmış öğretim sıralamaları içinde kullanılmasının performansta ölçülebilir gelişmeler sağladığını göstermektedir.

Bu da, sanal manipülatiflerin ZY olan öğrencilerde çarpma işlemi becerilerini geliştirmedeki olumlu etkisini desteklemektedir.

ZY olan öğrencilere matematik öğretiminde etkili sonuçlar ortaya koymasına rağmen bu araştırmanın bazı sınırlılıklara da vardır. Bu sınırlılıklardan en önemlisi araştırmada uygulama takviminin kısıtlı olması nedeniyle kalıcılık oturumlarının düzenlenmemiş, yani öğrencilerin çarpma işlemi öğrendikten bir süre sonra da bu beceriyi sürdürüp sürdürmediklerinin araştırılmamış olmasıdır. Bu bakımdan ileriki araştırmalarda bu araştırmanın sonuçlarını genişletmek ve kalıcılığını da değerlendirmek için kalıcılık oturumlarına yer verilebilir. Araştırmanın bir diğer sınırlılığı ise sosyal geçerlik verisi toplanılmamış olmasıdır. İleride yapılacak olan araştırmalarda öğrencilerin kendilerinden, özel eğitim öğretmenlerinden ya da ebeveynlerinden sanal manipülatiflerin kullanımı ile ilgili görüş alınabilir.

Sonuç olarak, bu çalışmanın bulguları, ZY olan öğrencilerin eğitiminde sanal manipülatiflerin kullanımını destekleyen artan bir kanıt birikimine katkı sağlamaktadır. Sanal manipülatiflerin olumlu çıktılarla ilişkili olduğunu ortaya koyan bu araştırma, özel eğitimde dijital araçların uygulanmasına yönelik daha fazla incelemeyi ve yöntemsel iyileştirmeyi teşvik etmektedir. Ayrıca araştırmanın sonuçlarından yola çıkılarak uygulamaya yönelik bazı öneriler verilebilir. ZY olan öğrenciler ile çalışan öğretmenler, uzmanlar ve aileler tarafından kullanılacak matematik odaklı sanal manipülatiflerin geliştirilmesi önerilmektedir. Ayrıca, bu manipülatiflerin etkili kullanımı için öğretmenlere ve uzmanlara yüz yüze veya çevrimiçi eğitimlerin verilmesi faydalı olacaktır.

Çıkar Çatışması Bildirimi:

Bu makalenin yayınlanmasına ilişkin herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Destek/Finansman Bilgileri:

Bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayınlanması için herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

Etik Kurul Kararı:

Bu araştırma, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimlerde İnsan Araştırmaları Etik Kurulundan alınan 07.07.2023 tarihli ve 2023/05 sayılı izinle yürütülmüştür.

KAYNAKÇA

- Bouck, E., Long, H., & Bae, Y. (2022). Exploring the virtual-representational-abstract instructional sequence across the learning stages for struggling students. *Behavior Modification*, 47(3), 590-614. <https://doi.org/10.1177/01454455221129998>
- Bouck, E., Park, J., Shurr, J., Bassette, L., & Whorley, A. (2018). Using the virtual-representational-abstract approach to support students with intellectual disability in mathematics. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 33(4), 237-248. <https://doi.org/10.1177/1088357618755696>
- Bouck, E.C., & Sprick, J. (2019). The virtual-representational-abstract framework to support students with disabilities in mathematics. *Intervention in School and Clinic*, 1(8), 173-180. <https://doi.org/1053451218767911>
- Göktaş, O., & Yazıcı, E. (2020). Effectiveness of teaching mathematical problem-solving strategies to students with mild intellectual disabilities. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (Turcomat)*, 11(2), 361-385. <https://doi.org/10.16949/turkbilmat.662461>
- Hammons, N. C. (2019). *The Effects of virtual-representational-abstract (VRA) intervention package on the acquisition of single-digit addition skills for students with autism spectrum disorder* [Unpublished doctoral dissertation]. The Florida State University.

- Hord, C. (2022). Middle and high school math teaching for students with mild intellectual disability. *Support for Learning*, 38(1), 4-16. <https://doi.org/10.1111/1467-9604.12425>
- Jenifer, J., Jaxon, J., Levine, S., & Cimpian, A. (2023). "You need to be super smart to do well in math!" young children's field-specific ability beliefs. *Developmental Science*, 27(1). <https://doi.org/10.1111/desc.13429>
- Jimenez, B. A., & Besaw, J. (2020). Building early numeracy through virtual manipulatives for students with intellectual disability and autism. *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities*, 55(1), 28-44. <https://www.jstor.org/stable/26898712>
- Kay, R., & Knaack, L. (2007). Evaluating the use of learning objects for secondary school science. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 26(4), 261–289.
- Long, H., Bouck, E., & Kelly, H. (2023). An evidence-based practice synthesis of virtual manipulatives for students with ASD and IDD. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 38(3), 147-157. <https://doi.org/10.1177/10883576221121654>
- Milli Eğitim Bakanlığı (2018). *Özel Eğitim Hizmetleri Yönetmeliği*. UptoDate. Retrieved June 10, 2025, from https://orgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2018_07/09101900_ozel_egitim_hizmetleri_yonetmeliği_07072018.pdf
- Moyer-Packenham, P.S., Bolyard, J.J. (2016). Revisiting the Definition of a Virtual Manipulative. In Moyer-Packenham, P. (Eds) International perspectives on teaching and learning mathematics with virtual manipulatives (pp. 3-23). *Mathematics Education in the Digital Era*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32718-1_1
- Moyer-Packenham, P., & Westenskow, A. (2013). Effects of virtual manipulatives on student achievement and mathematics learning.

- International Journal of Virtual and Personal Learning Environments*, 4(3), 35-50. <https://doi.org/10.4018/jvple.2013070103>
- Moyer, P. S., Bolyard, J. J., & Spikell, M. A. (2002). What are virtual manipulatives? *Teaching Children Mathematics*, 8, 372–377.
- Noviyanti, A. D., Tarsidi, I., Ginintasasi, R., & Mutaqin, R. S. (2020, February). The effectiveness of token economy in improving adaptive daily living for children with intellectual disability. In *International Conference on Educational Psychology and Pedagogy-" Diversity in Education"(ICEPP 2019)* (pp. 6-9). Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.200130.068>
- Öztürk, M., Akkan, Y., Büyükevindik, B., & Kaplan, A. (2016). Additional Operation Learning Process to the Mild Intellectual Disabilities Students by means of Virtual Manipulatives: A Multiple Case Study. *Education and Science*, 41(188). <https://doi.org/10.15390/EB.2016.6582>
- Park, J., Bouck, E. C., & Smith, J. P. (2020). Using a virtual manipulative intervention package to support maintenance in teaching subtraction with regrouping to students with developmental disabilities. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 50, 63-75.
- Parker, R. I., & Vannest, K. (2009). An improved effect size for single-case research: Nonoverlap of all pairs. *Behavior therapy*, 40(4), 357-367. <https://doi.org/10.1016/j.beth.2008.10.006>
- Peltier, C., Morin, K., Bouck, E., Lingo, M., Pulos, J., Scheffler, F., ... & Deardorff, M. (2019). A meta-analysis of single-case research using mathematics manipulatives with students at risk or identified with a disability. *The Journal of Special Education*, 54(1), 3-15. <https://doi.org/10.1177/0022466919844516>
- Satsangi, R., & Miller, B. (2017). The case for adopting virtual manipulatives in mathematics education for students with disabilities. *Preventing School*

Failure: Alternative Education for Children and Youth, 61(4), 303-310.

<https://doi.org/10.1080/1045988X.2016.1275505>

Satsangi, R., Bouck, E., Taber-Doughty, T., Bofferding, L., & Roberts, C. (2016). Comparing the effectiveness of virtual and concrete manipulatives to teach algebra to secondary students with learning disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 39(4), 240-253. <https://doi.org/10.1177/0731948716649754>

Savaşır, İ., & Şahin, N. (1995). *Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-R) administration manual*. Turkish Psychological Association.

Schalock, R. L., Luckasson, R., & Tassé, M. J. (2021). An overview of intellectual disability: Definition, diagnosis, classification, and systems of supports. *American journal on intellectual and developmental disabilities*, 126(6), 439-442. <https://doi.org/10.1352/1944-7558-126.6.439>

Shawky, A., Elbiblawy, E., & Maresch, G. (2021). Spatial ability differences between students with a math learning disability and their other normal colleagues. *Journal of Humanities and Applied Social Sciences*, 3(3), 182-198. <https://doi.org/10.1108/jhass-01-2020-0016>

Shin, M., Bryant, D., Bryant, B., McKenna, J., Hou, F., & Ok, M. (2016). Virtual manipulatives. *Intervention in School and Clinic*, 52(3), 148-153. <https://doi.org/10.1177/1053451216644830>

Shin, M., Park, J., Grimes, R., & Bryant, D. (2021). Effects of using virtual manipulatives for students with disabilities: three-level multilevel modeling for single-case data. *Exceptional Children*, 87(4), 418-437. <https://doi.org/10.1177/00144029211007150>

Tekin-İftar, E. (Ed.). (2012). *Eğitim ve davranış bilimlerinde tek denekli araştırmalar*. Türk Psikologlar Derneği Yayınları.

- Terzioğlu, N. K. (2020). Zihinsel yetersizliği olan öğrencilere dört işlem becerilerinin öğretiminde sanal- yarı somut-soyut öğretim stratejisinin etkililiği [Yayımlanmamış doktora tezi], Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi.
- Thomas, J., Bicard, S., & Simmons, K. (2024). The effects of concrete and virtual manipulatives on solving algebraic equations in students with disabilities. *Journal of Special Education Technology*, 40(1), 104-116. <https://doi.org/10.1177/01626434241263055>
- Vannest, K. J., Parker, R. I., Gonen, O., & Adiguzel, T. (2016). *Single case research: Web- based calculator for SCR analysis* (Version 2.0) [Web-based application]. Texas A&M University. singlecaseresearch.org

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Intellectual disability (ID) is a neurodevelopmental disorder characterized by significant limitations in both intellectual functioning and adaptive behavior, typically manifesting before the age of 22. According to the American Association on Intellectual and Developmental Disabilities (AAIDD), ID affects an individual's ability to perform cognitive tasks and daily living skills (Schalock et al., 2021). Students with ID often face considerable challenges in acquiring, maintaining, and generalizing mathematical concepts and skills, primarily due to the cognitive demands of mathematical tasks (Hord, 2022). Furthermore, their limited abstract thinking abilities hinder their success in mathematics, particularly in tasks requiring higher-order thinking skills, such as solving verbal math problems (Noviyanti et al., 2020). In addition to cognitive challenges, emotional factors also impact mathematical performance. Mathematics anxiety, defined as feelings of tension and apprehension towards math tasks, is commonly associated with low achievement (Jenifer et al., 2023). Difficulties in spatial reasoning further complicate math learning for students with ID, as spatial reasoning plays a crucial role in solving problems in areas such as geometry (Shawky et al., 2021). To address these issues, structured instructional processes and the use of supportive materials are essential. The use of concrete materials and visual aids (e.g., base-ten blocks, abacus) can facilitate understanding of mathematical concepts (Göktaş and Yazıcı, 2020). However, due to the limitations of physical

manipulatives, interest in virtual manipulatives has grown in recent years (Bouck and Sprick, 2019; Satsangi et al., 2016). Virtual manipulatives are digital learning tools that visually represent mathematical concepts and skills (Kay and Knaack, 2007; Moyer, Bolyard and Spikell, 2002), and they help make abstract concepts more accessible, particularly through tablets and smartphones (Moyer-Packenham and Bolyard, 2016). Research has shown that virtual manipulatives have a positive impact on student engagement and academic achievement. These tools enhance the mathematical performance of students with ID and autism spectrum disorders by making procedures more concrete and comprehensible (Long et al., 2023). Additionally, they offer an effective alternative to traditional methods that may be inappropriate for older learners (Bouck and Sprick, 2019). Virtual environments also allow for exploration of concepts such as fractions, geometry, and algebra without physical constraints (Moyer-Packenham and Bolyard, 2016; Shin et al., 2016). Moreover, features such as immediate feedback support learning through trial and error (Moyer-Packenham and Westenskow, 2013; Shin et al., 2016). This study aims to teach multiplication to students with ID using a custom-designed virtual manipulative. In doing so, it contributes not only to the literature but also emphasizes the importance of tailoring instructional materials to both the learner and the target skill.

Method

This study involved three middle school students with mild intellectual disability. Participants were selected based on criteria derived from special education literature: (a) diagnosis of mild intellectual disability; (b) readiness to learn multiplication as indicated by their special education teacher; (c) inclusion of mathematical goals in their Individualized Education Programs (IEP); and (d) sufficient fine motor skills to use virtual manipulatives. After obtaining ethical approval, collaboration was established with a special education and rehabilitation center. Students meeting these criteria were preselected through teacher consultations, and following voluntary consent from students and families, the researcher conducted suitability assessments examining diagnoses, readiness, IEP goals, fine motor skills, and prerequisite skills like advanced rhythmic counting and skip counting. The experimental process took place in a quiet, distraction-free room at the rehabilitation center, with one-on-one sessions between researcher and participant. The intervention used *ÇarpMatik*, a custom-developed virtual manipulative application, along with tablets and worksheets. *ÇarpMatik* features multiplication problems involving two one-digit numbers with non-zero products up to 20. Each session included 10 randomly selected multiplication questions from a pool of 36. Worksheets with similar problems were used during baseline sessions. A multiple baseline design across

participants was employed to evaluate the effectiveness of multiplication instruction via the virtual manipulative. All three students began baseline phases simultaneously, completing at least three sessions each. Upon reaching a criterion of 80% or higher correct responses in three consecutive sessions, students proceeded sequentially to the intervention phase. The independent variable was multiplication instruction delivered through *ÇarpMatik*; the dependent variable was the students' accuracy and independence in performing multiplication tasks. Data were collected over four weeks, five days per week (excluding official holidays), with daily sessions lasting 15–20 minutes and a maximum of two sessions per student per day. No other multiplication instruction was provided by teachers or families during the study. Data were graphically presented (Figure 2) and analyzed through visual analysis. To support these findings, effect size was calculated using the Tau-U method via an online calculator (<http://www.singlecaseresearch.org/calculators/tau-u>; Vannest et al., 2016).

Results

As shown in Figure 2, there was a significant improvement in the performance of students with intellectual disabilities between the pre-intervention and post-intervention phases. This indicates a functional relationship between the use of the virtual manipulative and the development of multiplication skills.

Conclusion and Discussion

This study examined the effectiveness of virtual manipulatives in teaching multiplication to students with ID. The findings indicated that virtual manipulatives were effective in improving students' multiplication skills. Initially low performance levels increased rapidly following the implementation of a virtual manipulative tool called *ÇarpMatik*, and students quickly reached the target criterion. Furthermore, it was observed that students were able to generalize the learned skills to different settings. In line with the literature, the study emphasized that virtual manipulatives are effective tools for supporting the mathematics learning of students with special needs. Compared to concrete manipulatives, virtual ones offer advantages in terms of portability and flexibility. When used in combination with structured instructional strategies, virtual manipulatives were found to have a positive impact on both learning and retention. However, the study has certain limitations, such as the absence of maintenance sessions and the lack of social validity data. Therefore, it is recommended that future research address these limitations.