Eğitim ve Bilim

Cilt 40 (2015) Sayı 177 141-159

tedmem

Temel Sayı Yeterliklerindeki Eksiklikler İlköğretim Öğrencilerinde Düşük Matematik Başarısına Neden Olabilir *

Sinan Olkun [1], Arif Altun [2], Sakine Göçer Şahin [3], Zeynep Akkurt Denizli [4]

Öz

Bireylerin matematik öğrenme güçlüğü (MÖG) olmasının nedeni hakkında iki ana hipotez vardır: Çekirdek Bozukluğu ve Erişim Bozukluğu hipotezleri. Çekirdek bozukluk hipotezine göre tam olarak ya da yaklaşık olarak nicelik işleme için gerekli olan sayı modülündeki bozuklukların matematikte öğrenme güçlüğüne (MÖG) neden olduğu iddia edilmektedir. Erişim bozukluğu hipotezine göre ise sorun, niceliğin işlenmesinde değil de nicelikleri sembollere ya da sembolleri sayıya bağlamadaki eksiklikten kaynaklanmaktadır. Bu iki hipotezi test etmek için nokta sayma, sembolik sayı karşılaştırma ve zihinsel sayı doğrusu görevleri tasarlanmıştır. Katılımcılar Türkiye'de orta Anadolu bölgesindeki bir metropolden seçilen 12 farklı okul ve bu okullardan seçilen 1. sınıftan 4. Sınıfa kadar öğrenim gören 487 öğrenciden oluşmuştur. Öğrencilere müfredata dayalı aritmetik başarı testi verilmiş ve bu test puanlarına göre öğrenciler MÖG risk grubu, düşük başarı grubu, tipik başarı grubu ve yüksek başarı grubu olarak dört gruba ayrılmıştır. Elde edilen bulgular hem gruplar, hem de sınıflar arasında anlamlı bir farklılık olduğunu göstermiştir. En büyük fark dördüncü sınıfa kadar kanonik nokta sayma işlemlerinde oluşmuştur. Sayı karşılaştırması görevleri birinci ve ikinci sınıfta belirleyici iken, zihinsel sayı doğrusu görevleri üçüncü ve dördüncü sınıfta daha belirleyici hale gelmiştir. Bu bulgular bize hem Çekirdek Bozukluk hipotezi hem de Erişim Bozukluğu hipotezi için deliller sunmaktadır. Sayısal yeterlik birinci sınıftan dördüncü sınıfa kadar çok az bir değişim göstermektedir. Gelecekteki araştırmalar kesin ve yaklaşık sayı sistemleri ve sembollere erişimin yanı sıra bu süreçleri eğitsel sinirbilim çerçevesinde ele alabilir.

Anahtar Kelimeler

MÖG
Temel sayı yeterlikleri
Nokta sayma
Sembolik sayı karşılaştırma
Zihinsel sayı doğrusu
Çekirdek bozukluk hipotezi
Erişim bozukluğu hipotezi

Makale Hakkında

Gönderim Tarihi: 20.04.2014
Kabul Tarihi: 24.10.2014
Elektronik Yayın Tarihi: 15.02.2015

DOI: 10.15390/EB.2015.3287

* Bu çalışma 111K545 numaralı proje kapsamında TÜBİTAK tarafından sağlanan destekle gerçekleştirilmiştir.

[1] TED Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Türkiye, sinan.olkun@tedu.edu.tr

[2] Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü, Türkiye, altunar@hacettepe.edu.tr

[3] Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Eğitim Bilimleri Bölümü, Türkiye, sahing@hacettepe.edu.tr

[4] Ankara Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Türkiye, zakkurt@ankara.edu.tr

Giriş

Matematik becerileri günlük yaşamın yanı sıra birçok mesleki, akademik ve bilimsel alanlarda da gereklidir. Ancak, birçok çocuk okullarda matematik öğrenmede önemli zorluklar çekmektedir. Bazı araştırmacılar, okul çağındaki çocukların yaklaşık % 5'inde matematik öğrenme güçlüğü veya diskalkuli olduğunu belirtmektedir (Shalev ve Gross - Tsur, 2001). Diğer bazı araştırmacılar ise, bu değerlerin diskalkuliyi belirlemek için kullanılan ölçütlere bağlı olarak % 6 ile % 14 arasında değişebildiğine dikkat çekmektedir (Barbaresi, Katusic, Colligan, Weaver ve Jacobsen, 2005). Bu öğrencilerin neden böyle bir zorluk yaşadıkları ise araştırmacılar için önemli bir araştırma konusudur.

Kendi yaş grupları ile karşılaştırıldığında, diskalkulik öğrenciler sayıları, sayı sözcüklerini, hesaplamaları ve diğer sayı ile ilgili kavramları edinmede daha fazla zorlanmaktadırlar. Bazı öğrencilerin, normal zekâya ve diğer alanlarda normal akademik başarıya sahip oldukları halde, aritmetik alanında başarılı olamamaları da diskalkulinin özel bir öğrenme zorluğu olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, son araştırmalar, semantik ve çalışma belleği gibi genel bilişsel işlevler yerine temel sayı yetkinlikleri üzerine odaklanmıştır.

Diskalkulinin nedenlerine ilişkin çeşitli hipotezler ileri sürülmüştür. Bu hipotezler diskalkulik öğrencilerinin öğrenmekte çok ciddi zorluk yaşadığı ya da hiç öğrenemediği temel matematiksel bilgilerin doğasından hareket etmektedir. Bir başka ifadeyle, sayı ya yaklaşık veya tam olarak ele alınabilir. Bu nedenle, sayıların zihinsel ya da iç temsilleri tam veya yaklaşık olabilir. Herhangi bir ya da her iki sistemde de bir bozukluk olan öğrenci sayılar hakkında öğrenme güçlüğü yaşayabilir. Öte yandan, harici gösterimlerde sayılar analog veya sembolik olarak temsil edilebilir. Bu temsilleri bir birine dönüştürmekte sorun yaşayan bir öğrenci, çokluk ve sembollere sayısal anlam yüklemede zorluk yaşayabilir.

Genetik, nörobiyolojik ve epidemiyolojik bulgular, diskalkulinin diğer öğrenme zorlukları gibi, beyin temelli bir bozukluk olduğuna dikkat çekmektedir (Shalev, 2004). Butterworth ve Laurillard'a (2010) göre, son çalışmalarla, sayı modülünde, çok temel ve alana özgü çekirdekteki bozukluğun aritmetik öğrenmedeki kapasiteyi ciddi şekilde azaltmakta olduğu açıkça görülmektedir. Sayı modülü ya da sayı sisteminin insan bilişindeki birçok birimden biri olduğu da kabul edilmektedir (Spelke ve Kinzler, 2007).

İnsan Bilişinde Bilginin Temel Sistemleri

İnsan bilişi her türlü bilgiyi işleyebilecek bir dizi küçük ve ayrılabilir birimlerle donatılmıştır (Spelke ve Kinzler, 2007). Bu birimler, nesneler, eylemler, sayılar, uzay ve olası sosyal eş birimleridir. İnsanların bu sistemlere doğuştan sahip olduğu kabul edilmektedir. Bu temel yapıların, farklı bilgi türleri üzerinde ve farklı temsillerle birbirleri arasındaki etkileşimlerinde yeni, esnek beceriler ve inanç sistemleri ile birlikte kullanıldığı düşünülmektedir (Olkun, Altun, Cangöz, Gelbal ve Sucuoğlu, 2012). Örneğin, eylemlerin hem uzamsal hem de sayısal nitelikleri olabilir. Benzer şekilde, nesneler de mekânsal ve sayısal niteliklere sahip olabilir. İnsan bilişindeki temel sistemler bu çalışma kapsamının dışında olduğundan bu konuda daha fazla bilgi için Spelke ve Kinzler'in (2007) çalışmasına bakılabilir. Bir sonraki bölümde, sayıları, sayı kavramlarını ve hesaplamaları oluşturan sistem üzerinde durulacaktır.

İnsan Bilişinde Sayının Temel Sistemleri

Bebekler ve yetişkinler ile yapılan araştırmalara dayanarak, Feigenson, Dehaene ve Spelke (2004a), insan bilişinin sayının temsili için ayrı bir çekirdek sistemine sahip olduğunu önermektedir. Bazı araştırmacılar (Klahr ve Wallace, 1976; Strauss ve Curtis, 1981) sayının iki boyutunun olduğunu, sayma ve tahminin dört ve altındaki sayı miktarlarındaki küçük sayı setlerini hızlı algılamayı ifade eden şipşak sayılamaya bağlı olduğunu iddia etmektedir. Her ne kadar açık bir şekilde ifade edilmese de, bu varsayım ile sayı işlemede yalnızca tek bir sistemin sorumlu olduğu ima edilmektedir. Son araştırmalar da (McCrink ve Wynn, 2004; Xue ve Spelke, 2000) bu sistemin en az iki alt sistemden oluştuğunu ve bunların da muhtemelen kavramsal düzeyde sayının iki farklı yönünü temsil ettiğini göstermektedir. Yaklaşık sayı sistemi (YSS) ve tam sayı sistemi (TSS) olarak ifade edebileceğimiz bu iki farklı sayı sisteminin ilki, genellikle büyük sayıları (>4) yaklaşık değerinde tahmin için, diğeri ise küçük sayıları (≤4) tam değerinde temsillemeyi ifade eden sistemdir (Feigenson, Dehaene ve Spelke, 2004b). Ayrıca, bu iki sistemin birbirinden bağımsız çalıştığı da çalışmalarda gösterilmiştir (Feigenson ve ark., 2004a).

Doğumdan birkaç gün sonra, insanların ve hatta bazı hayvan türlerinin, öğelerin sayısının dörtten az olması durumunda bunları şipsşak sayma adı verilen bir sistemle belirleyebildikleri ve bu eylem için kullanabilecekleri, doğuştan sahip oldukları bir kapasitelerinin olduğu kaydedilmiştir (Antell ve Keating, 1983). Öğelerin sayısı dörtten fazla olduğu durumda YSS adı verilen bir sistem devreye girmektedir. Yeteri kadar zaman verildiği takdirde, daha büyük sayı setlerinde toplama ve diğer sayısal işlemler ve stratejiler işe koşulabilmektedir. Doğası gereği, YSS bağlamsal ve/veya algısal tahmin, TSS ise şipşak sayma, sayma ve hesaplama gibi zihinsel eylemlerde işe koşulmaktadır (Olkun ve ark., 2012). Sayısal görevin yapısı ve görevi yerine getirmek için verilen süre sayısal problemlerin çözümü için hangi sistemin çağrılacağını belirler. Temelde, sayısal büyüklük görsel olarak sunulur ve gerektiği kadar da küçük ise (4 birimden az) TSS'nin aktif olacağı varsayılabilir.

Bazı araştırmacılar, diskalkulinin temel nedeninin YSS'deki temel eksiklikten kaynaklandığını düşünmekte (Mazzocco, Feigenson ve Halberda, 2011); bazıları ise temel eksikliğin şipşak saymadan veya tam sayı sistemindeki eksiklikten kaynaklandığını önermektedirler (Landerl, Bevan ve Butterworth, 2004; Moeller, Neuburger, Kaufmann, Landerl ve Nuerk, 2009). Alanyazında her iki öneriyi de destekleyecek bulgular vardır. Ancak, bu iki alt sistem ve bu iki alt sistemin diskalkuliye olan katkılarının ne düzeyde olduğunu gösteren çalışma sayısı oldukça sınırlıdır.

Lipton ve Spelke (2003) tarafından yürütülen bir dizi araştırma, bebeklerin yalnızca görsel nicelikleri değil aynı zamanda hem görsel hem de işitsel sunum türünde sunulan daha büyük nicelikleri de ayırt edebildiğini göstermektedir. Bu görevlerde doğruluk ise, Weber oranı olarak adlandırılan ve ayırt edilen iki sayı arasındaki orana bağlıdır. Bu iki sayı sistemlerini araştıran çalışmalardan elde edilen bulgular her iki sistemin birbirinden bağımsız olarak işlediğini düşündürmektedir. Örneğin, Lemer, Dehaene, Spelke ve Cohen (2003), YSS'de bozukluğu olan bireylerin çarpmadan ziyade çıkarmada daha çok zorluk yaşadıklarını, tahminde ciddi yavaşlık ve ilişkili şipşak sayma ve sayısal karşılaştırma görevlerinde (hem sembolik hem de nokta dizilerinde) ilişkili bozuklukları olduğunu göstermişlerdir. Diğer taraftan, sözel bozukluklar (sözel ya da TSS'de bozukluklar) çıkarmadan çok çarpma işleminde zorluğa neden olmaktadır ve bu da sembolik olmayan sayma işleminde işlemenin korunduğunu göstermektedir.

TSS kapasitesini ölçmek için kullanılan görevler arasında mümkün olduğu kadar hızlı ve doğru bir şekilde sunulan bir dizi noktanın sayısını belirlemek vardır. Nokta sayısı genellikle 3 ile 9 arasında değişmektedir ve katılımcılardan sayıyı yüksek sesle söylemeleri ya da karşılık gelen sayıyı işaretlemeleri istenir. Bu tür görevlerin yapılmaları çok kolay olduğundan, hemen hemen tüm öğeler doğru cevaplanır. Ancak, her öğeyi cevaplamak için bireylerin kullandığı stratejiye bağlı olarak geçen zaman değişmektedir. Örneğin, 7 tane sunulan noktayı saymak için sunulan bir görevde, şipşak ve aritmetik becerisi yüksek bir öğrenci bunu 3 ve 4 olarak iki sete ayırarak, toplamına ulaşabilir; şipşak becerisi zayıf olan bir diğeri ise bunları tek tek sayma eğilimi gösterecektir. Benzer şekilde, şipşak becerisi iyi ancak aritmetik becerisi zayıf olan bir başka öğrenci de 4'ü şipşak olarak alıp, diğer sayıyı üzerine sayabilir. Sonuç olarak, soruyu cevaplamak için geçen süre bu üç kişi için aynı olmayacaktır. Bu nedenle, bu görevleri yaparken oluşan gecikme süresi matematik öğrenme güçlüğünün iyi bir belirleyicisi olabilir.

Erişim Bozukluğu Hipotezi (EBH)

Bazı araştırmacılar, MÖG ardındaki başlıca nedenin YSS veya TSS'den değil, sembollerden büyüklüğe ya da tam tersi şekilde büyüklükten sembollere erişimden kaynaklandığını iddia etmektedir. Örneğin, Rousselle ve Noel (2007) MÖG'lü çocukların rakamlarla yazılmış sayıları (yani sembolik sayı büyüklüğünü) karşılaştırırken bir zorluk yaşadıklarını, ancak bunun analog çoklukları (yani sembolik olmayan sayı büyüklüğünü) karşılaştırırken görülmediğini göstermiştir. Desoete, Ceulemans, De Weerdt ve Pieters (2012) ise anaokulunda rakamla sayı karşılaştırmaların 2 yıl sonraki prosedürel hesaplamaları tahmin edebildiğini; diğer taraftan, anaokulu düzeyinde sembolik olmayan becerilerin 1 yıl sonraki matematik başarısı ve 2 yıl sonraki sayı gerçekleri kazanımını tahmin ettiğini göstermişlerdir. Ayrıca, araştırmacılar, sembolik olmayan ve sembolik sayı karşılaştırmalarında eksiklikleri olan MÖG'lü anaokulu öğrencilerinin 2. sınıfta sembolik bilgi işlemede eksikliklerinin devam ettiğini de raporlamışlardır.

Alanyazındaki bu karşıt bulgular çocuklardaki matematiksel öğrenme zorluklarının hem sembollerden sayı büyüklüğüne erişimde hem de farklı sunum türlerindeki sayıları işlemede zorluklar yaşadığına işaret etmektedir. En yalın haliyle sembolik ve sembolik olmayan sayı karşılaştırmaları farklı sonuçlar üretmekte ve ileriki yıllardaki farklı aritmetik becerileri ile ilişkilendirilmektedir; bu da, aritmetik öğreniminde her sürecin kendisine özgü bir katkısının olduğu anlamına gelebilir (Desoete, Ceulemans, Roeyers, ve Huylebroeck, 2009). Tüm bu tartışmalar okullarda matematik başarısı ile ilgili farklı sunum türlerinde niceliklerin işlenmesinin nasıl olduğunun araştırılması gerekliliğine işaret etmektedir.

Matematik öğrenme bozukluğunun arkasındaki temel nedeni biri çekirdek bozukluğu diğeri erişim bozukluğu olmak üzere iki farklı hipotez ile açıklayan çalışmalarda nokta sayma, sembolik sayı karşılaştırma (numerik stroop testi), analog çokluk karşılaştırma ve sayıların yaklaşık büyüklüklerini tahmin etme gibi basit sayısal görevler kullanılmaktadır (Butterworth, 1999; Desoete, Ceulemans, De Weerdt, ve Pieters, 2012; Heine et al., 2010). Sayma, çokluk karşılaştırma ve zihinsel sayı doğrusu görevleri çekirdek bozukluk hipotezi ile (Landerl, Bevan ve Butterworth, 2004), sembolik sayı karşılaştırma görevi ise erişim bozukluğu hipotezi ile ilişkilendirilmektedir (Gilmore, McCarthy ve Spelke, 2010). Matematik bozuklukları olan öğrencilerin bu görevlerden bir ya da birden fazlasında zorluk yaşayacakları düşünülmektedir. Bu çalışmada, sayıyı temsil etmek için analog çokluklar, rakamlar ve zihinsel sayı doğruları kullanılmaktadır. Nokta sayma görevleri TSS'nin ölçümü için, zihinsel sayı doğrusunda tahmin görevleri de YSS'nin ölçümü için kullanılmaktadır. Son olarak, sembolik sayı karşılaştırma görevleri de sembollere erişim durumlarını ölçmek için kullanılmaktadır.

Her ne kadar matematik başarısı ile temel sayı yeterlikleri arasındaki ilişkiler alanyazında çalışılmış olsa da, bunlar arasındaki ilişki ve her bir alt sistemin ilköğretim düzeyinde matematik başarısı üzerindeki özgün etkileri üzerinde yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Matematik başarısındaki düşük başarı ve MÖG arasındaki farkın ortaya konulması hem durumun daha iyi tespit edilmesi hem de buna uygun müdahale stratejilerinin geliştirilmesi bakımından önemlidir. Bu çalışmada Butterworth (2010)'a paralel olarak MÖG'ün arkasındaki temel nedenin sayı modulündeki erişim bozukluğunu da içeren çekirdek bozukluk; matematikteki düşük başarının altındaki temel nedenin de kötü ya da uygun olmayan öğretimin işe koşulması hipotezi ileri sürülmektedir. Dolayısıyla, bu çalışmanın amacı, 1. Sınıftan 4. Sınıfa kadar olan süreçte, temel sayısal yeterliklerle sayı öğrenme alanındaki matematik başarısı arasındaki karmaşık ilişkiyi ortaya koymaktır. Çalışmada yanıt aranan araştırma soruları ise aşağıda sunulmuştur.

1. Temel sayı yeterlikleri testleri ilköğretim öğrencilerinin matematik başarılarını açıklamada kullanılabilir mi?
2. Temel sayı yeterlikleri testleri ilköğretim öğrencilerinin matematik başarılarına göre öğrencileri çok düşük, düşük, orta ve yüksek olarak ayırt edebilir mi?

Yöntem

Çalışma Grubu

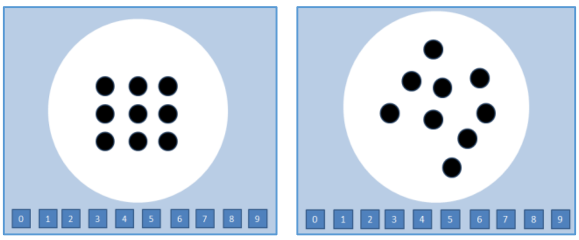
Araştırmanın çalışma grubunu, İç Anadolu'da metropol bir şehirde yer alan 4 farklı sosyo ekonomik düzeydeki 12 okuldan 1- 4. sınıflarda öğrenim gören 481 öğrenci oluşturmaktadır. 12 okul (şehrin dört farklı bölgesinin her birinden seçilen 3 okul), her bir sınıf düzeyinde 4 sınıf ve her bir sınıftan 11 öğrenci, kura tekniğiyle seçkisiz olarak seçilmiştir. Başlangıçta her bir sınıf düzeyinde 132 (toplam öğrenci sayısı 532) öğrenci seçilmiştir. Ancak testi alan bazı öğrencilerin testlerin tümüne katılamaması nedeniyle bu öğrenciler çalışma grubundan çıkarılmıştır. Ardından öğrenme güçlüğü yaşayan, kaynaştırma öğrencisi olduğu belirlenen altı öğrenci daha çalışma grubundan çıkarılmıştır. Nihayetinde 1., 2., 3. ve 4.sınıflardan sırasıyla 125, 126, 121 ve 109 olmak üzere toplam 481 öğrenci üzerinden çalışma yürütülmüştür.

Veri Toplama Araçları

Öğrencilere beş farklı test uygulanmıştır. Bunlardan ilki, Milli Eğitim Programı temel alınarak Fidan (2013) tarafından geliştirilmiş matematik başarı testidir. Her bir sınıf düzeyinde farklı matematik başarı testleri yer almakta ve bu testler sınıflara göre sırasıyla 13, 15, 16 ve 24 madde içermektedir. Bütün sorular açık uçlu kısa cevaplı sorulardan oluşmaktadır. Testlerin geçerliliği için kapsam, yapı ve ölçüt dayanaklı geçerlilikler çeşitli yöntemlerle incelenmiştir. Testlerin güvenilirlikleri KR20 yöntemiyle incelenmiş olup, güvenilirlik katsayıları yine her bir sınıfa göre sırasıyla 0.80, 0.92, 0.93 ve 0.96 olarak kestirilmiştir. Matematik başarı testi süresiz bir test olmasına rağmen bu testler, bir ders saati kapsamında (yaklaşık 40 dakika) uygulanmıştır.

Diğer 4 test ise çalışmada kullanılmak üzere geliştirilen nöropsikolojik görevler içermektedir. Tablet PC üzerinden her birey için ayrı ayrı uygulanmıştır. Tablet PC üzerinde hem doğruluk hem de geçen süre kaydedilmiştir. Bu testler, iki nokta sayma görevi (kanonik nokta sayma ve dağınık nokta sayma), sayıların göreli büyüklüklerini tahmin etme ve sembolik sayı karşılaştırma görevlerini içermektedir. Nokta sayma görevleri TSS ile ilgili iken zihinsel sayı doğrusu görevleri YSS ile ilgilidir. Hem YSS hem de TSS çekirdek bozukluk hipotezine yönelik olup, sembolik sayı karşılaştırma görevleri ise erişim bozukluğu hipotezine yöneliktir.

İlk testte kanonik nokta sayma görevleri bulunmaktadır (KNS). Bu görevde sayıları 3 ile 9 arasında değişen noktalar domino ya da oyun zarı örüntüsünde organize edilmiştir. Öğrencilerden soldan sağa doğru dizilmiş 0-9 arası sayılara dokunarak, çokluğa karşılık gelen sayıyı işaretlemeleri istenmiştir. Bu görevde 14 soru bulunmaktadır. İkinci görev dağınık nokta sayma (DNS) görevi olup, bir öncekine benzemekle birlikte, noktalar bir örüntü oluşturmayacak şekilde rasgele dağınık halde sunulmuştur. Sunum sırasında da belli bir düzen olmamasına özen gösterilmiştir. Burada iki farklı görev kullanılmasındaki amaç öğrencilerin sayı sayarken ne tür strateji kullandıklarını görebilmektir. Zira, yavaş öğrenenler ya da yavaş sayanlar burada hızlı sayanlardan ayırt edilebilecektir. Bu testlerden örnek ekran görüntüleri KNS (solda) ve DNS (sağda) olmak üzere Şekil 1 de sunulmuştur.



Şekil 1. KNS ve DNS Görev Örnekleri

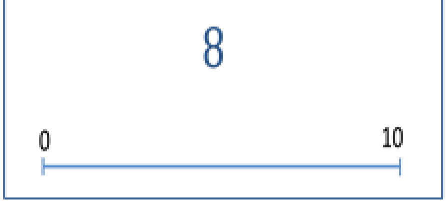
Bu görevlerde öğrencilerden hızlı ve doğru bir şekilde kendilerine sunulan ekranlardaki sayıları tablet üzerinden işaretlemeleri istenmiştir. Clements'e (1999) göre çocuklar, birinci sınıfta domino dizilimini öğrenmeye başlar ve algısal şipşaktan kavramsal şipşak sayılamaya doğru, bir başka ifade ile, nokta saymadaki birimleri oluşturmaya doğru gelişim gösterirler. Buradan hareketle, bu çalışmada, şayet bir matematiksel öğrenme güçlüğü varsa, bu kavramsal şipşak sayılamanın da gecikmiş bir tepki süresi üreteceği hipotez olarak sunulmuştur.

Üçüncü test, sayı Stroop paradigmasına göre tasarlanmış sembolik sayı karşılaştırma (SSK), görevlerinden oluşmaktadır. Öğrencilere 3 ile 9 arasında değişen sayılar rasgele biçimde tablet ekranında sunulmuştur. Öğrencilerden tablet üzerinde çok olan (sayısal olarak büyük olan) sayıya dokunmaları istenmiştir. Burada fiziksel bir karşılaştırma görevi eklenmemiştir. Yalnızca aralarında 1 ve 2 birim uzaklık olan sayısal karşılaştırma görevleri sorulmuştur. Görevlerde sunulan sayılar uyumlu (5-7) yani sayısal olarak büyük olan sayı fiziksel olarak da büyük sunulmuştur, fiziksel sayısal büyüklük uyumsuz (5-7) ve nötr (5-7) olmak üzere 3 farklı şekilde sunulmuştur. Testte toplamda uyumlu 8, uyumsuz 8 ve nötr 8 olmak üzere toplam 24 madde yer almıştır. Doğru cevaplar her iki tarafa da eşit miktarda dağıtılmıştır. Özellikle matematik bozukluğu olan öğrenciler sayıların büyüklüğünü (çokluğunu) belirlemede sayıların sunulan fiziksel büyüklüğünden etkilenmektedir (Girelli, Lucangeli ve Butterworth, 2000; Rubinsten ve Henik, 2006). Bu görevde sunulan görevlerde öğrencilerden kendilerine sunulan sembollerle çokluğu eşleştirmeleri istendiğinden, bu sonuçların erişim bozukluğu hipotezini destekleyeceği düşünülmüştür (Attridge, Gilmore, ve Inglis, 2009). SSK ile ilgili örnek ekran görüntüsü Şekil 2 de sunulmuştur.

Şekil 2. SSK Görevinden Ekran Görüntüsü

Şekil 2 de sunulan görevde 5 rakamı 3 rakamına göre göreli daha küçük bir fontla yazılmıştır (uyumsuz görev). Öğrencilerden fiziksel büyüklükten etkilenmeden (3 yerine) çok olan sayıya (5'e) parmakları ile dokunmaları beklenmektedir.

Dördüncü test, zihinsel sayı doğrusunda (ZSD) bir dizi sayı yerleştirme görevlerinden oluşturulmuştur. Tipik bir sayı doğrusunda yatay ve dikey çizgiler üzerinde sol tarafta sıfır sağ tarafta da 10 (ZSD-1), 20 (ZSD-2), 100 (ZSD-3), veya 1000 (ZSD-4) sayıları yer almaktadır. Öğrencilerden, kendilerine her seferde sunulan tek bir sayıyı sayı doğrusu üzerinde parmakları ile hareket ettirerek büyüklüğüne uygun yerde bırakmaları-yerleştirmeleri istenmiştir. Ekrana dokundukları zaman, ekran üzerinde dikey bir çubuk belirmekte ve öğrenciler parmakları ile bu çizgiyi sayı doğrultusu üzerinde hareket ettirebilmektedir. Bu görevde süre tutulmamıştır. Tahmin edilen sayıya olan mesafe ve tahmin edilen sayı kaydedilmiştir.



Şekil 3. 0-10 Arasında Zihinsel Sayı Doğrusu Görevi Örnek Ekran Görüntüsü (ZSD-1)

Şekil 3'te sunulan görevde öğrencilerden kendilerine verilen 8 rakamını 0-10 sayı doğrusu üzerinde yerleştirmeleri istenmiştir.

Verilerin Analizi

Analizlerde öncelikle matematik başarı testinden (MBT) alınan ham puanlar belirlenmiştir. Her bir sınıf düzeyinde öğrenciler, matematik başarı testlerinden aldıkları puana göre 4 gruba ayrılmıştır. Alanyazında, diskalkuli yaygınlık yüzdesinin (Barbaresi, Katusic, Colligan, Weaver, ve Jacobsen, 2005) kullanılan formüle göre %5,9 ile %13,8 arasında değiştiği belirtilmektedir. Bu formüller, IQ puanları ile başarı testlerinden elde edilen standart puanlara dayanmakta olup, regresyon ve her bir sınıf düzeyine göre değişen eşitsizlikleri içermektedir. Bu çalışmada IQ ölçümü yapılmamış ancak matematik başarı testine göre en alt gruptaki öğrencilerin %10'u MÖG risk grubu, %11-25'lik dilimde yer alan öğrenciler düşük başarılı; %26-95 dilimindeki öğrenciler tipik başarılı ve %95'ten daha yukarıda bulunan öğrenciler ise yüksek başarılı olarak gruplandırılmıştır. Bu gruplar oluşturulurken, kesme puanı ve bu puanın aşağısında puan alan bütün bireyler o gruba dâhil edilmiştir. Örneğin, grubun %10'u 3 puan ve aşağısında alan 48 kişiyi kapsıyorsa, ancak 49-60 arasındaki bireyler de 3 puan almışsa bu durumda kesme puanı 60. kişiden itibaren alınmıştır.

Son olarak, matematik başarı testlerinin öğrencilerin genel matematik performanslarını yansıttığını ve öğrencilerin öğrenme güçlüğü yaşamadığını teyit etmek amacıyla öğretmenlerin öğrenciler hakkındaki görüşlerine başvurulmuştur. MÖG risk gruplarını belirlemedeki esneklik bu çalışmanın sınırlılıklarından biridir. Bu nedenle en alt grup için MÖG değil MÖG riskli ifadesi kullanılmıştır.

Tablo 1. MBT'ine Göre Oluşturulmuş Grup Büyüklükleri ve Gruplardaki Öğrenci Yüzdeleri

	1. sınıf		**2. sınıf**		**3. sınıf**		**4. sınıf**		**Toplam**
Gruplar	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	
MÖG riskli	20	16.0	13	10.3	15	12.4	11	10.1	59
Düşük başarılı	17	13.6	34	27.0	18	14.9	30	27.5	99
Normal Başarılı	84	67.2	64	50.8	77	63.6	65	59.6	290
Yüksek Başarılı	4	3.2	15	11.9	11	9.1	3	2.8	33
Toplam	125	100.0	126	100.0	121	100.0	109	100.0	481

MBT: Matematik Başarı Testi; MÖG: Matematik Öğrenme Güçlüğü

KNS, DNS ve SSK testleri için ters etkililik puanları (Inverse Efficiency Scores, IES) (Bruyer ve Brysbaert, 2011) hesaplanmıştır. Bruyer ve Brysbaert (2011), cevaplama süreleri ile doğru yanıtlama oranları arasında yüksek bir korelasyon varsa, ayrıca doğru yanıtlama oranı yüksekse IES puanlarının daha iyi bir bağımlı değişken olacağını belirtmiştir. IES puanları, test maddelerini yanıtlama sürelerinin doğru yanıt oranına bölünmesi ile elde edilmiştir. Bunun yanı sıra ZSD testi için mutlak hata puanları (absolute error scores, AES) hesaplanmıştır. Tüm bu puanların matematik başarı puanı ile zıt yönde korelasyon vermesi beklenmektedir.

ZSD testlerine ait AES puanları ve KNS, DNS, SSK testlerine ait IES puanları ile matematik başarı testi (MBT) arasındaki ilişkiler korelasyon analizi yapılarak incelenmiştir. Analizlere başlamadan önce, verilerin yapılacak analizlerin sayıltılarını karşılayıp karşılamadığı incelenmiştir. Regresyon için, değişkenlerin çoklu bağlantı göstermediği, eşvaryanslılık sayıltılarını sağladığı görülmüştür. Öğrencilerin puanlarından biri aynı testte bulunan diğer puanlarından çok farklı bir değer almış ise bu yanıt, veri grubundan silinerek uç değerler temizlenmiştir. Bazı test puanlarının normal dağılmadığı görülmekle birlikte N sayısının yeterli olması dolayısıyla merkezi limit teoremine göre o değişkenlerin normal dağıldığı varsayılmıştır. Ortalamaların karşılaştırıldığı ANOVA ve t testlerinde bazı gruplardaki birey sayısının yetersiz olması dolayısıyla parametrik olmayan testler uygulanmıştır.

Güvenilirlik ve Geçerlilik

Cronbach Alpha yöntemiyle elde edilen testlere ait güvenirlik katsayıları Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre, ZSD2 testi hariç tüm testler için güvenirlik katsayıları 0.70'den yüksek olup, bu katsayıların psikolojik testler için yeterli düzeyde olduğu söylenebilir. Testlerde yer alan maddelerin, matematiksel temel becerileri ölçmeyi hedefleyen nöropsikolojik çalışmalarda sıklıkla kullanılıyor olması nedeniyle geçerli olduğu söylenebilir (Desoete ve diğ., 2009; Landerl ve diğ., 2004; Siegler ve Booth, 2004). Ayrıca, matematik başarı testleri ile bu testler arasında yüksek korelasyonlar, testlerin geçerli olduğuna dair kanıt olarak yorumlanabilir.

Tablo 2. Güvenilirlik Katsayıları

	Madde Sayısı	**Cronbach Alpha**
KNS	14	0.92
ZSD1	11	0.75
ZSD2	11	0.66
ZSD3	11	0.72
ZSD4	11	0.96
DNS	14	0.90
SSK	24	0.93

KNS: Kanonik Nokta Sayma, ZSD: Zihinsel Sayı Doğrusu,
DNS: Dağınık Nokta Sayma, SSK: Sembolik Sayı Karşılaştırma.

Bulgular

Temel Sayı İşleme testleri arasındaki korelasyonlar

İlk olarak kullanılan testler arasındaki korelasyonlar incelenmiştir. Her bir sınıf düzeyindeki matematik testlerinin yanı sıra 4 farklı temel sayı işleme becerisi testi kullanılmıştır. Bu testler arasındaki korelasyonlar Tablo 3'te verilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere, korelasyon değerlerinin tamamı p<0,001 düzeyinde anlamlıdır. Matematik başarı testi ile temel sayı işleme testleri arasında beklendiği gibi negatif yönde bir ilişki varken, bu dört test kendi içinde pozitif yönde ilişkilidir.

Tablo 3. Testler Arası Korelasyonlar

	Sınıf	N	KNS-IES	DNS-IES	SSK-IES	ZSD-AES
MBT	1	125	$-.356^{***}$	$-.331^{***}$	$-.449^{***}$	$-.547^{***}$
	2	126	$-.560^{***}$	$-.431^{***}$	$-.393^{***}$	$-.297^{***}$
	3	121	$-.532^{***}$	$-.429^{***}$	$-.404^{***}$	$-.457^{***}$
	4	109	$-.552^{***}$	$-.418^{***}$	$-.271^{**}$	$-.567^{***}$
KNS-IES	1	125		$.849^{***}$	$.243^{**}$	$.306^{***}$
	2	126		$.594^{***}$	$.329^{***}$	$.457^{***}$
	3	121		$.638^{***}$	$.441^{***}$	$.458^{***}$
	4	109		$.579^{***}$	$.418^{***}$	$.519^{***}$
DNS-IES	1	125			$.423^{***}$	$.350^{***}$
	2	126			$.675^{***}$	$.289^{***}$
	3	121			$.710^{***}$	$.447^{***}$
	4	109			$.546^{***}$	$.313^{***}$
SSK-IES	1	125				$.567^{***}$
	2	126				.159
	3	121				$.375^{***}$
	4	109				$.357^{***}$

MBT: Matematik başarı testi, KNS-IES: Kanonik Nokta Sayma IES puanı, DNS-IES: Dağınık Nokta Sayma IES puanı, SSK-IES: Sembolik Sayı Karşılaştırma IES puanı, ZSD-AES: Zihinsel Sayı Doğrusu Mutlak hata puanı

Regresyon analizleri

Bu 4 testin matematik başarı testi puanlarına ait varyansı açıklama gücünü belirlemek üzere regresyon analizi yapılmıştır. Bu değişkenlik kaynaklarının gücünü sınıflara göre belirlemek amacıyla, regresyon analizi her bir sınıf düzeyinde yapılmıştır.

Tablo 4, birinci sınıflara ait regresyon sonuçlarını göstermektedir. Görüldüğü üzere, KNS, DNS, SSK ve ZSD testleri birlikte matematik başarı puanlarındaki değişkenliğin %27'sini açıklamaktadır (R=0.609, R2=0.37, $F_{(4,120)}$=17.724 p<.000). Standardize edilmiş regresyon katsayılarına (Beta) göre yordayıcı değişkenlerin matematik başarısı üzerindeki önem sırası ZSD, KNS, SSK ve DNS'dir. Ancak bu testlerden yalnızca KNS, SSK ve ZSD testlerinin matematik başarısını açıklamada önemli birer değişken olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Birinci Sınıflar Matematik Başarısını Yordamak için Regresyon Analizleri

Değişken	B	SH	Beta	t	p	Kısmi r
Intercept	10.550	.720		14.655	.000	
KNS IES	-2.30E-005	.000	-.357	-2.497	.014	-.222
DNS IES	1.24E-005	.000	.204	1.349	.180	.122
SSK IES	-3.40E-005	.000	-.236	-2.465	.015	-.220
ZSD-AES	-.008	.002	-.375	-4.170	.000	-.356

R=0.609 R^2=0.371 $F_{(4,120)}$=17.724 p=0.000

Tablo 5'te ikinci sınıflar için regresyon sonuçları yer almaktadır. Buna göre KNS, DNS, SSK ve ZSD testleri birlikte matematik başarısındaki değişkenliğin %37'sini açıklamaktadır (R=0.605, R2=0.366, $F_{(4,121)}$=17.431 p<.000). Standardize edilmiş regresyon katsayılarına (Beta) göre yordayıcı değişkenlerin matematik başarısı üzerindeki önem sırası, KNS, SSK, DNS ve ZSD testleridir. Bu testlerden yalnızca KNS ve SSK testlerinin ikinci sınıfların matematik başarısını açıklamada önemli birer değişken olduğu görülmektedir.

Tablo 5. İkinci Sınıflar Matematik Başarısını Yordamak için Regresyon Analizleri

Değişken	B	SH	Beta	t	p	Kısmi r
Intercept	18.702	1.496		12.498	.000	
KNS IES	.000	.000	-.477	-4.894	.000	-.407
DNS IES	8.29E-006	.000	.040	.341	.733	.031
SSK IES	-6.60E-005	.000	-.255	-2.580	.011	-.228
ZSD-AES	-.002	.003	-.049	-.607	.545	-.055

R=0.605 R^2=0.366 $F_{(4,121)}$=17.431 p=0.000

Üçüncü sınıflara ait regresyon sonuçlarının yer aldığı Tablo 6 incelendiğinde KNS, DNS, SSK ve ZSD testlerinin birlikte matematik başarısındaki değişkenliğin %36'sını açıkladığı görülmektedir (R=0.601, R2=0.36, $F_{(4,121)}$=16.386 p<.000). Standardize edilmiş regresyon katsayılarına (Beta) göre yordayıcı değişkenlerin matematik başarısı üzerindeki önem sırası, KNS, ZSD, SSK ve DNS testleridir. Buna rağmen yalnızca KNS ve ZSD testlerinin matematik başarısını açıklamada önemli birer değişken olduğu görülmektedir.

Tablo 6. Üçüncü Sınıflar Matematik Başarısını Yordamak için Regresyon Analizleri

Değişken	B	SH	Beta	t	p	Kısmi r
Intercept	18.889	1.872		10.090	.000	
KNS IES	-8.07E-005	.000	-.370	-3.716	.000	-.326
DNS IES	1.19E-005	.000	.043	.346	.730	.032
SSK IES	.000	.000	-.182	-1.715	.089	-.157
ZSD-AES	-.001	.000	-.238	-2.767	.007	-.249

R=0.601 R^2=0.361 $F_{(4.121)}$=16.386 p=0.00

Dördüncü sınıflara ait regresyon analizi sonuçları Tablo 7'de sunulmuştur. Buna göre KNS. DNS. SSK ve ZSD testleri birlikte matematik başarısındaki değişkenliğin %43'ünü açıklamaktadır (R=0.656. R2=0.43. $F_{(4,121)}$=19.602 p<.000). Standardize edilmiş regresyon katsayılarına (Beta) göre yordayıcı değişkenlerin matematik başarısı üzerindeki önem sırası. ZSD. KNS. DNS ve SSK testleridir. Ancak yalnızca KNS ve ZSD testlerinin matematik başarısını açıklamada önemli birer değişken olduğu görülmektedir.

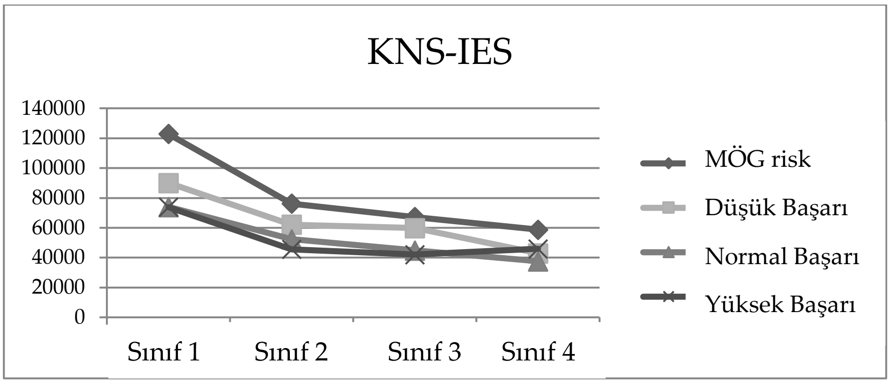
Tablo 7. Dördüncü Sınıflar Matematik Başarısını Yordamak için Regresyon Analizleri

Değişken	B	SH	Beta	t	p	Kısmi r
Intercept	26.875	2.327		11.547	.000	
KNS IES	.000	.000	-.277	-2.743	.007	-.260
DNS IES	-6.11E-005	.000	-.180	-1.803	.074	-.174
SSK IES	8.08E-005	.000	.085	.929	.355	.091
ZSD-AES	-.003	.001	-.396	-4.494	.000	-.403

R=0.656 R^2=0.430 $F_{(4,.121)}$=19.602 p=0.00

Grup Farklılıkları

Öğrencilerin 4 testten elde ettikleri puanların, matematik başarısına dayanarak oluşturulan MÖG risk, DB, NB ve YB gruplarını ayırmada etkili olup olmadığı incelenmiştir. Grup karşılaştırmaları için bazı gruplardaki birey sayılarını az olması nedeniyle parametrik olmayan testlerden biri olan Kruskal Wallis testinden yararlanılmıştır. Hem istatistiksel hem de görsel karşılaştırmalar aşağıda verilmiştir. Her bir sınıf düzeyine göre bütün test ortalamaları grafiklerde gösterilmiştir.

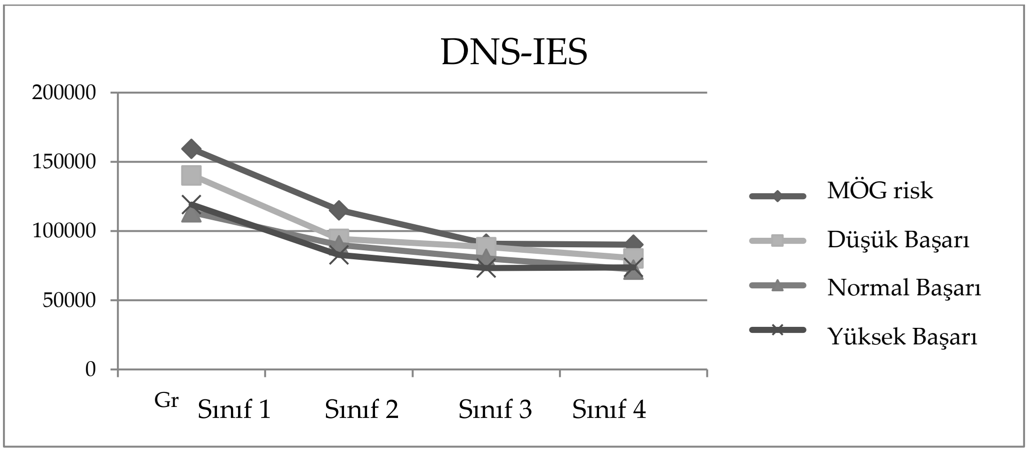


Şekil 4. Birinci Sınıftan 4. Sınıfa Elde Edilen KNS-IES Puanları

Şekil 4'te görüldüğü üzere MÖG risk grubuna ait KNS-IES puanları tüm grupların üzerindedir. MÖG risk grubunu DB, NB ve YB takip etmektedir. Tablo 8'de yer alan istatistiksel sonuçlara göre 1-4. sınıf öğrencilerinin KNS-IES puanları, gruplara göre farklılık göstermektedir. Buna göre KNS-IES puanlarının, MÖG risk grubunu özellikle NB ve daha üst başarı gruplarından ayırmada etkili olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra bu testin NB grubunu, bu gruptan daha yüksek başarı gruplarından ayırmada daha etkili olduğu gözlenmiştir.

Tablo 8. KNS-IES Puanlarına Göre Gruplar Arası Karşılaştırmalar

Sınıf	Gruplar	N	Ortalama	SD	χ^2	p	Farklı gruplar
1	MÖG risk	20	86.05	3	16.196	0.001	MÖG-NB DB - NB
	DB	17	78.47				
	NB	84	55.35				
	YB	4	42.75				
2	MÖG risk	13	107.92	3	38.910	0.000	MÖG- DB. NB. YB DB – NB. YB
	DB	34	78.53				
	NB	64	52.97				
	YB	15	35.87				
3	MÖG risk	15	86.87	3	29.708	0.000	MÖG- NB. YB DB – NB. YB
	DB	18	90.56				
	NB	77	51.92				
	YB	11	40.91				
4	MÖG risk	11	87.82	3	20.304	0.000	MÖG- DB. NB DB - NB
	DB	30	62.68				
	NB	65	45.28				
	YB	3	68.33				

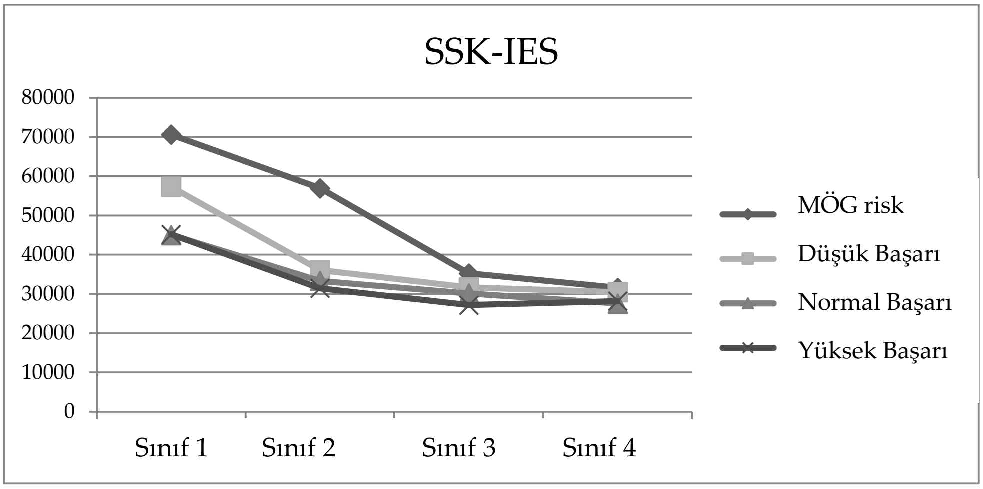


Şekil 5. Birinci Sınıftan 4. Sınıfa Elde Edilen DNS-IES Puanları

Şekil 5'te görüldüğü üzere MÖG risk grubuna ait DNS-IES puanları tüm sınıflarda diğer gruplardan daha fazladır. KNS-IES puanlarına benzer olarak DNS-IES puanlarının MÖG risk grubunu özellikle NB ve daha üzeri gruplardan ayırmada etkili olduğu görülmektedir. Yine tüm sınıflarda bu testin DB grubunu, daha yukarı başarı gruplarından ayırmada daha etkili olduğu gözlenmiştir. Ayrıca ikinci sınıflarda DNS testinin MÖG risk grubunu DB grubundan ayırmada etkili olduğu görülmektedir (Tablo 9).

Tablo 9. DNS-IES Puanlarına Göre Gruplar Arası Karşılaştırmalar

Sınıf	Gruplar	N	Ortalama	SD	χ^2	p	Farklı gruplar
1	MÖG risk	20	80.97	3	11.397	0.010	MÖG- NB
	DB	17	78.24				DB - NB
	NB	84	56.30				
	YB	4	49.00				
2	MÖG risk	13	97.15	3	19.770	0.000	MÖG- DB. NB. YB
	DB	34	70.91				DB – YB
	NB	64	58.11				
	YB	15	40.53				
3	MÖG risk	15	80.40	3	14.603	0.002	MÖG- NB. YB
	DB	18	77.83				DB – NB. YB
	NB	77	56.53				
	YB	11	38.27				
4	MÖG risk	11	75.82	3	11.422	0.010	MÖG- NB
	DB	30	64.43				DB - NB
	NB	65	47.18				
	YB	3	53.67				

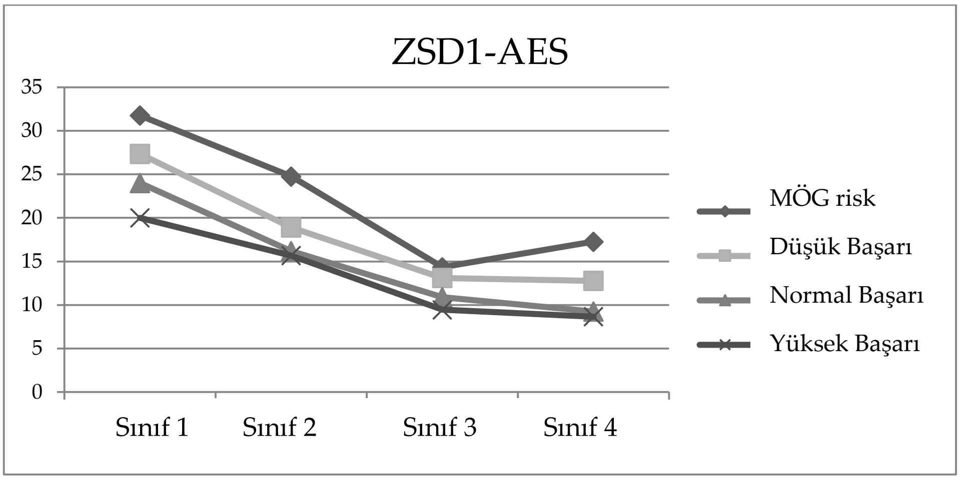


Şekil 6. Birinci Sınıftan 4. Sınıfa Elde Edilen SSK-IES Puanları

Şekil 6'da görüldüğü üzere MÖG risk grubuna ait SSK-IES puanları tüm sınıflarda diğer gruplardan daha fazladır. Yine DB grubunun, NB ve YB gruplarından daha fazla SSK-IES puanlarına sahip olduğu görülmektedir. MÖG risk ve daha yukarısındaki gruplar arasındaki farklılık en fazla 2. ve 1.sınıflarda bulunmaktadır. İstatistiksel sonuçlara göre SSK-IES puanları, MÖG grubunu NB ve daha yukarısındaki gruplardan ayırmada etkilidir. Ayrıca yalnızca 2. sınıflarda bu testin MÖG grubunu DB grubundan ayırmada etkili olduğu belirlenmiştir. Yine bu teste ait puanların DB grubunu, daha yukarı gruplardan ayırmada etkili olduğu görülmektedir.

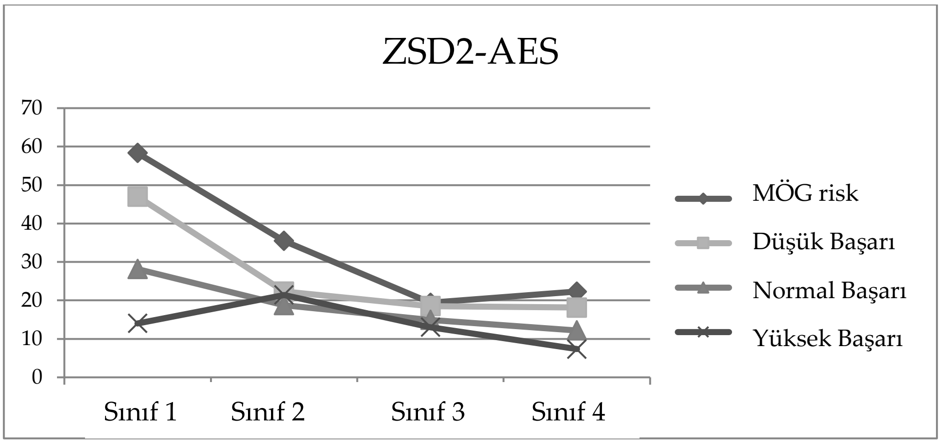
Tablo 10. SSK-IES Puanlarına Göre Gruplar Arası Karşılaştırmalar

Sınıf	Gruplar	N	Ortalama	SD	χ^2	p	Farklı gruplar
1	MÖG risk	20	93.25	3	24.501	0.000	MÖG-NB
	DB	17	79.82				DB -NB
	NB	84	52.76				
	YB	4	55.25				
2	MÖG risk	13	100.85	3	22.055	0.000	MÖG-DB. NB. YB
	DB	34	72.12				DB-NB. YB
	NB	64	55.44				
	YB	15	46.00				
3	MÖG risk	15	88.60	3	17.341	0.001	MÖG-NB. YB
	DB	18	70.39				DB-YB
	NB	77	57.06				
	YB	11	35.55				
4	MÖG risk	11	72.45	3	9.024	0.029	MÖG-NB
	DB	30	63.87				DB-NB
	NB	65	47.88				
	YB	3	56.67				



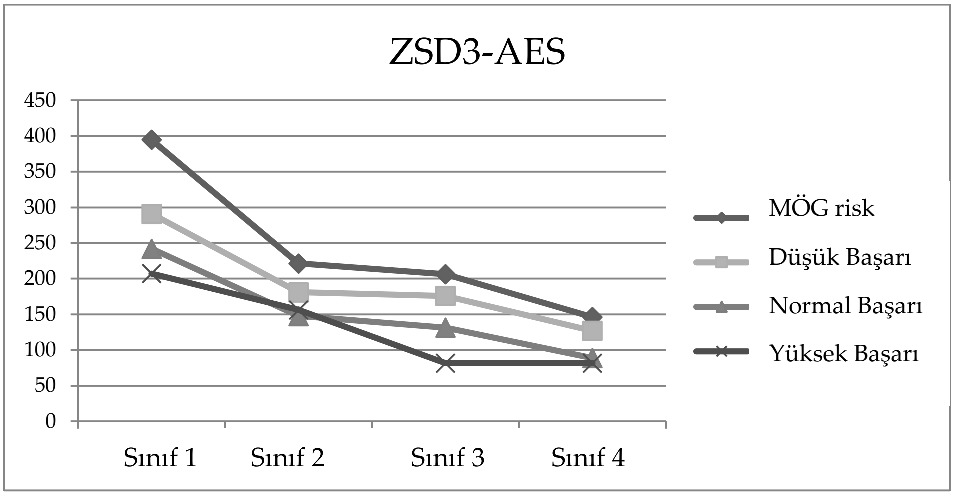
Şekil 7. 1-4. Sınıfların ZSD1-AE (0-10 Sayı Doğrusu) Puanları

Şekil 7, ZSD1 testinden (0-10 sayı doğrusu) elde edilen mutlak hata puanlarına (AES) ait grafikleri göstermektedir. Buna göre tüm sınıflarda MÖG gruplarına ait mutlak hata puanlarının diğer yukarı gruplardan daha yüksek olduğu görülmektedir. Birinci sınıflar için ZSD1 testinden alınan puanlara göre gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır (χ^2_3 =7.757. p=0.051). Ancak yine de anlamlı farkın olmamasının sınır düzeyde yani anlamlılık sınırında olduğu söylenebilir. İkinci sınıflar için MÖG ile diğer gruplar arasında fark olup (χ^2_3 =11.708. p=.008) diğer üçüncü ve dördüncü sınıflar için herhangi bir fark elde edilememiştir.



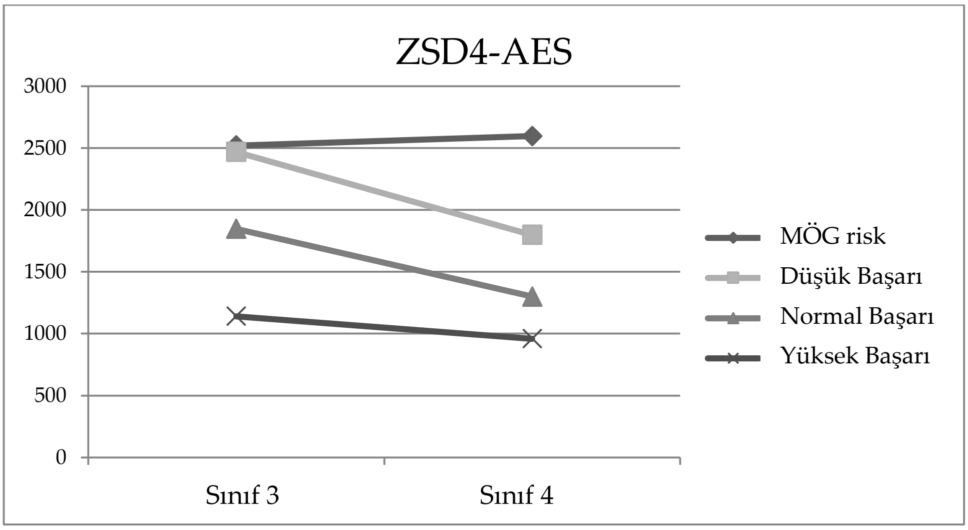
Şekil 8. 1-4. Sınıfların ZSD2-AE (0-20 Sayı Doğrusu) Puanları

Şekil 8'de, ZSD2 testinden (0-20 sayı doğrusu) elde edilen mutlak hata puanlarına (AES) ait grafikler yer almaktadır. Buna göre birinci sınıflarda, ZSD2 testinin, MÖG grubunu NB ve YB'dan; DB grubunu ise NB ve YB'dan ayırmada etkili olduğu (χ^2_3 =27.067. p=.000) görülmektedir. İkinci sınıflarda herhangi anlamlı bir fark elde edilememiştir. Ayrıca bu testin üçüncü sınıflarda DB grubunu YB'dan (χ^2_3 =8.497. p=.037) ve dördüncü sınıflarda MÖG grubunu NB'dan; DB grubunu NB'dan ve son olarak NB grubunu YB'dan ayırmada etkili olduğu (χ^2_3 =16.479. p<0.001) görülmektedir.



Şekil 9. 1-4. Sınıfların ZSD3-AE (0-100 Sayı Doğrusu) Puanları

Şekil 9'da, ZSD3 testinden (0-100 sayı doğrusu) elde edilen mutlak hata puanlarına (AES) ait grafikler yer almaktadır. Grafikte görüldüğü üzere grup farklılıkları neredeyse tüm sınıflarda tutarlıdır. Gruplar arasındaki farklara dair istatistiksel sonuçlar incelendiğinde, birinci sınıflarda MÖG ile diğer yukarıdaki 3 grup arasında anlamlı bir fark vardır (χ_3^2 =28.905. p=.000). İkinci sınıflarda ZSD3-AES puanları, MÖG grubunu NB ve YB'dan, DB grubunu NB'dan anlamlı bir şekilde ayırmaktadır (χ_3^2 =14.621. p=.002). Yine üçüncü sınıflarda bu puanların MÖG grubunu NB ve YB'dan; DB grubunu NB ve YB'dan ve NB grubunu YB'dan anlamlı bir şekilde ayırdığı ($\boldsymbol{\chi}_3^2$ =23.815. p=.000) görülmektedir. Ayrıca dördüncü sınıflar için MÖG ile NB ve DB ile NB arasında anlamlı bir fark elde edilmiştir ($\boldsymbol{\chi}_3^2$ =16.008 p<0.001).



Şekil 10. 1-4. Sınıfların ZSD4-AE (0-1000 Sayı Doğrusu) Puanları

ZSD4 testi (0-1000 sayı doğrusu) yalnızca üçüncü ve dördüncü sınıflara uygulanmıştır. Şekil 10'da ZSD4-AES puanlarına ait grafikler yer almaktadır. Grafikte görüldüğü üzere üçüncü ve dördüncü sınıflardaki grup farklılıkları oldukça tutarlıdır. Gruplar arasındaki farklara dair istatistiksel sonuçlara göre, bu puanların üçüncü sınıflarda MÖG grubunu NB ve YB'dan, DB grubunu NB ve YB'dan ve son olarak NB grubunu YB'dan anlamlı bir şekilde ayırdığı gözlenmiştir ($\boldsymbol{\chi}_3^2$ =22.585. p<0.000). Dördüncü sınıflarda ZSD4-AES puanlarına göre MÖG grubunun diğer gruplardan, DB grubunun NB grubundan keskin bir biçimde ayrıldığı belirlenmiştir ($\boldsymbol{\chi}_3^2$ =26.749. p<0.000).

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, ilköğretim öğrencilerinin temel sayı işleme yeterlikleri ve matematik başarıları arasındaki karmaşık ilişkileri irdelemek üzere tasarlanmıştır. Uygulanan test ve görevlerin matematik başarısını ölçmede güvenilirlik ve geçerlilik kanıtları sunulmuştur. Buna göre, birinci sınıftan dördüncü sınıfa kadar bazı küçük farklılıklar olup, benzer sonuçlar regresyon analizlerinde de gözlemlenmiştir. Birinci sınıfta, KNS, SSK ve ZSD görevlerinin matematik başarısını yordamada güçlü olduğu, bunlardan da KNS'nın en güçlü yordayıcı olduğu görülmüştür. İkinci sınıfta, KNS ve SSK görevlerinin matematik başarısını yordamada güçlü olduğu, bunlardan da KNS'nin yine en güçlü yordayıcı olduğu görülmüştür. Üçüncü sınıfta, yalnızca KNS ve ZSD görevlerinin matematik başarısını yordamada güçlü olduğu, bunlardan da yine KNS'nin en güçlü yordayıcı değere sahip olduğu görülmüştür. Dördüncü sınıfta, KNS ve ZSD görevlerinin matematik başarısını yordamada güçlü olduğu, bunlardan da ZSD'nun en güçlü yordayıcı olduğu görülmüştür.

Çalışmada gözlemlenen bir diğer bulgu da, tüm sınıf düzeylerinde, matematik öğrenme güçlüğü (MÖG) olan öğrencilerin kanonik nokta sayma (KNS) görevlerinde daha uzun zaman harcadıkları bulgusudur. Bu bulgu, MÖG olan öğrencilerin sayı modüllerinde çekirdek bozukluklarının olabileceği (Butterworth ve Laurillard, 2010; Landerl et al., 2004) ve şipşak sayılama mekanizmalarında da yetersizliklerin olduğuna işaret edebilir (Landerl et al., 2004). Üçüncü ve dördüncü sınıf öğrencilerinin zihinsel sayı doğrusu üzerindeki tahminlerindeki toplam mutlak hataları ile matematik başarı puanları arasındaki negatif korelasyon da öğrencilerin YSS'lerinde de bir sorun olduğuna işaret etmektedir (Sasanguie, De Smedt, Defever ve Reynvoet, 2011). Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, çalışma bulgularının Çekirdek Yetersizliği Hipotezini desteklediği söylenebilir.

Matematik öğrenme güçlüğü (MÖG) risk grubunda olan birinci ve ikinci sınıf öğrencileri sembolik sayı karşılaştırma (SSK) görevlerinde de düşük yeterlikler sergilemişlerdir. Bu bulgu, aynı zamanda matematik bozukluğu riski taşıyan öğrencilerin sembollerden büyüklüğe erişimde veya tam tersi işlemlerde zorluk yaşayabileceğini göstermektedir, ki bu da bizi erişim eksikliği hipotezine götürmektedir (Gilmore et al., 2010).

Sonuçlardan görüldüğü üzere, KNS birinci sınıftan dördüncü sınıfa kadar tüm düzeylerde matematik başarısının önemli bir yordayıcısı olmaktadır. SSK ise birinci ve ikinci sınıflarda en önemli ikinci yordayıcı olarak görlürken, ZSD ise dördüncü sınıflar için güçlü bir yordayıcı olmuştur. Tüm bu bulgulardan hareketle, KNS, SSK, ZSD ve DNS görevlerinin matematikte bireysel farklılıkları belirlemede önemli bir izleme aracı olarak kullanılabilecek potansiyelinin olduğunu göstermektedir. Bu hipotezi test etmek üzere, grup karşılaştırma analizleri yapılmıştır. Bu analizler KNS'nın tutarlı bir biçimde MÖG risk grubunu diğer gruplardan ayırt ettiğini, özellikle de NB ve üst gruplardan ayırt edebildiğini göstermiştir. İkinci ve dördüncü sınıfta, MÖG risk grubunu DB gruplarından ayırt etmektedir. MÖG risk grubunu DB'dan birinci ve ikinci sınıflarda neden ayırt etmediği ise önemli bir sorudur. Bunun bir sebebi ise DB grubundaki bazı öğrencilerin yanlış yerleştirme sonucu MÖG risk grubunda yer alması olabilir, çünkü burada kullanılan matematik başarı test puanlarının ayırt edici gücü kısmen düşük ya da yanlış kesme puanları üretmiş olabilir. Daha iyi bir ayırt edici hesaplama daha iyi sonuçlar üretebilir.

Kısmen daha az tutarlı olsa da, DNS da MÖG risk gruplarını NB ve YB gruplarından tüm sınıf düzeyleri için ayırt edebilmiştir. Aynı zamanda, MÖG risk grubunu da ikinci sınıflarda DB grubundan ayırt edebilmektedir. KNS'nın MÖG risk grubunu diğer gruplardan ayırt etmede DNS'dan daha net sonuç üretmesinin nedeni ne olabilir? Bunun bir açıklaması tüm öğrencilerin dağınık noktaları gruplanacak değil de sayılacak bir set olarak algılamaları olabilir. Genel anlamda öğrenciler, kanonik olarak sunulan noktaları rasgele sunulanlara göre yarı yarıya kısa bir zamanda sayabilmişlerdir. Kanonik şeklilde sunulan noktaları sayarken, üst başarı grubundaki öğrenciler daha düzenli bir gruplama ya da kavramsal şipşak sayma yapabilmişlerdir (Clements, 1999) ve sayma için gerekli olan aritmetik işlemleri daha kısa bir sürede yapabilmişlerdir.

MÖG risk grubunu NB ve YB'dan tüm sınıf düzeylerinde ayırt etmede başarılı olan diğer görev ise SSK'dir. SSK aynı zamanda MÖG riski taşıyanları DB'dan yalnızca ikinci sınıfta ayırt edebilmiştir. SSK'nın ayırt edici gücü üçüncü ve dördüncü sınıflarda azalmaktadır. İlk ve ikinci sınıflarda özellikle sembol okumanın önemli olduğunu söyleyebiliriz.

ZSD tahminlerinden elde edilen toplam mutlak hatalar (TAE), MÖG risk gruplarının diğer üst başarı gruplarındakilere kıyasla tutarlı bir şekilde daha yüksek TAE puanları aldıklarını göstermektedir. Ancak, bu farklılıkların yalnızca bir kısmı bazı sınıf düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeydedir. Örneğin, ZSD1 (0-10 sayı doğrusu) görevi MÖG risk grubunu diğer gruplardan birinci sınıflarda sınırda, ikinci sınıflarda ise istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde ayırabilmektedir. Bu sonuçlar, yine, DB grubundaki bazı öğrencilerin yerleştirmeden kaynaklanan bir hata ile MÖG risk grubunda yer almış olabileceği ihtimalini gündeme getirmektedir. ZSD2 (0-20 sayı doğrusu) görevi MÖG risk grubunu NB ve YB gruplardan; DB grubunu da NB ve YB gruplarından birinci sınıfta istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde ayırabilmektedir. Benzer şekilde, DB grubu NB ve YB gruplarından hem üçüncü hem de dördüncü sınıflarda da ayırt edebilmektedir. ZSD3 (0-100 sayı doğrusu) ise MÖG risk grubunu birinci sınıflarda diğer gruplardan; NB ve YB'dan ikinci, üçüncü ve dördüncü sınıflarda daha tutarlı bir biçimde ayırt etmektedir. ZSD4 (0-1000 sayı doğrusu) ise yalnızca üçüncü ve dördüncü sınıflara verilmiştir. Bu test daha net bir biçimde dört alt grubu birbirinden ayırt edebilmiştir. Benzer sonuçlara alanyazında da rastlamak mümkündür. Örneğin, Geary, Hoard, Nugent, ve Byrd-Craven (2008) MÖG olan çocukların DB ve NB gruplardan daha az doğru bir biçimde sayı doğrusu üzerinde yerleştirme yapabildiklerini bildirmişlerdir.

Tüm bu bulguları birlikte değerlendirmek gerekirse, sonuçların MÖG'nün sayı modülündeki (YSS ve/veya TSS'ndeki) bir eksiklikten ya da sembollerden büyüklüğe erişimden kaynaklandığı görüşünü desteklediği söylenebilir. Bu sonuçlar aynı zamanda matematikteki öğrenme zorluklarının birinci sınıftan dördüncü sınıflara kadar kanonik nokta sayma, sembolik sayı karşılaştırmalar ve sayı doğrusu tahmin görevleri ile taranabileceğini göstermektedir. Bu görevler müfredat bağımsız olduklarından ilkokulda her sınıf düzeyinde kullanılabilir. Ancak, MÖG ve düşük matematik başarı düzeylerinin tespit edilmesi için yaş gruplarına ilişkin norm verilerine gereksinim duyulacaktır.

Öğretime Yönelik Yansımalar

Bu çalışmada görüldüğü üzere kanonik nokta sayma, sembolik sayı karşılaştırma ve sayı doğrusunda tahmin görevlerinin ilköğretimde matematik öğrenme ile güçlü ilişkisi bulunmaktadır. Bu nedenle, öğrencilerin matematik öğrenme potansiyelini arttırmak için bireylere bu tür sayı işleme eğitimleri verilmesi düşünülebilir. Kucian et al. (2011) özel olarak hazırladıkları eğitim programı ile eğittikleri diskalkulik öğrencilerin sayı doğrusu üzerindeki uzamsal temsillerinin geliştiğini ve sayı görevleri harekete geçiren nöron aktivitelerin de arttığını raporlamışlardır. Benzer şekilde, sayı doğrusu üzerindeki sayısal büyüklüğün temsil edilmesinin birinci sınıflarda aritmetik öğrenme ile ilişkisi de alanyazında yer almaktadır (Booth ve Siegler, 2008). Bireylere benzer görevler sunmanın tahmin (Siegler ve Booth, 2004) ve aritmetik problem çözme yeteneğini (Booth ve Siegler, 2008) arttırdığı da görülmüştür (Siegler ve Booth, 2004).

Güncel bazı çalışmalarda nokta sayma ve şipşak sayılama eğitimlerinin de matematik öğrenmede etkili olduğu gösterilmiştir. Örneğin, Groffman (2009), şipşak sayılama konusunda eğitim verdiği bir grubun hem şipşak sayılama becerilerinin hem de matematik yeteneklerinin geliştiğini raporlamıştır. Benzer şekilde, Clements (1999), tek bakışta sekiz noktayı aynı anda tanıma olarak ifade edilen kavramsal şipşaklama terimini alana kazandırmış olup, bunun da matematik öğrenmede ileri düzey bir organize etme becerisi olduğunu ve çocuklara öğretilmesi gerektiğini savunmuştur. Bu önerileri destekleyecek şekilde, bu çalışma da kanonik dizilmiş nokta kümelerini saymanın, birinci sınıftan dördüncü sınıfa kadar tutarlı bir şekilde, MÖG risk grubunu DB ve NB gruplarından ayırt etmede etkili olduğunu göstermiştir.

Kaynakça

Antell, S. E. ve Keating, D. P. (1983). Perceptions of numerical invariance in neonates. *Child Development 54*, 695-701.

Attridge, N., Gilmore, C. ve Inglis, M. (2009). *Symbolic addition tasks, the approximate number system and dyscalculia.* Paper presented at the British Society for Research into Learning Mathematics.

Barbaresi, W. J., Katusic, S. K., Colligan, R. C., Weaver, A. L. ve Jacobsen, S. J. (2005). Math learning disorder: incidence in a population-based birth cohort, 1976-82, Rochester, Minn. *Ambulatory Pediatrics, 5*(5), 281-289. doi: 10.1367/A04-209R.1

Booth, J. L. ve Siegler, R. S. (2008). Numerical magnitude representations influence arithmetic learning. *Child Development, 79*(4), 1016-1031. doi: 10.1111/j.1467-8624.2008.01173.x

Bruyer, R. ve Brysbaert, M. (2011). Combining speed and accuracy in cognitive psychology: is the inverse efficiency score (ies) a better dependent variable than the mean reaction time (rt) and the percentage of errors (pe)? *Psychologica Belgica, 51*(1), 5-13.

Butterworth, B. (1999). *The Mathematical Brain*. London: McMillian.

Butterworth, B. (2010). Foundational numerical capacities and the origins of dyscalculia. *Trends in Cognitive Sciences, 14*(12), 534-541. doi: 10.1016/j.tics.2010.09.007

Butterworth, B. ve Laurillard, D. (2010). Low numeracy and dyscalculia: identification and intervention. *ZDM Mathematics Education, 42*(6), 527-539. doi: 10.1007/s11858-010-0267-4

Clements, D. H. (1999). Subitizing: What is it? Why teach it? *Teaching Children Mathematics, March*, 400-405.

Desoete, A., Ceulemans, A., De Weerdt, F. ve Pieters, S. (2012). Can we predict mathematical learning disabilities from symbolic and non-symbolic comparison tasks in kindergarten? Findings from a longitudinal study. *Br J Educ Psychol, 82*(Pt 1), 64-81. doi: 10.1348/2044-8279.002002

Desoete, A., Ceulemans, A., Roeyers, H. ve Huylebroeck, A. (2009). Subitizing or counting as possible screening variables for learning disabilities in mathematics education or learning. *Educational Research Review, 4*(1), 55-66. doi: 10.1016/j.edurev.2008.11.003

Feigenson, L., Dehaene, S. ve Spelke, E. (2004a). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences, 8*(7), 307-314. doi: 10.1016/j.tics.2004.05.002

Feigenson, L., Dehaene, S. ve Spelke, E. (2004b). Origins and endpoints of the core systems of number. Reply to Fias and Verguts. *Trends in Cognitive Sciences, 8*(10), 448-449. doi: DOI 10.1016/j.tics.2004.08.010

Fidan, E. (2013). *İlkokul öğrencileri için matematik dersi sayılar öğrenme alanında başarı testi geliştirilmesi.* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L. ve Byrd-Craven, J. (2008). Development of Number Line Representations in Children With Mathematical Learning Disability. *Developmental Neuropsychology, 33*(3), 277-299. doi: 10.1080/87565640801982361

Gilmore, C. K., McCarthy, S. E. ve Spelke, E. S. (2010). Non-symbolic arithmetic abilities and mathematics achievement in the first year of formal schooling. *Cognition, 115*(3), 394-406. doi: 10.1016/j.cognition.2010.02.002

Girelli, L., Lucangeli, D. ve Butterworth, B. (2000). The development of automaticity in accessing number magnitude. *J Exp Child Psychol, 76*(2), 104-122. doi: 10.1006/jecp.2000.2564

Groffman, S. (2009). Subitizing: Vision Therapy for Math Deficits. *Optometry & Vision Development, 40*(4), 229-238.

Heine, A., Tamm, S., De Smedt, B., Schneider, M., Thaler, V., Torbeyns, J. ve Jacobs, A. (2010). The numerical stroop effect in primary school children: A comparison of low, normal and high achievers. *Child Neuropsychology 16*, 461-477. doi: 10.1080/09297041003689780

Klahr, D. ve Wallace, J. G. (1976). *Cognitive development and information processing view*. Hillsdale, N.J. and New York: L. Erlbaum Associates.

Kucian, K., Grond, U., Rotzer, S., Henzi, B., Schonmann, C., Plangger, F. ve von Aster, M. (2011). Mental number line training in children with developmental dyscalculia. *NeuroImage, 57*(3), 782-795. doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.01.070

Landerl, K., Bevan, A. ve Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: a study of 8-9-year-old students. *Cognition, 93*(2), 99-125. doi: 10.1016/j.cognition.2003.11.004

Lemer, C., Dehaene, S., Spelke, E. ve Cohen, L. (2003). Approximate quantities and exact number words: dissociable systems. *Neuropsychologia, 41*(14), 1942-1958. doi: 10.1016/s0028-3932(03)00123-4

Lipton, J. ve Spelke, E. (2003). Origins of number sense: Large-Number Discrimination in Human Infants. *Psychological Science, 14*(5), 396-401.

Mazzocco, M. M., Feigenson, L. ve Halberda, J. (2011). Impaired acuity of the approximate number system underlies mathematical learning disability (dyscalculia). *Child Dev, 82*(4), 1224-1237. doi: 10.1111/j.1467-8624.2011.01608.x

McCrink, K. ve Wynn, K. (2004). Large-number addition and subtraction by nine-month-old infants. *Psychological Science, 15*(11), 776-781.

MOE. (2005). *İlköğretim 1-5 sınıflar matematik dersi öğretim programı*. Ankara: MEB.

Moeller, K., Neuburger, S., Kaufmann, L., Landerl, K. ve Nuerk, H. C. (2009). Basic number processing deficits in developmental dyscalculia: Evidence from eye tracking. *Cognitive Development, 24*(4), 371-386. doi: 10.1016/j.cogdev.2009.09.007

Olkun, S., Altun, A., Cangöz, B., Gelbal, S. ve Sucuoğlu, B. (2012). *Developing Tasks for Screening Dyscalculia Tendencies.* Paper presented at the E-Leader, Berlin.

Rousselle, L. ve Noel, M. P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: a comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition, 102*(3), 361-395. doi: 10.1016/j.cognition.2006.01.005

Rubinsten, O. ve Henik, A. (2006). Double dissociation of functions in developmental dyslexia and dyscalculia. *Journal of Educational Psychology, 98*(4), 854-867. doi: 10.1037/0022-0663.98.4.854

Sasanguie, D., De Smedt, B., Defever, E. ve Reynvoet, B. (2011). Association between basic numerical abilities and mathematics achievement. *British Journal of Developmental Psychology*, no-no. doi: 10.1111/j.2044-835X.2011.02048.x

Shalev, R. S. (2004). Developmental Dyscalculia. *Journal of Child Neurology, 19*(10), 765-771.

Shalev, R. S. ve Gross-Tsur, V. (2001). Developmental dyscalculia. *Pediatr Neurol, 24*(5), 337-342.

Siegler, R. S. ve Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Dev, 75*(2), 428-444. doi: 10.1111/j.1467-8624.2004.00684.x

Spelke, E. S. ve Kinzler, K. D. (2007). Core knowledge. *Developmental Science, 10*(1), 89-96. doi: 10.1111/j.1467-7687.2007.00569.x

Strauss, M. E. ve Curtis, L. E. (1981). Infant perception of numerosity. *Child Development, 52*, 1146-1152.

Xue, F. ve Spelke, E. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition, 74,* B1-B11.