

Hücre Bölünmeleri Konusunda Öğrencilerin Kavramsal Anlamalarını Belirlemeye Yönelik İki Aşamalı Test Geliştirilmesi

Development of a Two-Tier Diagnostic Test to Determine Students' Conceptual Understanding of Cell Divisions

Elif KÜÇÜKKESKİN¹ ve Didem KILIÇ²

¹ Milli Eğitim Bakanlığı, Konya, ORCID No: 0009-0001-9338-5573

² Aksaray Üniversitesi, Aksaray, ORCID No: 0000-0002-2250-8580

Kaynak Gösterimi İçin (For cited in):

Küçükkeskin, E. & Kılıç, D. (2024). Hücre bölünmeleri konusunda öğrencilerin kavramsal anlamalarını belirlemeye yönelik iki aşamalı test geliştirilmesi. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 12 (1), 99-121. DOI: <https://doi.org/10.56423/fbod.1380581>

Hücre Bölünmeleri Konusunda Öğrencilerin Kavramsal Anlamalarını Belirlemeye Yönelik İki Aşamalı Test Geliştirilmesi **

Elif KÜÇÜKKESKİN¹ ve Didem KILIÇ^{2,*}

¹ Milli Eğitim Bakanlığı, Konya, ORCID No: 0009-0001-9338-5573

² Aksaray Üniversitesi, Aksaray, ORCID No: 0000-0002-2250-8580

Makale Bilgisi	Öz
Gönderilme Tarihi: 24 Ekim 2023 Revizyon Tarihi: 19 Nisan 2024 Kabul Tarihi: 16 Mayıs 2024	<i>Fen bilimleri dersinde hücre bölünmeleri konusu soyut kavramlar içerdiğinden zor anlaşılan ve kavram yanlışlarına sık rastlanan bir konudur. Bununla beraber hücre bölünmeleri konusunun iyi anlaşılması ilerleyen eğitim basamaklarında öğrencilerin çeşitli konuları anlamada zorlanmalarına neden olmaktadır. Bu çalışmanın amacı, ortaokul öğrencilerinin hücre bölünmeleri konusunda kavramsal anlamalarının belirlenmesi için iki aşamalı test geliştirilmesidir. Araştırmada test geliştirme sürecinde üç farklı uygulama yapılmış ve toplam 233 öğrenci ile çalışılmıştır. Test geliştirme sürecinin başlangıcında 17 madde olarak hazırlanan iki aşamalı hücre bölünmeleri testi, madde ve test analizleri sonucunda 10 madde olarak düzenlenmiştir. Testin ortalama güçlüğü 0,41 olarak belirlenmiştir ve testin güvenilirliği KR-20 formülü ile hesaplanarak 0,74 bulunmuştur. Kapsam geçerliği için uzman görüşleri alınmış ayrıca belirtke tablosu ile kontrolü sağlanmıştır. Faktör analizi sonucunda iki boyutlu bir yapıda olduğu belirlenen iki aşamalı test ile ortaokul öğrencilerinin hücre bölünmeleri konusundaki kavramsal anlamalarının ve yanlışlarının geçerli ve güvenilir olarak belirlenmesi mümkün olabilecektir.</i>

Anahtar Kelimeler:

Hücre bölünmeleri,
Kavramsal anlama, Kavram yanlışları, İki aşamalı test

Development of a Two-Tier Diagnostic Test to Determine Students' Conceptual Understanding of Cell Divisions

Article Information	Abstract
Received: 24 October 2023 Revised: 19 April 2024 Accepted: 16 May 2024	<i>The subject of cell divisions in science classes is difficult to understand because it contains abstract concepts, and misconceptions are common. However, not understanding the subject of cell divisions well causes students to have difficulties in the following educational steps. The aim of this study is to develop a two-tier diagnostic test to determine middle school students' conceptual understanding of cell divisions. In the research, three different applications were made, and a total of 233 students were studied. The two-tier cell divisions test, which was prepared as 17 items at the beginning of the test development process, was edited into 10 items as a result of item and test analyses. The test's reliability was determined to be 0.74 and its average difficulty was found to be 0.41. With the two-tier test, which factor analysis revealed to have a two-dimensional structure, it will be possible to determine middle school students' conceptual understanding and misconceptions about cell divisions.</i>

Keywords:

Cell divisions, Conceptual understanding, Misconceptions, Two-tier diagnostic test

*Sorumlu Yazar: E-mail: didem@aksaray.edu.tr

** Makale, birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında yaptığı yüksek lisans tez çalışmasının bir kısmından üretilmiştir.

Giriş

Fen bilimlerinin doğası gereği fen derslerinin içeriğindeki çoğu kavram günlük hayatta da öğrencilerin karşısına çıkmaktadır. Öğrenciler öğrenilen kavramları günlük hayatta kullandıkları haliyle yorumlar (Başaran Uğur, 2018), karşılaşılan problemlere çözüm bulmak için kendilerinde var olan kavramları kullanırlar (Kurt, 2020). Öğrencilerin sahip oldukları ön bilgiler bazen yeni kavramların yanlış öğrenilmesine neden olur (Yağbasan ve Gülçiçek, 2003). Öğrencilerin sınıf ortamına getirdikleri bu kavramlardaki hata ve eksiklikler fark edilmedikçe ve düzeltilmedikçe ileri aşamalarda değişime direnç gösterir, yanlış anlamalara yol açar (Küçükaydın, 2020). Konuların öğrenciler tarafından yanlış anlaşılması ve günlük hayattan gelen yanlış öğrenmeler kavram yanlışlarına sebep olabilmektedir (Karakaş Kartal ve Saylar, 2022). Kavram yanlışlığı, bir kavramla diğer kavramlar arasında bağlantı kurulurken, öğrencilerin yeni kavramları zihinlerinde var olan eski kavramlarla ilişkilendirirken yanlış anlamlandırmaları sonucunda yanlış kavramların oluşması olarak tanımlanmaktadır (Suprpto, 2020). Öz bir tabirle kavram yanlışlığı bireyin düşüncelerinin bilimsel gerçeklerle uyuşmaması olarak da ifade edilmektedir (Laçın Şimşek, 2022). Kavram yanlışlığı basit bir bilgi eksikliği ya da yanlış bilgidir çünkü bunlar doğru bilginin sunulması ile giderilebilirken kavram yanlışlığı kavramsal değişime direnç gösterir (Laçın Şimşek, 2022). Öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışları çoğu zaman kendi bireysel deneyimlerinin sonucu olduğundan, değiştirmek zorlu bir süreçtir. Kavramsal değişim stratejilerinin etkili olarak uygulanması ile kavram yanlışlarının giderilmesi gereklidir. Kavram yanlışlarının giderilememesi durumunda, öğrenme süreci ciddi bir şekilde engellenebilmektedir (Yağbasan ve Gülçiçek, 2003). Yeni fen kavram ve konuların öğrenilmesini zorlaştıracığından kavram yanlışlarının belirlenip giderilmesi önemli görülmektedir (Aydın ve Balım, 2013; Eyidoğan ve Güneysu, 2002).

Öğrencilerin fen konularını anlamlı öğrenmesi fen eğitimin temel hedefi olduğundan öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerinin belirlenmesi ve kavram yanlışlarının ortaya çıkarılarak giderilmesine yönelik stratejilerin geliştirilmesi önemli araştırma konuları arasındadır. Fen bilimleri dersinde kavramsal anlama ile ilgili yapılan çalışmalarda öğrencilerin hücre ve kalıtım konuları ile ilgili anlama düzeylerinin düşük olduğu ve kavram yanlışlarının bulunduğu tespit edilmiştir (Akyürek ve Afacan, 2013; Aydın ve Balım, 2013; Bedir, 2007; Kılıç, 2009; Turan ve Koç, 2018; Williams vd., 2012). Hücre ve kalıtım konuları, hücre bölünmeleri konusuna temel oluşturmakta, mitoz ve mayoz konularının anlamlı olarak öğrenilmesinde etkili olmaktadır. Bununla beraber hücre bölünmeleri konusunun iyi anlaşılması ilerleyen eğitim basamaklarında öğrencilerin zorlanmalarına neden olmaktadır. Hücre bölünmeleri ve kalıtım konularında yer alan kavramlar soyut ve karmaşık kavramlar olduğundan öğrenciler tarafından zor anlaşıldığı ifade edilmektedir (Aydın, 2011; Kılıç Mocan, 2021). Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, ortaokul düzeyinden üniversite düzeyine kadar tüm kademelerdeki öğrencilerde kavram yanlışları tespit edilmiştir (Bedir, 2007; Özdemir, 2008).

Öğrencilerin kavram yanlışları belirlenirken birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlere örnek olarak kavram haritaları, tahmin-gözlem-açıklama, görüşmeler ve çoktan seçmeli testler verilebilir (Treagust, 1988). Bu yöntemler arasında en fazla kullanılan yöntem çoktan seçmeli testlerdir fakat bu testler uygulama ve analiz açısından kolay olsa da

öğrencilerin cevaplarının nedenini öğrenme imkanı olmamaktadır (Yıldırım vd., 2015). Çoktan seçmeli testte öğrenciler bilgi eksikliğinden ya da dikkatsizlikle yanlış seçeneği işaretleyebilir, böylelikle kavram yanılgısı olmasa da kavram yanılgısı varmış gibi düşünülebilir (Çetinkaya ve Taş, 2016). Kavram yanılgıları testleri literatürde iki aşamalı, üç aşamalı ve dört aşamalı testler olarak karşımıza çıkmaktadır. İki aşamalı testler, ilk aşamada içerik sorusu içeren ve ikinci aşamada neden sorusunu içeren testlerdir. Bu testler uygulama ve puanlama açısından kullanışlı testlerdir (Treagust, 1988). Üç aşamalı testler; ilk aşamada içerik sorularını, ikinci aşamada sebepleri ve üçüncü aşamada güveni içeren testlerdir. Üç aşamalı testler güven basamağı ile bilgi eksikliğini belirlediğinden kavram yanılgılarını doğru tespit ettiği düşünülmektedir (Gurel vd., 2015). Dört aşamalı testler; ilk aşamada içerik sorularını ikinci aşamada güven soruları içerir, üçüncü aşamada sebep ve son aşamada tekrar güveni içeren sorulardan oluşan testlerdir. Dört aşamalı testler derinlemesine analiz sağlar (Fenditasari ve İstiyono, 2020). Üç aşamalı testlerin zayıf yönü, iki seçenek arasında kalma durumunda bilgi eksikliğini belirleme oranının zayıflaması, dört aşamalı testlerin zayıf yönü ise daha uzun bir sınav süresi gerektiğinden kullanılabilirliğinin sınırlı olmasıdır (Gurel vd., 2015). Bu ifadelerden anlaşıldığı gibi testlerin başarılarının yanında zayıf yönleri de vardır. Testin uygulanacağı yaş grubu da dikkate alınarak, ortaokul öğrencilerin ilgi ve dikkatlerini canlı tutmak adına uzun süreli test yerine öğrencileri cevabının nedenine götürerek kavram yanılgılarına ulaştıracak iki aşamalı testlerin daha makul olacağı söylenebilir.

İki aşamalı testler sınırlı ve açıkça tanımlanmış konu alanlarında yanlış anlamaları belirlemeye yönelik geliştirilmiştir (Tan vd., 2002). Bu testler öğrencilerin konu ile ilgili bilgi düzeylerini ve gerekçelerini de ölçmeye yönelik olduğundan kavramsal anlama düzeylerini ve kavram yanılgılarını belirlemede önerilen veri toplama araçlarındandır. İki aşamalı testler, öğrencilerin sahip oldukları bilgilerin gerekçeleri ile araştırılmasını sağlar, bununla birlikte öğrencinin ne kadar ve nasıl anladığının değerlendirilmesi yapılabilir (Kılıç, 2009). Çoktan seçmeli testlerin olumlu yönlerini taşıyıp olumsuzluklarını en aza indiren iki aşamalı testler 1980'li yıllardan beri pek çok araştırmacı tarafından fen bilimlerinin farklı alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Karataş vd., 2003). Literatür incelendiğinde biyoloji alanında solunum ve fotosentez (Haslam ve Treagust, 1987), büyüme ve gelişme (Lin, 2004), bitki taşınım ve insanda dolaşım sistemi (Wang, 2004), bitkilerde difüzyon ve osmoz (Odom ve Barrow, 1995), genetik (Kılıç ve Sağlam, 2009), hücre bölünmesi ve üreme (Sesli ve Kara, 2012) konularında kavram yanılgılarının iki aşamalı testlerle geçerli ve güvenilir olarak belirlendiği görülmektedir.

Araştırmanın Gerekçesi

Ortaokul öğrencileri ile yapılan çalışmalarda kromozom ve kromotid kavramları, mayoz ve mitoz sonucunda oluşan kromozom ve hücre sayıları ile ilgili kavram yanılgılarının olduğu rapor edilmektedir (Bozdağ ve Ok, 2018; Ünlü, 2015). Ortaokulda sahip olunan kavram yanılgılarının öğrencilerin ilerleyen eğitim hayatlarında da kavram öğreniminde yanılgılar oluşturduğu bilinmektedir. Ortaöğretim öğrencilerinin genetiğin temel kavramları hakkında yanlış ve tutarsız bilgilere sahip olduğu, bu kavramlar arasında ilişki kurmakta zorlandıkları ve genetik olayların altında yatan süreçleri tam olarak açıklayamadıkları belirtilmektedir (Kılıç Mocan, 2021). Bir başka çalışmada da lise öğrencilerinin genetik konusunun kavramlarını anlamada zorlandığı ve kavram yanılgılarına sahip olduğu, genetik kavramları

doğru şekilde konumlandıramadıkları tespit edilmiştir (Temelli, 2006). Benzer şekilde öğretmen adayları ile yapılan çalışmalarda fen bilimleri öğretmen adaylarının mitoz ve mayoz konusunda kavram yanlışlarının bulunduğu, kalıtsal çeşitlilik ve mayoz arasındaki bağın kurulamadığı belirlenmiştir (Alkan vd., 2016). Bir başka çalışmanın sonucunda biyoloji öğretmen adaylarının, lise biyoloji öğretiminin temel konuları olmasına rağmen genetik kavramlarını anlamada zorlandığı ve kavram yanlışlarının olduğu rapor edilmiştir (Tekkaya vd., 2000). Literatür incelendiğinde kavram yanlışlarını gidermeye yönelik çalışmalardan olumlu sonuçlar alındığı görülmekte, buna göre öğrencilerdeki kavram yanlışlarının daha erken yaşta giderilmesi ile olumlu tutumların ve ileriye yönelik akademik başarının artacağı düşünülmektedir (Yanarateş, 2022).

İlgili literatür tarandığında hücre bölünmeleri konusunda kavram yanlışlarını belirlemeye yönelik ortaokul öğrencilerine uygulanabilecek iki aşamalı teste rastlanmadığından geçerli ve güvenilir iki aşamalı bir test geliştirmeye gereksinim olduğu görülmüştür. Bu gerekçelerle araştırma, hücre bölünmesi konusunda ortaokul öğrencilerinin kavramsal anlamalarını ve kavram yanlışlarını belirlemek üzere iki aşamalı test geliştirmeyi konu edinmiştir. Çalışmada geliştirilen iki aşamalı testin öğrencilerin hücre bölünmeleri konusunu anlama düzeylerine ve zihinlerindeki kavramsal yapıya ilişkin bilgi sağlaması beklenmektedir. İki aşamalı test ile bu konudaki kavram yanlışlarının belirlenmesine yönelik olarak öğretmenlere ve program geliştiricilere önemli çıktılar sağlanması hedeflenmektedir.

Araştırmanın Amacı

Çalışmanın amacı, hücre bölünmeleri konusunda ortaokul öğrencilerine yönelik iki aşamalı bir test geliştirmektir. Geliştirilen testin madde ve test istatistikleri yapılarak, ortaokul öğrencilerinin hücre bölünmeleri konusundaki kavramsal anlama düzeylerini ve kavram yanlışlarını belirlemede geçerli ve güvenilir bir şekilde kullanılabilmesi hedeflenmiştir.

Yöntem

Bu araştırma, hücre bölünmeleri konusunda iki aşamalı bir test geliştirmek için 7. ve 8. sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler seçilirken seçkisiz olmayan örnekleme yöntemlerinden uygun örnekleme tercih edilmiştir. Uygun örnekleme, ihtiyaç duyulan örneklem büyüklüğüne ulaşana kadar araştırmacıya zaman, ulaşım ve izin açısından kolaylık sağladığından (Büyüköztürk vd., 2021), bununla beraber araştırmaya hız ve pratiklik kazandırdığından tercih edilmiştir. Böylece çalışmada ulaşılabilecek maksimum sayıda ve çeşitlilikte öğrenciye ulaşabilmek hedeflenmiştir. Araştırmada test geliştirme sürecinde üç farklı uygulama yapılmış ve bu uygulamalarda farklı sınıf düzeylerinden çeşitli sayılarda öğrenci ile çalışılmıştır. İlk olarak 8. sınıfta öğrenim gören altı öğrenci ile yarı yapılandırılmış görüşme yapılmıştır. Görüşmelerin sonrasında ikinci aşaması açık uçlu olan iki aşamalı test soruları oluşturulmuştur. İlk aşaması dört seçenekli bir sorudan oluşan bu testte soruların ikinci aşamasında öğrencilerden cevaplarının nedenini açık uçlu olarak yazmaları istenmiştir. Testin bu hali 60 öğrenciye uygulanmıştır. Test geliştirmenin bir sonraki adımında öğrencilerin testte yer alan her maddenin birinci aşamasındaki sorulara verdikleri cevapların gerekçelerini de çoktan seçmeli olarak içeren iki aşamalı test oluşturulmuştur. Testin bu formunda soruların ilk aşaması üç seçenekli bilgi sorusundan oluşurken, ikinci aşaması

gerekçelerden oluşan 4 seçenek olarak hazırlanmıştır. Oluşturulan iki aşamalı test 167 öğrenciye uygulanmıştır.

İki Aşamalı Testin Geliştirilme Aşamaları

İki aşamalı hücre bölünmeleri testi geliştirilirken Treagust'un (1988) önerdiği üç ana bölümden ve on aşamadan oluşan yöntem izlenmiştir. Birinci bölüm içeriğin belirlenmesi, ikinci bölüm öğrencilerin yanlış öğrenmelerinin belirlenmesi ve üçüncü bölüm iki aşamalı testin geliştirilmesinden oluşmaktadır. Bölümlerin içinde yer alan aşamalar ve ilgili kapsamda gerçekleştirilen çalışmalar aşağıda ifade edilmiştir (Chen vd., 2002; Lin, 2004; Odom ve Barrow, 1995; Peterson vd., 1989; Tan vd., 2002; Treagust, 1988)

A. İçeriğin Belirlenmesi

1. Bilgi önermelerinin belirlenmesi

Birinci aşamada 7. sınıf hücre bölünmeleri konusunun kazanımlarından kavramlar ve içerik belirlenerek bilgi önermeleri oluşturulmuştur.

2. Kavram haritasının geliştirilmesi

Bilgi önermelerinin içeriğini oluşturan kavramlar arasındaki ilişkileri gösteren kavram haritası oluşturulmuştur.

3. Bilgi önermelerinin kavram haritasıyla ilişkilendirilmesi

Oluşturulan bilgi önermelerinin kavram haritaları ile ilişkilendirilme sebebi incelenen içeriğin kendi içinde tutarlı olması ve alt kavramlarla önermelerin konu alanlarının kontrolünün belgelere dökülerek yapılmasını sağlamaktır. Oluşturulan bilgi önermelerinin kavram haritasında yer alması sağlanmış, böylece önermelerin konu içeriğini eksiksiz olarak kapsayıp kapsamadığının kontrolü yapılmıştır.

4. Kapsam geçerliğinin sağlanması

Önermelerin konu içeriğini yeterli ve dengeli bir şekilde kapsamasını sağlamak amacıyla konu kazanımları ile önermeler, bilim alanı biyoloji eğitimi olan bir akademisyen ve bir fen bilgisi öğretmeni tarafından incelenmiştir. Uzman görüşleri doğrultusunda kapsam geçerliğini sağlamak üzere düzenlemeler yapılmıştır.

B. Öğrencilerin Yanlış Anlamaları Hakkında Bilgi Edinilmesi

5. İlgili kaynakların incelenmesi

Bu aşamada MEB'in öğrencilere sağladığı ders kitapları, öğretim programı, yardımcı kaynaklar ve ilgili araştırmalar incelenerek kavram yanlışlığına sebep olabilecek içerikler belirlenmiştir. İlgili araştırmalar sonucunda belirlenen kavram yanlışlıklarından bazı örnekler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Hücre bölünmeleri ile ilgili literatürde yer alan kavram yanlışları

Yazarlar	Kavram Yanlışları
Tekkaya vd., 2000	Biyoloji öğretmen adayları ile yapılan çalışmada öğrencilerin mitozun evrelerinde DNA'nın miktarının farklı olduğuna ilişkin yanlışlarının olduğu ayrıca gen, homolog kromozom ve kromozom sayısı gibi önemli kavramlarda kavram yanlışları tespit edilmiştir.
Dikmenli, 2010	Biyoloji öğretmen adayları ile yapılan çalışmada öğrencilerin mitozun ve mayozun evrelerinde gerçekleşen olaylarla ilgili kavram yanlışlarının bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca mayoz sonrası kromozom sayısı aynı kalır, mitoz sonucu kromozom sayısı iki katına çıkar ve mayoz bölünme üreme hücrelerinde (sperm ve yumurta) gerçekleşir şeklinde kavram yanlışları tespit edilmiştir.
Chattopadhyay, 2012	Lisans öğrencileri ile yapılan çalışmada öğrencilerin vücut hücrelerinin bölünmesi sonucunda oluşan hücrelerin kromozom sayısının bölünen hücrenin iki katı kadar olduğu ve mayoz bölünmede yeni oluşan hücrelerin bölünen hücre ile aynı genetik yapıda olduğu şeklinde kavram yanlışları tespit edilmiştir.
Ozcan vd., 2012	Üniversite öğrencileri ile yapılan çalışmada mayoz ve mitoz sonucu oluşan hücrelerin kromozom sayıları hakkında ve mitozun gerçekleştiği hücrelerin hangileri olduğu hakkında kavram yanlışları tespit edilmiştir.
Sesli ve Kara, 2012	Lise öğrencileri ile yapılan çalışmada öğrencilerin aynı tip hücre bölünmesi ile oluşan hücrelerin aynı genetik bilgiye sahip olduğu, bitki hücrelerinde hücre bölünmeleri gerçekleşmeyeceği ve mayozun hem somatik hem de üreme hücrelerinde gerçekleştiği gibi kavram yanlışları tespit edilmiştir. Ayrıca yavru hücreler bölünen hücreye göre daha fazla kromozoma ve genetik bilgiye sahiptir gibi kavram yanlışları rapor edilmiştir.
Lukša vd., 2016	İlkokul ve lise öğrencileri ile yapılan çalışmada öğrencilerde mitoz ile mayozun amacı ve eşey hücrelerinin ne olduğu konusunda kavram yanlışları görülmüştür. Öğrenciler mayozun tüm canlıların yaratılışı için gerekli olduğu ve büyüme ve gelişmeyi sağladığını ifade etmişlerdir. Mitoz ve mayozun rollerinin ayırt edilemediği belirlenmiştir.
Oztas ve Oztas, 2016	8. sınıf öğrencileri ile yapılan bir çalışmada, öğrencilerin bitki ve hayvan hücrelerinin bölündüğünü tam olarak bilmediği, genetik bilgi aktarımı ve hücre bölünmesi konularında ayırım yapmakta zorlandıkları tespit edilmiştir.
Murtonen vd., 2020	Biyoloji öğretmen adayları ile yapılan çalışmada mitoz ve mayoz arasındaki farklılıkların doğru anlaşılmadığı ve mayozun aşamalarının süreklilik içeren bir süreç olarak algılanmadığı belirlenmiştir.
Gülen, 2019	Ortaokul öğrencileri ile yapılan çalışmada verilen yanıtlarda mitoz ve mayozun karıştırıldığı ve öğrencilerin mitoz ve mayoz hayvanlar içindir gibi kavram yanlışlarının olduğu tespit edilmiştir.
Luwoye, vd., 2021	Lise öğrencileri ile yapılan çalışmada öğrencilerin mitoz ve mayoz solunuma yardımcı olur, mitoz bitkilerin büyümesi sırasında meydana gelir ve mayoz sadece kromozomun çoğalmasını takip eden bir bölünmedir gibi kavram yanlışları tespit edilmiştir.
Suwono, vd., 2021	Biyoloji öğretmen adayları ile yapılan çalışmada mitozda 2n kromozomlu bir hücrenin bölünmesi ile 2n'i yarı yarıya paylaşan n kromozomlu iki yeni hücre oluştuğu gibi kavram yanlışları rapor edilmiştir.

6. Öğrencilerle görüşmeler yapılması

Daha önce hücre bölünmeleri konularını öğrenmiş 8. sınıf öğrencilerinden altı öğrenci ile konu ile ilgili sahip oldukları kavramsal yapının belirlenmesine yönelik yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmeler ortalama 20 dakika sürmüştür ve öğrencilerin tüm görüşlerini ifade etmesi için fırsat verilmiştir. Öğrencilere sorulan görüşme sorularından bazı örnek sorular şu şekildedir: “Hücre bölünmesi sana ne ifade ediyor? Hücre neden bölünür? Kaç çeşit bölünme vardır?” Gönüllülük esasına dayalı olarak yapılan görüşmeler etik kurallar çerçevesinde ses kaydına alınmıştır.

7. İkinci aşaması açık uçlu olan iki aşamalı test maddelerinin geliştirilmesi

Bu aşamada ilgili araştırma sonuçları, referans kaynaklar ve öğrenci görüşmelerinden elde edilen veriler incelenerek iki aşamalı test oluşturulmuştur. Testin bu formunda soruların ilk aşaması çoktan seçmeli, ikinci aşaması açık uçlu olacak şekilde hazırlanmış 17 madde yer almıştır. Soruların ikinci aşamasında öğrencilerin, birinci aşamada verdikleri cevapların nedenlerini yazmaları istenmiştir. Oluşturulan test 60 kişilik öğrenci grubuna uygulanmış ve öğrencilerin cevapladığı açık uçlu soruların yanıtlarından öğrencilerin konuya ilişkin kavramsal yapıları belirlenmeye çalışılmıştır. Test maddelerine verilen yanıtlar incelendiğinde 4 maddenin testten çıkarılmasına karar verilmiştir. Aşağıdaki sorular testin bu aşamasında bulunan sorulardan bazı örneklerdir.

Mayoz canlıda nerede gerçekleşir?

- a) Sperm Hücresinde b) Vücut Hücrelerinde
c) Eşey Ana Hücrelerinde d) Beyin Hücresinde

Cevabınızın nedenini açıklayınız:

Göz rengini belirleyen gen nerede bulunur?

- a) Göz Hücresinde b) Kornea Hücresinde
c) Beyin Hücresinde d) Bütün Hücrelerde

Cevabınızın nedenini açıklayınız:

C. İki Aşamalı Testin Geliştirilmesi

8. İki aşamalı çoktan seçmeli testin geliştirilmesi

İki aşamalı testin son hali oluşturulurken bir önceki aşamada uygulanan test maddelerinin ikinci aşamasındaki açık uçlu sorular yerine öğrenci cevaplarının gerekçelerini içeren seçenekler oluşturulmuştur. 60 öğrenci ile gerçekleştirilen uygulama sonuçları değerlendirilerek soruların ilk aşamasındaki seçenek sayısı dörtten üçe indirilmiştir. Seçenek sayısının üçe indirilmesinin nedeni, nihai testte yer alacak maddelerin ikinci aşamasındaki gerekçe seçeneklerinin birinci aşamadaki seçenekler için yeterli sayıda alternatif oluşturabilmesidir. Maddelerin ikinci aşamasında seçenek sayısı dört olarak düzenlenmiştir. Maddelerin ilk aşamasında yer alan seçenek sayısı üç olduğunda, ikinci aşamada yer alan seçeneklerin çeldirici olarak çalışabilmesi sağlanmıştır. İlk aşamadaki seçenek sayısı dört olarak korunmuş olsaydı, ikinci aşamadaki seçenek sayısı ile aynı sayıda olacağından,

öğrencinin tahmin veya şans başarısı yoluyla maddeyi doğru yanıtlama oranı artacağından ve ölçme işlemine hata karışmasına neden olacağından ilk aşamadaki seçenek sayısı üçe düşürülmüştür. Bu işlem yapılırken madde analiz sonuçları incelenmiş ve iyi çalışmayan çeldiriciler belirlenerek çıkarılmıştır. Bu sayede ilk aşamadaki seçenekler arasında da en iyi çalışan ve güçlü olan çeldiricilerin kullanılması sağlanmıştır. Böylece 13 sorudan oluşan, iki aşamalı çoktan seçmeli testin pilot uygulama formu hazırlanmıştır. Geliştirilen test 7. ve 8. sınıfların oluşturduğu 167 öğrenciye pilot çalışma olarak uygulanmıştır. Uygulama sonrasında testin madde ve test istatistikleri incelenmiş ve madde ayırt edicilik indeksi 0,30'un altında olan 3 soru testten çıkarılmıştır. Madde güçlük indeksleri, testin ortalama güçlüğü ve güvenilirliği hesaplanıp sonuçları değerlendirilerek testin geçerlik ve güvenilirliği incelenmiştir.

9. Belirtke tablosunun oluşturulması

İki aşamalı hücre bölünmeleri testi son halini aldıktan sonra soruların ölçmeyi hedeflediği kazanımlar belirtke tablosunda gösterilmiştir. İki aşamalı testlerde ölçülmek istenen kapsamla ilgili belirlenen bilgi önermeleri ile kavramların adilce içerilmesinden emin olmak için belirtke tablosu düzenlenmektedir (Treagust, 1988).

10. Düzenlemelerin devam ettirilmesi

Yapılan değerlendirmelerden sonra test maddelerinin düzenlenmesi devam etmektedir.

Yukarıda açıklanan aşamaların tamamlanması ile geliştirilen iki aşamalı hücre bölünmeleri testi 10 adet iki aşamalı sorudan oluşmuştur. Her sorunun ilk aşamasında konuya ilişkin bilgi düzeylerinin ölçüldüğü 3 seçenekli bir soru ve ikinci aşamasında ilk aşamaya verdiği cevabın gerekçesinin seçilmesinin istendiği 4 seçenek yer almaktadır. İki aşamalı hücre bölünmeleri testinin nihai formu Ek 1.'de sunulmuştur.

Verilerin Analizi

Geliştirilen iki aşamalı hücre bölünmeleri kavram testinin uygulanması ile elde edilen verilerin değerlendirilmesi, birinci ve ikinci aşamaya verilen cevapların birlikte puanlanması ile hesaplanmıştır. Aşamaların birlikte değerlendirilmesi ile oluşan puanlama için, birinci ve ikinci aşama sorusuna verilen cevap doğru ise 1 puan, yanlış ise 0 puan ayrıca boş ya da geçersiz ise 0 puan verilmiştir. Treagust (1988) iki aşamalı testlerde öğrenci birinci aşamada doğru ve ikinci aşamada da doğru cevap vermişse 1, birinci aşama ve/veya ikinci aşamada yanlış cevap vermişse 0 ve boş soru bırakılmışsa 0 puan verilmesini önermektedir. Testten alınabilecek en yüksek puan 10'dur.

Test maddelerinin güçlük ve ayırt edicilik değerlerini belirlemek için madde analizi gerçekleştirilmiş ve madde ayırt edicilik değeri 0,30'un altında bulunan 3 madde testten çıkarılmıştır. 10 maddeden oluşan iki aşamalı testin yapı geçerliğini ortaya koymak amacıyla açımlayıcı faktör analizi yapılmıştır. İki aşamalı hücre bölünmeleri testinin güvenilirlik katsayısı Kuder-Ricardson 20 (KR-20) formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

Bulgular

Test geliştirme aşamalarında öğrencilerin yanlış anlamalarına ilişkin bilgi edinmek için öncelikle ilgili kaynaklar incelenmiştir daha sonra öğrencilerle görüşmeler yapılmıştır ve son olarak açık uçlu sorular içeren iki aşamalı test öğrencilere uygulanmıştır. Kaynakların incelenmesi ile elde edilen bilgiler öğrencilere uygulanacak görüşme sorularının, açık uçlu soruların ve iki aşamalı testin geliştirilmesinde kullanılmıştır. Öğrencilerle yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler sonucunda ortaya çıkan öğrenci görüşleri iki aşamalı hücre bölünmeleri testinin maddelerini oluşturmak üzere değerlendirilmiştir. Öğrenci görüşlerinden bazı alıntılar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Öğrenci görüşmelerinden alıntılar

Araştırmacı:	“Gen, DNA ve kromozom arasında nasıl bir ilişki vardır?”
Öğrenci 1:	“DNA’nın yanında kromozom bulunur. Gen, DNA’nın içindedir. Genin içinde kromozom bulunur.”
Öğrenci 4:	“DNA zincir şeklindedir, kromozom ve gen içinde bulunur.”
Araştırmacı:	“Mayoz hakkında neler söyleyebilirsin?”
Öğrenci 5:	“Mayoz sonucu DNA oluşur.”
Öğrenci 6:	“Mayoz sonucunda kromozom, gen oluşur.”
Araştırmacı:	“Mitoz hangi canlılarda görülür?”
Öğrenci 2:	“Mitoz sadece çok hücreli canlılarda görülür.”
Araştırmacı:	“Mayoz ve mitoz arasında ne gibi farklar bulunur?”
Öğrenci 4:	“Biri bitkilerde diğeri hayvan hücrelerinde görülür.”

Tablo 2’de görüldüğü üzere 1 ve 4 numaralı öğrencilerin gen, DNA ve kromozom arasındaki ilişki konusunda yanlış anlamaları bulunmaktadır. Özellikle gen, DNA ve kromozomun bulunduğu yere ilişkin önemli yanlışlarının olduğu anlaşılmaktadır. 5 ve 6 numaralı öğrencilerin ise mayozun sonuçlarına ilişkin sahip oldukları bilgilerin yanlış olduğu görülmektedir. Ayrıca mayoz ve mitozun gerçekleştiği canlılar hakkında yanlış anlamaların da yaygın olduğu tespit edilmiştir. Yukarıda verilen örnek görüşme alıntılarında da görüldüğü üzere öğrencilerin genel olarak hücre bölünmeleri konusunda yanlış anlamalarının bulunduğu anlaşılmaktadır.

Açık uçlu iki aşamalı testin uygulanması sonucunda öğrencilerin benzer şekilde yanlışlara sahip olduğunu destekleyen bulgulara ulaşılmıştır. Aşağıda açık uçlu iki aşamalı testin uygulanması ile elden edilen bulgulardan bazı örnekler Tablo 3’de sunulmuştur.

Açık uçlu sorular içeren iki aşamalı test uygulaması sonucunda elde edilen dikkat çekici bazı bulgular şöyledir: Öğrencilerin DNA, gen ve kromozomun ilişkisi ile ilgili bilgilerinde yanlışlar olduğu, DNA’nın yapısal ve işlevsel özelliklerini ayıramadıkları görülmüştür. Hücre bölünmesinin hangi hücrelerde gerçekleştiği konusunda yanlışlara sahip oldukları bu uygulama sonucunda da ortaya çıkmıştır. Mayozun işlevi ve bölünme sonucunda oluşan yapı hakkında kavramsal yanlış anlaşılmasının olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 3. Açık uçlu iki aşamalı test yanıtlarından örnekler

Test maddesi:	DNA'nın en küçük yapı birimi aşağıdakilerden hangisidir? a) Kromozon b) Gen c) Nükleotid d) Protein Cevabınızın nedenini açıklayınız:
Öğrenci 39:	b) Gen "En küçük yapı birimi gendir"
Test maddesi:	Mayoz canlıda nerede gerçekleşir? a) Sperm Hücresinde b) Vücut Hücrelerinde c) Eşey Ana Hücrelerinde d) Beyin Hücresinde Cevabınızın nedenini açıklayınız:
Öğrenci 17:	a) Sperm Hücresinde "Mayoz bölünme üreme hücrelerinde gerçekleşir."
Test maddesi:	Aşağıda verilen canlıların hangisi hücre bölünmesi geçirebilir? a) Amip b) Kedi c) Papatya d) Hepsisi Cevabınızın nedenini açıklayınız:
Öğrenci 9:	a) Amip "Hücre bölünmesi sadece tek hücrelilerde görülür."
Test maddesi:	I. Mayoz sonucunda eşey hücresi oluşur. II. Mayoz yaraların iyileşmesini sağlar. III. Mayoz tüm hücrelerimizde görülür. IV. Mayoz büyümeyi sağlar. Yukarıda verilen ifadelerden hangisi ya da hangileri doğrudur? a) Yalnız I. b) I. ve II. c) II. ve III. d) III. ve IV. Cevabınızın nedenini açıklayınız:
Öğrenci 6:	b) I. ve II. "Mayoz eşey hücresi oluşturur ve yaraların iyileşmesini sağlar."

Görüşmelerin ve açık uçlu sorular içeren iki aşamalı test maddelerin uygulanması sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile iki aşamalı çoktan seçmeli 13 test maddesi düzenlenerek pilot çalışma olarak uygulanmıştır. Pilot uygulamadan elde edilen verilerin madde analizi sonucunda 3 madde ayırıcılık indeksinin 0,30'un altında bulunması nedeni ile testten çıkarılmıştır. Geriye kalan 10 maddenin madde istatistikleri incelendiğinde 4 soruda ayırt edicilik değerinin 0,60'ın üzerinde, 5 soruda 0,40 ve 0,59 arasında ve 1 soruda 0,30 ve 0,39 arasında olduğu görülmüştür. Crocker ve Algina (1986), madde ayırıcılık indeksinin; 0,40'ın üzerinde olması durumunda maddenin çok iyi derecede ayırt ettiği, 0,30 ile 0,39 arasında olması durumunda herhangi bir düzenleme yapılmadan testte bulunabileceği, 0,20 ile 0,29 arasında maddenin düzeltilerek geliştirilmesini ve 0,20'den küçükse bütünüyle testten çıkartılması ve bütünüyle gözden geçirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bu değerlere göre test maddelerinin çok iyi düzeyde ayırt ediciliklerinin olduğu görülmüştür. Test maddelerinin güçlük değerleri incelendiğinde 4 sorunun orta düzeyde, 3 sorunun zor, 3 sorunun kolay olduğu belirlenmiştir. Testlerde görece kolay ve zor olan maddelere de yer

verilmesi gerektiği ifade edilmektedir (Büyüköztürk vd., 2021). Madde güçlük indeksi 0,50 veya bu civarda olan maddelerin, ölçtüğü nitelik yönünden cevaplayıcılar arasındaki farkları en iyi ortaya koyan maddeler olduğu belirtilmektedir (Baykul, 2000). Tablo 4'te test maddelerinin ayırt edicilik ve güçlük indeksleri gösterilmektedir.

Tablo 4. İki aşamalı hücre bölünmeleri testi maddelerine ait ayırt edicilik ve güçlük indeksleri

Madde No	Ayırt Edicilik İndeksi	Güçlük İndeksi
1	0,45	0,47
2	0,48	0,42
3	0,47	0,42
4	0,34	0,14
5	0,68	0,60
6	0,50	0,62
7	0,46	0,31
8	0,68	0,50
9	0,61	0,30
10	0,64	0,37

İki aşamalı hücre bölünmeleri testinin yapı geçerliğini test etmek amacıyla açılımlayıcı faktör analizi yapılmıştır. Faktör analizi sayıtlarından olan örneklem büyüklüğü açısından veri yapısının uygunluğunu test etmek için Kaiser-Meyer-Olkin değeri incelenmiştir. Bu değer 0,73 olduğu görülmüştür, buna göre veri yapısının faktör analizi yapabilmek için yeterli olduğu değerlendirilmiştir (Büyüköztürk vd., 2015). Bartlett küresellik testi sonucunda elde edilen ki-kare değerinin 0.01 düzeyinde manidar olduğu ($\chi^2_{(45)} = 245,191$; $p=0,000$), buna göre verilerin çok değişkenli normallik sayıltısını karşıladığı görülmüştür. İki aşamalı hücre bölünmeleri testinin faktör yapısını ortaya koymak için en sık kullanılan faktörleşme tekniği olan temel bileşenler analizi (Tabachnick ve Fidel, 2001) seçilmiştir. Döndürme işlemi için dik döndürme yöntemlerinden maksimum değişkenlik (varimax) seçilmiştir. Yapılan faktör analizi sonucunda, testte yer alan 10 madde için özdeğeri 1'den yüksek olan üç bileşen olduğu tespit edilmiştir. Bu bileşenlerin toplam varyansa olan katkısı %52,82'dir. Açıklanan toplam varyans tablosu ve yamaç-birikinti grafiği (scree-plot) incelenerek, toplam varyansa yapılan katkı çerçevesinde değerlendirildiğinde, iki bileşenin varyansa katkısının önemli düzeyde olduğu, üçüncü bileşenin katkısının düşük olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre, faktör analizinin iki faktör için tekrarlanmasına karar verilmiştir. Bu karar verilirken, test maddelerinin ölçmeyi hedeflediği teorik yapının faktör sayısı ile uyumlu olmasının da anlamlı bir etkisi olmuştur. İki faktör için tekrarlanan analiz sonucunda, faktörlerin varyansa yaptıkları katkının toplam %42,68 olduğu görülmüştür. Çok faktörlü desenlerde, açıklanan varyansın %40 ile %60 arasında olması yeterli kabul edildiğinden (Büyüköztürk, 2018), belirlenen iki faktörün toplam varyansa yaptığı katkının yeterli olduğu görülmüştür. Birinci faktörün varyansı açıklama oranı %27,53, ikinci faktörün %15,14 olarak belirlenmiştir.

İki aşamalı hücre bölünmeleri testinin faktör yapısını ortaya koymak için yapılan açımlayıcı faktör analizi sonucunda elde edilen faktör deseni ve test maddelerinin faktör yük değerleri Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. İki aşamalı hücre bölünmeleri testinin faktör deseni

Maddeler	Hücre bölünmeleri	Kalıtım
5	,768	,070
8	,695	,252
10	,661	,254
9	,658	,154
6	,636	-,117
2	,457	,071
3	,334	,240
4	-,031	,786
7	,102	,715
1	,273	,392

Tablo 5’te görüldüğü üzere 2, 3, 5, 6, 8, 9 ve 10. maddeler 1. faktör altında toplanırken, 1, 4 ve 7. maddeler 2. faktör altında toplanmıştır. Maddeler incelendiğinde hücre bölünmeleri konusunun teorik alt yapısına uygun şekilde bir faktörleşme görülebilmektedir. 1. faktör altında yer alan maddeler mitoz, mayoz ve hücre bölünmeleri konularında sorular içerirken, 2. faktörde yer alan maddelerin DNA, gen ve kromozom kavramları ile bunlar arasındaki ilişkileri temel alan kalıtım konusuna ilişkin sorular oldukları görülmüştür. Tablo 5’te görüldüğü gibi 1. faktörde toplanan maddelerin yük değerleri 0,33 ile 0,77 arasında, 2. faktörde toplanan maddelerin yük değerleri 0,39 ile 0,79 arasında değişmektedir. Faktör yük değerlerinin büyüklüğü incelendiğinde 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10. maddelerin yük değerlerinin ‘çok iyi’ ve ‘mükemmel’ olarak sınıflandırılan nitelikte olduğu, 1, 2 ve 3. maddelerin ise kabul düzeyinin (0,32) üzerinde olduğu görülmüştür (Tabachnick ve Fidell, 2001).

İki aşamalı hücre bölünmeleri testi iki kategorili kodlanan (doğru yanıt: 1, yanlış/boş/geçersiz yanıt: 0) bir test olduğundan testin güvenilirliği KR-20 formülü ile hesaplanmış ve 0,74 olarak bulunmuştur. Bu değer 0,70’den büyük bir değer olması sebebi ile testin güvenilirliğinin yüksek olduğu ifade edilebilir (Büyüköztürk vd., 2021).

Tartışma ve Sonuç

Öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini ve sahip oldukları kavram yanılgılarını belirlemek amacıyla iki aşamalı testlerin kullanıldığı çalışmalar alan yazında önemli bir yer tutmaktadır (Chen vd., 2022; Emre, 2022; Haslam ve Treagust, 1987; Kılıç ve Sağlam, 2014; Kılıç vd., 2016; Lin, 2004; Mersin, 2018; Odom ve Barrow, 1995; Özbayrak ve Kartal, 2012; Özdemir, 2008; Özkan, 2017; Peterson vd., 1989; Sesli ve Kara, 2012; Tan vd., 2002; Tsui ve Treagust, 2010; Varoğlu vd., 2020; Wang, 2004; Yıldırım vd., 2015). Bu çalışmada ortaokul öğrencilerinin hücre bölünmeleri konusunda sahip oldukları kavramsal anlama düzeylerini ve kavram yanılgılarını belirlemek amacıyla iki aşamalı bir kavram testi geliştirilmiştir.

Geliştirilen iki aşamalı hücre bölünmeleri testinde yer alan sorular birinci aşamasında, öğrencilerin içerik bilgilerini ortaya çıkarırken; ikinci aşamasında, öğrencilerin verdikleri yanıtın nedenini belirlemeye yöneliktir. Böylece öğrencilerin ilgili konu ve kavramlara yönelik zihinlerindeki yapının ortaya çıkarılması, sahip oldukları kavramsal bilgilerin ve yanılgıların belirlenmesi hedeflenmiştir.

Testin geliştirilmesi sürecinde Treagust (1988) tarafından önerilen 3 ana bölümden oluşan 10 aşamalı yöntem izlenmiş ve bu kapsamda üç farklı uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamalardan ilki 6 öğrenci ile yarı yapılandırılmış görüşmeleri, ikincisi 67 öğrenciye açık uçlu sorular içeren iki aşamalı testin uygulanmasını ve üçüncü olarak iki aşamalı çoktan seçmeli testin 167 öğrenciye uygulanmasını içermektedir. Elde edilen veriler testin daha nitelikli hale gelmesi için test maddelerinin geliştirilmesi amacıyla değerlendirilmiştir. Testin kapsam geçerliği için bir öğretmen ve bir alan uzmanının görüşü alınmış, görüşleri doğrultusunda düzenlemeler yapılmış, ayrıca test geliştirme sürecinin bir aşaması olan belirtke tablosunun geliştirilmesi ile kapsam geçerliğinin kontrolü sağlanmıştır. Yapı geçerliğini test etmek amacıyla açımlayıcı faktör analizi gerçekleştirilmiş, iki aşamalı hücre bölünmeleri testinin iki faktörlü yapısı ortaya konulmuştur. Faktörlerin varyansa yaptıkları katkının toplam %43 olduğu belirlenmiştir. Nihayetinde test 10 adet iki aşamalı çoktan seçmeli sorudan oluşmaktadır. İki aşamalı testin madde ve test analizleri yapıldığında maddelerin ayırıcılık indeksleri 0,30'un üzerinde, testin ortalama güçlüğü 0,41 ve testin güvenilirliği 0,74 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar geliştirilen iki aşamalı testin hücre bölünmeleri konusunda ortaokul öğrencilerinin zihinlerindeki kavramsal yapıyı ve kavram yanılgılarını geçerli ve güvenilir bir şekilde belirleyebileceğini göstermektedir.

İki aşamalı hücre bölünmeleri testinin geliştirilmesi sürecinde yapılan uygulamaların çeşitliliği, geçerliğinin çok yönlü olarak test edilmesi, madde ve test analiz sonuçlarının iyi düzeyde bulunması testin güçlü yanlarını ortaya koymaktadır. Bununla beraber, geliştirilen test 2018 fen bilimleri dersi öğretim programında yer alan hücre bölünmeleri konusunda ilgili kazanımlar çerçevesinde sınırlıdır. İki aşamalı testler, geliştirilmesi sürecinde farklı uygulamalarla, yaygın olan kavram yanılgılarının belirlenmesi için çeşitli olanaklar tanınmasına rağmen tespit edilen kavram yanılgıları seçeneklerde sunulanlar ile sınırlıdır. İki aşamalı testlerin bu sınırlılığına karşın Treagust (2006) güçlü bir özelliğine dikkati çekmekte; iki aşamalı testlerin biçimlendirici değerlendirme amacıyla kullanılması ile öğrencilerin kavramları sorgulamaya ve anlamaya teşvik edeceğini vurgulamaktadır. Bu yönüyle iki aşamalı testler, öğrencilerin bilinen kavram yanılgılarının farkında olmalarına ve üzerinde düşünmelerine imkân vermektedir. İki aşamalı testlerin yapısı gereği soru sayısı doğrudan iki kat olmaktadır, bu nedenle fazla sayıda maddeye yer vermek testin metrik özelliklerine olumsuz etkide bulunabilmektedir. Ayrıca soru sayısının fazla olması testin kullanılabilirliğini de olumsuz etkileyebilmektedir. Testte yer alan madde sayısının kısıtlılığına rağmen, uygulama sonuçları geliştirilen iki aşamalı hücre bölünmeleri testinin öğrencilerde bulunan kavram yanılgılarını belirlemede etkili olduğunu göstermiştir. Chen vd. (2002) iki aşamalı testlerin uygulama ve puanlama kolaylığı sunması bakımından öğretmenler ve araştırmacılar tarafından dünya çapında ilgi gören geçerli ve güvenilir ölçme araçları olduğunu vurgulamaktadır. Bu testler etkili bir şekilde kullanıldığında öğrencilerin öğretim

programındaki fen kavramlarını daha derinlemesine anlamalarına katkıda bulunabilir (Treagust, 2006).

Öneriler

Araştırma sonuçlarından yola çıkarak, iki aşamalı hücre bölünmeleri testinin kullanılması ile ortaokul öğrencilerinin hücre bölünmeleri konusunda sahip oldukları kavramsal anlayışlarının ve kavram yanlışlarının etkili bir şekilde belirlenebileceği düşünülmektedir. Ayrıca iki aşamalı testin yaygın olarak kullanılması sonucunda hücre bölünmeleri konusunda kavram yanlışlarının belirlenerek öğretmenlere ve program geliştiricilere önemli çıktılar sunması hedeflenmektedir. Ortaokul fen bilimleri dersi öğretim programına uygun olarak geliştirilen testin, öğrencilerin hücre bölünmeleri konusunda anlama düzeylerini ve kavram yanlışlarını belirlemeye yönelik ilk iki aşamalı kavram tanı testi olması sebebiyle fen eğitimi alanına yeni bir katkı sağlaması beklenmektedir.

Çalışma kapsamında geliştirilen iki aşamalı hücre bölünmeleri testi ortaokul 7. ve 8. sınıf öğrencilerinin fen bilimleri dersi hücre bölünmeleri konusundaki kavramsal bilgilerini ve kavram yanlışlarını belirlemeye yönelik bir testtir. MEB 2018 ortaokul fen bilimleri dersi öğretim programında hücre ve bölünmeler ünitesi 7. sınıf kazanımlarında yer aldığından geliştirilen test 7. sınıflar için hazırlanmıştır, bununla beraber 8. sınıf öğrencileri için de kullanılabilir.

Çıkar Beyanı

Bu çalışmanın yazarları arasında herhangi bir çıkar çatışması söz konusu değildir.

Destek Beyanı

Çalışma için herhangi bir kurum veya kuruluştan destek alınmamıştır.

Etik ile İlgili Hususlar

Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir.

Tablo 6. Etik kurul bilgileri

Etik değerlendirmeyi yapan kurul adı	: Aksaray Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu
Etik değerlendirme kararının tarihi	: 25.04.2023
Etik değerlendirme belgesi sayı numarası	: 2023/03-48

Veri toplama aracının geliştirilmesi sürecinde yapılan uygulamalar için İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nden gerekli izinler alınmıştır. Öğrencilerin çalışmaya katılımları için veli izin formu ile onayları alınarak, çocuklarının kişisel bilgilerinin gizli kalacağı ve araştırmayla ilgisi olmayan kişilerle paylaşılmayacağı bildirilmiştir. Öğrencilere çalışma öncesi gerekli bilgiler açıklanmış ve uygulamalar katılımcılara gönüllülük esasına dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya katılan öğrenciler bilgilerinin gizliliğinin sağlanacağı ve araştırma amacı dışında kullanılmayacağı konusunda bilgilendirilmiştir.

Kaynakça

Akyürek, E., & Afacan, Ö. (2013). İlköğretim 8. sınıf öğrencilerinin “hücre bölünmesi ve kalıtım” ünitesindeki kavram yanlışlarının tespiti ve anoloji ile kavramsal değişim metinleri kullanılarak giderilmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi (KEFAD)*, 14(1), 175-193.

Alkan, İ., Akkaya, G., & Köksal, M. S. (2016). Fen bilgisi öğretmen adaylarının mitoz ve mayoz bölünmeye ilişkin kavram yanlışlarının model oluşturma yaklaşımıyla belirlenmesi. *Ondokuz Mayıs University Journal of Education Faculty*, 35(2), 121-135.

Aydın, G. (2011). *Öğrencilerin "hücre bölünmesi ve kalıtım" konularındaki kavram yanlışlarının giderilmesinde ve zihinsel modeller üzerinde yapılandırmacı yaklaşımın etkisi* (Tez No. 286527) [Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Aydın, G., & Balım, A. G. (2013). Öğrencilerin “hücre bölünmesi ve kalıtım” konularına ilişkin kavram yanlışları. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 338-348.

Başarır Uğur, A. R. (2018). *Fen bilgisi ve sınıf öğretmeni adaylarının maddenin halleri ve ısı sıcaklık konularındaki kavram yanlışlarının incelenmesi* [Yüksel lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Baykul, Y. (2000). *Eğitim ve psikolojide ölçme: Klasik test teorisi ve uygulaması* (5. baskı). Pegem Akademi.

Bedir, G. (2007). *Yeni ilköğretim fen ve teknoloji dersi öğretim programının öğrencilerin kavramsal anlamaları üzerine etkisi: Hücre bölünmesi ve kalıtım ünitesi örneği* [Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Bozdağ, H. C., & Ok, G. (2018). Dört aşamalı kavramsal ölçme aracı ile sekizinci sınıf öğrencilerinin hücre bölünmeleri konusundaki bilgi farkındalıkları ile kavram yanlışlarının belirlenmesi. *Sakarya University Journal of Education*, 8(2), 202-223.

Büyüköztürk, Ş. (2018). *Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı* (24. baskı). Pegem Akademi.

Büyüköztürk, Ş., Çokluk, Ö., & Köklü, N. (2015). *Sosyal Bilimler İçin İstatistik* (15. Baskı). Pegem Akademi.

Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2021). *Eğitimde bilimsel araştırma yöntemleri* (30. Baskı). Pegem Akademi.

Chattopadhyay, A. (2012). Understanding of mitosis and meiosis in higher secondary students of Northeast India and the implications for genetics education. *Education*, 2(3), 41-47.

Chen, C. C., Lin, H. S., & Lin, M. L. (2002). Developing a two-tier diagnostic instrument to assess high school students understanding the formation of images by a plane mirror. *Proceedings of National Science Council ROC(D)*, 12(3), 106-121.

Crocker, L., & Algina, J. (1986). *Introduction to classical and modern test theory* Harcourt. New York.

Çetinkaya, M., & Taş, E. (2016). “Vücudumuzda sistemler” ünitesine yönelik üç aşamalı kavram tanı testi geliştirilmesi. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 6(15), 317-330.

Dikmenli, M. (2010). Biyoloji öğretmen adaylarının hücre bölünmesine ilişkin yanılgıları: Bir çizim analizi. *Bilimsel Araştırma ve Deneme*, 5(2), 235-247.

Emre, M. (2022). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının çözeltiler konusundaki kavram yanılgılarının iki aşamalı test ile belirlenmesi* [Yüksek lisans tezi, İnönü Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Eyidoğan, F., & Güneysu, S. (2002, 16-18 Eylül). *İlköğretim 8. sınıf fen bilgisi kitaplarındaki kavram yanılgılarının incelenmesi* [Konferans bildiri özeti]. V. Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, Ankara, Türkiye.

Fenditasari, K., & Istiyono, E. (2020). Identification of misconceptions on heat and temperature among physics education students using four-tier diagnostic test. *Journal of Physics: Conference Series*, 1470(1), p. 012055.

Gurel, D. K., Eryılmaz, A., & Mcdermott, L. C. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 11(5), 989–1008.

Gülen, S. (2019). Comparison of knowledge levels of meiosis and mitosis divisions of seventh graders with mixed methods. *European Journal of Education Studies*, 5(10), 208-219.

Haslam, F., & Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions about photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple-choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21(3), 203-211.

Karataş Ö. F., Köse S. & Coştu B. (2003). Öğrenci yanılgılarını ve anlama düzeylerini belirlemede kullanılan iki aşamalı testler. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(1), 54-69.

Karataş Kartal, F., & Saylar, Ö. (2022). Ortaokul 6., 7. ve 8. sınıf öğrencilerinin kalıtım konusundaki kavram yanılgılarının belirlenmesi. *Journal of Individual Differences in Education*, 4(1), 37-52. <https://doi.org/10.47156/jide.1120311>

Kılıç, D. (2009). *Öğrencilerin genetik kavramları anlama düzeyleri ile mantıksal düşünme yetenekleri ve öğrenme yaklaşımları arasındaki ilişki* [Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Kılıç, D., & Sağlam, N. (2009). Development of a two-tier diagnostic test to determine students' understanding of concepts in genetics. *Eğitim Arastirmalari-Eurasian Journal of Educational Research*, 36, 227-244.

Kılıç, D., & Sağlam, N. (2014). Students' understanding of genetics concepts: The effect of reasoning ability and learning approaches. *Journal of Biological Education*, 48(2), 63-70. <https://doi.org/10.1080/00219266.2013.837402>

Kılıç, D., Taber, K. S., & Winterbottom, M. (2016). A cross-national study of students' understanding of genetics concepts: Implications from similarities and differences in England and Turkey. *Education Research International*, 2016, Article ID 6539626, 14 pages. <https://doi.org/10.1155/2016/6539626>

Kılıç Mocan, D. (2021). What do students really understand? Secondary education students' conceptions of genetics. *Science Insights Education Frontiers*, 10(2), 1405-1422. <https://doi.org/10.15354/sief.21.or061>

Kurt, E. (2020). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının hücre bölünmesi ve kalıtım konusundaki kavram yanlışlarının belirlenmesi* [Yüksel lisans tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Küçükaydın, M. A. (2020). Fen eğitiminde kavram öğretimi konulu araştırmaların sistematik derleme yöntemiyle incelenmesi. *Ege Eğitim Dergisi*, 21(2), 36-56.

Laçın Şimşek, C. (2022). *Fen öğretiminde kavram yanlışlarının tespiti ve giderilmesi* (2. Baskı). Pegem Akademi.

Lin, S. W. (2004). Development and application of a two-tier diagnostic test for high school students' understanding of flowering plant growth and development. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 175-199. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-6484-y>

Lukša, T., Radanoviš, I., Garašiš, D., ve Periš, M. S. (2016). Misconceptions of primary and high school students related to the biological concept of human reproduction, cell life cycle and molecular basis of heredity. *Journal of Turkish Science Education*, 13(3), 143-160.

Luwoye, A., Bello, G., & Adeoye, G. A. (2021). Influence of the demo kit on remediating senior school students' misconceptions in mitosis and meiosis in Ilorin, Nigeria. *Journal of Learning for Development*, 8(3), 557-567.

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Ankara.

Mersin, N. (2018). İki aşamalı teşhis testine göre ortaokul 5, 6 ve 7. sınıf öğrencilerinin orantısız akıl yürütmelerinin değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 7(4), 319-348. <https://doi.org/10.30703/cije.426627>

Murtonen, M., Nokkala, C., & Södervik, I. (2020). Challenges in understanding meiosis: fostering metaconceptual awareness among university biology students. *Journal of Biological Education*, 54(1), 3-16.

Odom, A. L., & Barrow, L. H. (1995). Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(1), 45-61. <https://doi.org/10.1002/tea.3660320106>

Ozcan, T., Yildirim, O., & Ozgur, S. (2012). Determining of the university freshmen students' misconceptions and alternative conceptions about mitosis and meiosis. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 3677-3680.

Oztas, H., & Oztas, F. (2016). A formal reasoning ability and misconceptions concerning genetic in middle school students. *Journal of Education and Practice*, 7(30), 128-130.

Özbayrak, Ö., & Kartal, M. (2012). Ortaöğretim 9. sınıf kimya dersi "bileşikler" ünitesi ile ilgili kavram yanlışlarının iki aşamalı kavramsal anlama testi ile tayini. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 32, 144-156.

Özdemir, A. (2008). *Üniversite öğrencilerinin hücre bölünmeleri ile ilgili kavram yanlışlarının iki aşamalı çoktan seçmeli bir test ile belirlenmesi* [Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Özkan, F. (2017). *7. sınıf sindirim sistemi konusunda iki aşamalı test geliştirilerek kavram yanlışlarının tespit edilmesi* [Yüksek lisans tezi, Erciyes Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Peterson, R. F., Treagust, D. F., & Garnett, P. J. (1989). Development and application of a diagnostic instrument to evaluate grade-11 and -12 students' concepts of covalent bonding and structure following a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(4), 301-314. <https://doi.org/10.1002/tea.3660260404>

Sesli, E., & Kara, Y. (2012). Development and application of a two-tier multiple choice diagnostic test for high school students' understanding of cell division and reproduction. *Journal of Biological Education*, 46(4), 214-225. <https://doi.org/10.1080/00219266.2012.688849>

Suprpto, N. (2020). Do we experience misconceptions?: An ontological review of misconceptions in science. *Studies in Philosophy of Science and Education*, 1(2), 50-55. <https://doi.org/10.46627/sipose.v1i2.24>

Suwono, H., Prasetyo, T. I., Lestari, U., Lukiati, B., Fachrunnisa, R., Kusairi, S., ... ve Atho'illah, M. F. (2021). Cell biology diagnostic test (CBD-Test) portrays pre-service teacher misconceptions about biology cell. *Journal of Biological Education*, 55(1), 82-105.

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2001). *Using Multivariate Statistics* (4th Edition). Allyn and Bacon, Boston.

Tan, K. C. D., Goh, N. K., Chia, S. L., & Treagust, D. F. (2002). Development and application of a two-tier multiple choice diagnostic instrument to assess high school students' understanding of inorganic chemistry qualitative analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(4), 283-301. <https://doi.org/10.1002/tea.10023>

Tekkaya, C., Çapa, Y., & Yılmaz, Ö., (2000). Biyoloji öğretmen adaylarının genel biyoloji konularındaki kavram yanlışları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18, 140 – 147.

Temelli, A. (2006). Lise öğrencilerinin genetikle ilgili konulardaki kavram yanlışlarının saptanması. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 14(1), 73-82.

Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159-169. <https://doi.org/10.1080/0950069880100204>

Treagust, D. F. (2006). Diagnostic assessment in science as a means to improving teaching, learning and retention. *UniServe Science – Symposium Proceedings: Assessment in science teaching and learning*, Uniserve Science, Sydney, Australia, p. 1-9.

Tsui, C. Y., & Treagust, D. (2010). Evaluating secondary students' scientific reasoning in genetics using a two-tier diagnostic instrument. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1073-1098. <https://doi.org/10.1080/09500690902951429>

Turan, M., & Koç, I. (2018). Sekizinci sınıf öğrencilerinin genetik kavramlarına ilişkin kavramsal anlamaları ve kavram yanlışları. *Başkent University Journal of Education*, 5(2), 107-121.

Ünlü, A. (2015). *İlköğretim öğrencilerinde kalıtımla ilgili kavram yanlışları* [Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.

Varoğlu, L., Yılmaz, A., & Şen, Ş. (2020). Kimyada kavram çiftlerine ilişkin iki- aşamalı kavram tanı testinin geliştirilmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 14(1), 316-347. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.655801>

Wang, J. R. (2004). Development and validation of a two-tier instrument to examine understanding of internal transport in plants and the human circulatory system. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 131-157. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-9323-2>

Williams, M., DeBarger, A. H., Montgomery, B. L., Zhou, X., & Tate, E. (2012). Exploring middle school students' conceptions of the relationship between genetic inheritance and cell division. *Science Education*, 96(1), 78–103. <https://doi.org/10.1002/sce.20465>

Yağbasan, R., & Gülçiçek, A. G. Ç. (2003). Fen öğretiminde kavram yanlışlarının karakteristiklerinin tanımlanması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(13), 102-120.

Yanarateş, E. (2022). Fen bilimleri eğitiminde karşılaşılan kavram yanlışlarına ilişkin lisansüstü tezlerin tematik içerik analizi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19(Özel Sayı), 182-213. <https://doi.org/10.33711/yyuefd.1068095>

Yıldırım, N., Tepe, M., Kuş, S., & Biberöglü, B. (2015). Kimyasal denge konusundaki kavram yanlışlarını belirlemeye yönelik kavram karikatürü destekli iki aşamalı test geliştirilmesi ve uygulanması. *Bayburt Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(2), 534-547.

Ekler

Ek 1. İKİ AŞAMALI HÜCRE BÖLÜNMELERİ TESTİ

1. Kromozom canlıda nerede bulunur?

- a) Genlerin yapısında b) Hücre zarında c) Hücre çekirdeğinde

Cevabınızın nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

- (1) Genler aracılığıyla kromozomlar nesillere aktarılır.
(2) Kromozomlar bölünme aşamasında olduğundan hücre zarında bulunur.
(3) Kromozomlar çekirdekte kromatin iplik halinde bulunur.
(4) Kromozomlar DNA'nın bir parçasıdır bu yüzden genlerde bulunur.

2. Mayoz canlıda nerede gerçekleşir?

- a) Sperm Hücresinde b) Vücut Hücrelerinde c) Eşey Ana Hücrelerinde

Cevabınızın nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

- (1) Mayoz üreme hücresinde gerçekleşir.
(2) Mayoz vücuttaki yaraları iyileştirir.
(3) Eşey hücrelerini mayoz oluşturur.
(4) Mayoz sperm hücresinde gerçekleşerek üremeyi sağlar.

3. I. Amip II. Kedi III. Papatya

Yukarıda verilen canlıların hangisi hücre bölünmesi geçirebilir?

- a) Yalnız I. b) I. ve II. d) I., II. ve III.

Cevabınızın nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

- (1) Hayvansal hücreler bölünebilir.
(2) Amip tek hücreli olduğundan bölünür, hayvan ve bitki bölünemez.
(3) Tüm canlılar çoğalmak için bölünmelidir.
(4) Hayvan ve bitki hücrelerinin çoğalması için bölünmesi gerekmez.

4. Göz rengini belirleyen gen nerede bulunur?

- a) Göz Hücresinde b) Eşey Hücresinde c) Bütün Hücrelerde

Cevabınızın nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

- (1) Her bölge kendine özgü geni taşır.
(2) Bir özelliği taşıyan gen tüm hücrelerde bulunur.
(3) Eşey hücresi bütün genleri taşır.
(4) Genler ilgili dokuda bulunur.

5. Aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?

- a) Mayoz sonucunda eşey hücresi oluşur.
b) Mayoz yaraların iyileşmesini sağlar.
c) Mayoz büyümeyi sağlar.

Cevabınızın nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

- (1) Mayoz hücrede gelişmenin yanı sıra yaraları iyileştirir.
(2) Mayoz tüm hücrelerde gerçekleşerek büyümeyi sağlar.
(3) Mayoz eşeyli üreme için gerekli olan eşey hücrelerini oluşturur.
(4) Yaranın olduğu bölgede mayoz gerçekleşir.

6. Aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?
- Mitoz mikroskobik canlılarda görülmez.
 - Mitoz çok hücreli canlılarda üremeyi sağlar.
 - Mitoz canlılarda yaraların iyileşmesini sağlar.

Cevabımızın nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

- Mikroskobik canlılarda üreme gözlenmediğinden mitoz görülmez.
- Mikroskobik canlılarda bölünme gözlenmediğinden mitoz görülmez.
- Çok hücreli canlıların üremesinden mitoz sorumludur.
- Çok hücreli canlılarda yaraların iyileşmesi mitozla sağlanır.

7. Aşağıda verilen ifadelerden hangisi yanlıştır?

- Genler bütün hücrelerimizde bulunur.
- Genler tek hücreli canlılarda bulunmaz.
- Göz hücremizde bulunan genler ve sinir hücremizde bulunan genler aynıdır.

Cevabımızın nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

- Her organın kendine özgü genleri vardır.
- Genler vücutta özelliklerimizi taşıyan bazı hücrelerde bulunur.
- Gen bulundurmeyen canlı yoktur.
- Sinir hücremizde görme yetisi olmadığından göz hücresinde bulunan genler bulunmaz.

8. Mayozda tür içi çeşitliliği sağlayan olay nedir?

- Kromozom sayısının yarıya inmesi
- Kromozomlar arasında parça değişimi
- Mayozun evreler halinde gerçekleşmesi

Cevabımızın nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

- Kromozom sayısı yarıya inerse çeşitli kromozom sayıları oluşur.
- Parça değişimi aynı türün özelliklerini farklılaştırır.
- Mayozun evreler halinde gerçekleşmesi her evrede yeni bir çeşitlilik sağlar.
- Kromozom sayısının yarıya inmesi tür içinde görülen özelliklerin farklılaşmasını sağlar.

9. Mayozda türler içinde kromozom sayısının sabit kalmasının sebebi aşağıdakilerden hangisidir?

- Kromozom sayısının yarıya inmesi
- Kromozomlar arasında parça değişimi
- DNA'nın kendini eşlemesi

Cevabımızın nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

- DNA iki katına çıktığında gelecek nesillere kromozom aynen aktarılmış olur.
- Kromozom sayısı yarıya inmezse kromozom sayısı artarak nesillere aktarılır.
- Parça değişimi kromozom sayısının artmasına engel olur.
- Kromozomlarda parça değişimi gelecek nesillerin aynı kromozoma sahip olmasını sağlar.

10. Mitoz ile ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

- Mitoz tüm canlılarda görülür.
- Mitoz sonucu oluşan hücrelerin kalıtsal özellikleri aynıdır.
- Mitoz tür içi çeşitlilik için gereklidir.

Cevabımızın nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

- Mitoz sonucu farklı hücreler olduğundan kalıtsal özellikler de farklıdır.
- Mitoz tek hücreliler hariç tüm canlılarda görülür.
- Mitoz sonucu birbiri ile aynı hücreler oluşur.
- Mitoz yalnızca bitkilerde görülür.

EXTENDED SUMMARY

Due to the nature of science, most concepts in the content of science courses are encountered by students in their daily lives. The prior knowledge that students have sometimes causes new concepts to be learned incorrectly. Misunderstanding of the subjects by students and incorrect learning from daily life can cause misconceptions. Misconception is defined as the formation of incorrect concepts as a result of students' misinterpretation of new concepts by associating them with old concepts that exist in their minds while establishing a connection between a concept and other concepts. Since students' meaningful learning of science subjects is the main goal of science education, determining students' conceptual understanding levels and developing strategies to reveal and eliminate misconceptions are among the important research topics. Studies conducted on conceptual understanding in science courses have found that students' understanding of cell and heredity subjects is low and that they have misconceptions. Not understanding the subject of cell divisions well causes students to have difficulties in the following educational steps. It is known that misconceptions held in secondary school create misconceptions in students' learning of concepts in their later educational lives. When the literature is examined, it is seen that positive results have been obtained from studies aimed at eliminating misconceptions, and accordingly, it is thought that positive attitudes and future academic success will increase by eliminating students' misconceptions at an earlier age.

Two-tier tests developed to measure students' knowledge levels and justifications on the subject are among the recommended data collection tools to determine conceptual understanding levels and misconceptions. When the relevant literature was examined, it was seen that there was a need to develop a valid and reliable two-tier test, as no two-tier diagnostic test that could be applied to secondary school students to determine misconceptions about cell divisions was found. For these reasons, the aim of the study was to develop a two-tier test to determine the conceptual understanding and misconceptions of secondary school students about cell divisions. It is expected that the two-tier test developed in the study will provide information about the students' understanding level of cell divisions and the conceptual structure in their minds.

The research was conducted with 7th and 8th grade students to develop a two-tier test on cell divisions. In the research, three different applications were made during the test development process, and in these applications, various numbers of students from different grade levels were studied. First, a semi-structured interview was conducted with six 8th grade students. After the interviews, two-tier test questions were created, the second tier of which was open-ended. In this test, the first tier consisted of questions with four options, and the students were asked to write the reason for their answers as open-ended in the second tier of the questions. This version of the test was applied to 60 students. In the next step of test development, a two-tier test was created that included multiple-choice reasons for the students' answers to the questions in the first tier of each item in the test. In this form of the test, the first tier of questions consists of knowledge questions with three options, while the second tier consists of four options consisting of justifications. This form of the two-tier test was applied to 167 students.

The evaluation of the data obtained by applying the developed two-tier cell divisions test was calculated by scoring the answers to the first and second tiers together. For the scoring resulting from the evaluation of the tiers together, 1 point was given if the answer to the first and second tier questions was correct, 0 point was given if it was incorrect, and 0 point was given if it was empty or invalid. The highest score that can be obtained from the test is 10. Item analysis was performed to determine the difficulty and discrimination values of the test items. Exploratory factor analysis was conducted to reveal the construct validity of the two-tier test consisting of 10 items. The reliability coefficient of the two-tier cell divisions test was calculated using the Kuder-Ricardson 20 (KR-20) formula.

While the questions in the two-tier cell divisions test reveal in the first tier the content knowledge of the students, the second tier aims to determine the reason for the students' answers. For the content validity of the test, the opinions of a teacher and a field expert were taken, adjustments were made in line with their opinions, and the content validity was checked by developing the specification table, which is a stage of the test development process. As a result of the exploratory factor analysis performed to test the construct validity, the two-factor structure of the two-tier cell divisions test was revealed. It was determined that the total contribution of the factors to the variance was 43%. The discrimination indexes of the items in the two-tier test were calculated as over 0.30, the average difficulty of the test was 0.41, and the reliability of the test was calculated as 0.74. These results show that the developed two-tier test can validly and reliably determine the conceptual structure and misconceptions in the minds of secondary school students about cell divisions. The variety of applications made during the development of the two-tier cell divisions test, the versatile testing of its validity, and the good level of item and test analysis results reveal the strengths of the test. Based on the research results, it is thought that the conceptual understanding and misconceptions of secondary school students about cell divisions can be effectively determined by using the two-tier cell divisions test. In addition, as a result of the widespread use of the two-tier cell divisions test, it is aimed at providing important outputs to teachers and program developers by determining misconceptions about cell divisions more comprehensively.