

Ortaokul öğrencilerinin fiziksel uygunluk risk profillerinin belirlenmesi

Mehmet Irmak ¹ , Gürkan Sarıdaş ² 

¹Milli Eğitim Bakanlığı, Denizli, Türkiye, E-mail: irmak20@gmail.com

²Pamukkale İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü, Denizli, Türkiye, E-mail: theapeiron@gmail.com

Özet

Bu araştırmanın amacı, ortaokul öğrencilerinin fiziksel uygunluk göstergeleri temelinde doğal risk profillerini çok değişkenli istatistiksel yaklaşımlarla belirlemek ve bu profilleri ayırt eden temel karar mekanizmalarını ortaya koymaktır. Araştırma, betimsel ve ilişkisel tarama modelinde tasarlanmıştır; ileri düzey istatistiksel sınıflandırma teknikleri benimsenmiştir. Çalışma grubunu 9-15 yaş aralığında 449 ortaokul öğrencisi oluşturmaktadır. Analizlerde yaş, boy, vücut ağırlığı, vücut kütle indeksi (BMI), mekik sayısı ve esneklik ölçümleri kullanılmıştır. Veriler, iki aşamalı kümeleme analizi ile gruplandırılmış; elde edilen kümelerin profilleri CHAID karar ağacı algoritması ile modellenmiştir. Kümeleme analizi sonucunda öğrencilerin yüksek risk, atletik/yüksek performans ve gelişimsel/başlangıç olmak üzere üç farklı fiziksel uygunluk profiline ayrıştığı belirlenmiştir. CHAID analizi, esnekliğin birincil ayırt edici değişken olduğunu, vücut ağırlığının ise esneklikle etkileşimli olarak kritik eşik değerler üzerinden risk profillerini belirlediğini göstermiştir. Modelin sınıflandırma başarısının yüksek ve genellenebilir olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, ortaokul öğrencilerinin fiziksel uygunluk risk profilleri çok değişkenli istatistiksel sınıflandırma algoritmaları yüksek doğrulukla belirlenebilmekte; esneklik ve vücut ağırlığı bu profillerin ayırt edilmesinde kritik belirleyiciler olarak öne çıkmaktadır. Bu doğrultuda, okul temelli fiziksel uygunluk değerlendirme sistemlerinin yalnızca BMI gibi tekil göstergelere dayanmaktan çıkarılarak, esneklik ve performans bileşenlerini içeren çok değişkenli ve veri temelli tarama modelleriyle yeniden yapılandırılması önerilmektedir.

Received : 03.02.2026

Accepted: 25.04.2026

Published: 05.05.2026

Anahtar Kelimeler

CHAID karar ağacı, fiziksel uygunluk, ortaokul öğrencileri, kümeleme analizi, risk profili

Data-Driven identification of physical fitness risk profiles in middle school students

Abstract

The aim of this study is to identify natural physical fitness risk profiles among middle school students based on physical fitness indicators using multivariate statistical approach and to reveal the key decision mechanisms that distinguish these profiles. The study was designed as a descriptive and correlational cross-sectional study; advanced statistical classification techniques were employed. The sample consisted of 449 middle school students aged between 9 and 15 years. The analyses included age, height, body weight, body mass index (BMI), sit-up performance, and flexibility measurements. The data were grouped using a two-step cluster analysis, and the resulting clusters were modeled using the CHAID decision tree algorithm. The findings indicated that students were classified into three distinct physical fitness profiles: high-risk, athletic/high-performance, and developmental/beginner. The CHAID analysis revealed that flexibility was the primary discriminating variable, while body weight played a critical role in determining risk profiles through its interaction with flexibility at specific threshold values. The classification model demonstrated high accuracy and strong generalizability. In conclusion, physical fitness risk profiles of middle school students can be identified with high accuracy using multivariate statistical classification algorithms, with flexibility and body weight emerging as key determinants in distinguishing these profiles. Accordingly, it is recommended that school-based physical fitness assessment systems move beyond reliance on single indicators such as BMI and be restructured into multidimensional, data-driven screening models that incorporate flexibility and performance-based components.

Corresponding author

Gürkan Sarıdaş
(theapeiron@gmail.com)

Keywords

CHAID decision tree physical fitness, middle school students, cluster analysis, risk profiling

How to cite: Irmak, M., & Sarıdaş, G. (2026). Ortaokul öğrencilerinin fiziksel uygunluk risk profillerinin belirlenmesi. *Education, Science and Sport*, 8, e1880236. <https://doi.org/10.70053/esas.1880236>

GİRİŞ

Çocukluk ve erken ergenlik dönemi, bireyin yaşam boyu sağlık davranışlarının ve fiziksel uygunluk düzeyinin temellerinin atıldığı kritik bir gelişim evresidir. Bu dönemde kazanılan ya da ihmal edilen fiziksel aktivite alışkanlıkları; obezite, kardiyovasküler hastalıklar ve metabolik sendrom gibi kronik sağlık sorunlarının görülme olasılığı üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır (WHO, 2020). Özellikle okul çağındaki çocuklarda fiziksel uygunluğun sistematik biçimde izlenmesi, yalnızca mevcut performans düzeyinin belirlenmesi açısından değil, aynı zamanda gelecekte ortaya çıkabilecek sağlık risklerinin erken dönemde ön görülebilmesi bakımından da önemli görülmektedir (Janssen & LeBlanc, 2010).

Fiziksel uygunluk; kardiyorespiratuvar dayanıklılık, kassal kuvvet ve dayanıklılık, esneklik ile vücut kompozisyonu gibi birbiriyle etkileşim hâlindeki çoklu bileşenlerden oluşan bütüncül bir yapı olarak tanımlanmaktadır (Caspersen vd., 1985; Silva, & Tremblay, 2025). Buna karşın, okul temelli tarama ve değerlendirme uygulamalarının büyük bir bölümünde fiziksel uygunluk çoğunlukla vücut kütle indeksi (BMI) gibi tekil antropometrik göstergeler üzerinden ele alınmakta; performans dayalı ve işlevsel bileşenler ikincil bir konuma indirgenmektedir (Tomkinson vd., 2018). Oysa yalnızca BMI'ye dayalı değerlendirmeler, özellikle büyüme ve biyolojik olgunlaşma hızlarının bireyler arasında belirgin biçimde farklılaştığı ortaokul döneminde, öğrencilerin fiziksel risk profillerini yeterince hassas ve doğru biçimde yansıtamamaktadır (Malina vd., 2004).

Son yıllarda eğitim ve sağlık bilimlerinde, çok değişkenli veri setleri içerisindeki karmaşık örüntüleri ortaya çıkarmayı amaçlayan çok değişkenli keşfedici istatistiksel analiz yaklaşımlarına olan ilgi giderek artmaktadır. Özellikle kümeleme algoritmaları, bireyleri önceden tanımlanmış kategorilere zorlamaksızın benzer özelliklere sahip doğal gruplar oluşturma olanağı sunarken; karar ağacı modelleri bu grupları ayırt eden kritik eşik değerlerini yorumlanabilir ve uygulanabilir bir biçimde ortaya koymaktadır (Rokach & Maimon, 2008). Bu yönüyle ileri istatistiksel kümeleme ve sınıflandırma yöntemleri, okul temelli sağlık izleme sistemlerinde yalnızca betimleyici değil, aynı zamanda karar destekleyici bir işlev üstlenme potansiyeline sahiptir.

Uluslararası literatürde çocuk ve ergenlerin fiziksel uygunluk profillerinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda kümeleme ve sınıflandırma temelli yöntemlerin kullanıldığı görülmekle birlikte, bu çalışmaların önemli bir bölümünde analizlerin tek bir performans boyutuna ya da sınırlı sayıda değişkene odaklandığı dikkat çekmektedir (Lang et al., 2018). Türkiye bağlamında ise okul çağındaki çocukların fiziksel uygunluk düzeylerini çok değişkenli ve keşfedici analiz teknikleriyle ele alan ampirik çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Oysa Millî Eğitim Bakanlığı tarafından uygulanan "Fiziksel Uygunluk Karnesi" gibi sistematik veri toplama mekanizmaları, ileri düzey kümeleme analizi ve çok değişkenli istatistiksel yaklaşımlar için önemli bir potansiyel barındırmaktadır. Araştırmanın, okul temelli sağlık taramalarında tek değişkenli değerlendirmelerin ötesine geçilmesine katkı sağlaması ve erken risk belirleme süreçlerine bilimsel dayanak sunması beklenmektedir.

Literatür Taraması

Fiziksel uygunluk, bireyin günlük yaşam aktivitelerini aşırı yorgunluk duymadan sürdürebilmesini sağlayan fizyolojik kapasiteyi ifade etmekte olup; kardiyorespiratuvar dayanıklılık, kassal kuvvet ve dayanıklılık, esneklik ve vücut kompozisyonu gibi birden fazla bileşenin etkileşimine dayanmaktadır (Caspersen vd., 1985). Okul çağındaki çocuklarda bu bileşenlerin dengeli biçimde gelişmesi, yalnızca sportif performans açısından değil, aynı zamanda genel sağlık durumu ve psikososyal iyilik hâli açısından da kritik bir öneme sahiptir (Ortega vd., 2008).

Literatürde, düşük fiziksel uygunluk düzeylerinin çocukluk ve ergenlik döneminde obezite, insülin direnci ve kardiyovasküler risk faktörleriyle anlamlı biçimde ilişkili olduğu; bu risklerin yetişkinlik dönemine taşınabildiği vurgulanmaktadır (Janssen & LeBlanc, 2010). Bu nedenle birçok ülke, okul temelli fiziksel uygunluk izleme sistemlerini erken risk taramasının temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirmektedir (Lang vd., 2018).

Okul temelli taramalarda en sık kullanılan göstergelerden biri vücut kütle indeksi dir (BMI). BMI, popülasyon düzeyinde obezite eğilimlerinin izlenmesinde pratik bir araç olmakla birlikte, bireysel düzeyde fiziksel uygunluğu ve performansı açıklamada sınırlı bir geçerliğe sahiptir (Tomkinson vd., 2018). Özellikle çocukluk ve ergenlik döneminde büyüme hızları, biyolojik olgunlaşma düzeyi ve

kas-kütle oranındaki farklılıklar, BMI'nin sağlık risklerini tek başına doğru biçimde yansıtmasını güçleştirmektedir (Malina vd., 2004). Araştırmalar, benzer BMI değerlerine sahip çocukların fiziksel performans, esneklik ve kassal dayanıklılık açısından oldukça farklı profiller sergileyebildiğini göstermektedir (Ortega vd., 2008). Bu durum, fiziksel uygunluğun tekil göstergeler yerine çok boyutlu ve bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerektiğine işaret etmektedir. Dolayısıyla BMI odaklı değerlendirmelerin, özellikle okul temelli erken risk belirleme süreçlerinde yanlış sınıflandırmalara yol açabileceği ifade edilmektedir (Lang vd., 2018).

Uluslararası literatürde okul temelli fiziksel uygunluk izleme programlarının yaygınlaştığı görülmektedir. Özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika'da, öğrencilerin fiziksel uygunluk düzeylerini düzenli aralıklarla değerlendiren ve bu verileri ulusal veri tabanlarında toplayan sistemler oluşturulmuştur (Tomkinson vd., 2018). Bu çalışmaların önemli bir bölümü, öğrencileri normatif referans değerlerle karşılaştırmaya dayalıdır ve genellikle tek tek değişkenlerin betimlenmesiyle sınırlı kalmaktadır. Bununla birlikte son yıllarda, fiziksel uygunluk göstergeleri üzerinden risk profillerinin belirlenmesine yönelik yaklaşımlar ön plana çıkmaya başlamıştır. Bu çalışmalar, öğrencilerin yalnızca "iyi" veya "yetersiz" olarak sınıflandırılmasının ötesine geçerek, benzer özelliklere sahip alt grupların tanımlanmasını amaçlamaktadır (Lang vd., 2018). Ancak bu alandaki araştırmaların önemli bir kısmında, kullanılan istatistiksel yöntemlerin değişkenler arasındaki karmaşık etkileşimleri yeterince yansıtamadığı belirtilmektedir.

Literatürde heterojen özellikler sergileyen popülasyonların analizinde keşfedici istatistiksel yaklaşımların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Örneğin; kümeleme analizleri, bireyleri önceden tanımlanmış sınıflara zorlamadan, benzer özelliklere sahip doğal gruplar oluşturma avantajı sunmaktadır (Kaufman & Rousseeuw, 2009). Bu yönüyle kümeleme yöntemleri, heterojen özellikler sergileyen çocuk ve ergen popülasyonlarının analizinde güçlü bir araç olarak değerlendirilmektedir. Karar ağacı algoritmaları ise elde edilen değişkenler arası etkileşimleri de dikkate alarak grupları ayırt eden kritik değişkenleri ve eşik değerlerini görsel ve yorumlanabilir bir biçimde ortaya koymaktadır. Özellikle CHAID algoritması, kategorik ve sürekli değişkenleri eş zamanlı olarak ele alabilmesi nedeniyle eğitim ve sağlık araştırmalarında yaygın biçimde kullanılmaktadır (Rokach & Maimon, 2008). Fiziksel uygunluk alanında karar ağacı temelli çalışmalar, risk gruplarının belirlenmesinde tekil göstergeler yerine değişkenler arası etkileşimleri dikkate alan daha esnek modeller sunmaktadır.

Türkiye'de okul çağındaki çocukların fiziksel uygunluk düzeylerine ilişkin çalışmaların büyük bölümü betimsel istatistiklere ve geleneksel grup karşılaştırmalarına dayanmaktadır. Çok değişkenli ve keşfedici veri analizi tekniklerinin kullanımı ise sınırlı düzeyde olduğu görülmektedir. Oysa Millî Eğitim Bakanlığı tarafından uygulanan "Fiziksel Uygunluk Karnesi" gibi sistematik veri toplama uygulamaları, keşfedici (exploratory) istatistiksel analizler için önemli bir potansiyel sunmaktadır. Bu bağlamda, fiziksel uygunluk göstergeleri üzerinden doğal risk profillerinin belirlenmesi ve bu profilleri ayırt eden karar mekanizmalarının ortaya konulması, Türkiye'de okul temelli sağlık izleme ve müdahale programları için önemli bir bilimsel boşluğu doldurabilecek niteliktedir. Mevcut çalışma, bu boşluğu gidermeye yönelik olarak keşfedici ve sınıflandırmaya dayalı bütüncül bir model sunmayı hedeflemektedir. Bu araştırmanın amacı, ortaokul öğrencilerinin fiziksel uygunluk göstergeleri temelinde doğal risk profillerini keşfedici istatistiksel bir yaklaşımla belirlemek ve bu profilleri ayırt eden temel karar mekanizmalarını ortaya koymaktır. Bu amaç kapsamında araştırma sorusu şu şekilde belirlenmiştir: Ortaokul öğrencilerinin yaş, antropometrik özellikler ve fiziksel performans göstergeleri dikkate alındığında, keşfedici ve sınıflandırmaya dayalı istatistiksel analizler yoluyla anlamlı ve ayırt edici fiziksel uygunluk risk profilleri belirlenebilir mi?

Bu araştırma sorusu kapsamında alt araştırma soruları şu şekildedir:

- İki aşamalı kümeleme analizi sonucunda elde edilen fiziksel uygunluk risk profilleri, öğrencilerin fiziksel ve demografik özellikleri açısından istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklılaşmakta mıdır?
- CHAID karar ağacı analizi kullanılarak, öğrencileri farklı fiziksel uygunluk risk profillerine ayıran kritik değişkenler ve eşik değerleri ortaya konulabilir mi?

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

Bu araştırma, nicel araştırma yöntemlerinden betimsel tarama ve ilişkisel tarama modelinde tasarlanmıştır. Araştırmada öğrencilerin fiziksel uygunluk verileri üzerinden doğal gruplaşmaların belirlenmesi ve bu grupların ayırt edici özelliklerinin kestirilmesi amaçlandığı için ileri düzey istatistiksel kümeleme ve karar ağacı (sınıflandırma) modelleri benimsenmiştir.

Çalışma Grubu

Araştırmanın örneklemini, ortaokul seviyesinde öğrenim gören, yaşları 9 ile 15 arasında değişen toplam 449 öğrenci oluşturmaktadır. Başlangıçta toplanan veri seti uç değer kontrolünden geçirilmiş; boy, kilo ve performans değerlerinde hatalı veya aşırı uç değer gösteren 4 adet gözlem analiz dışı bırakılarak nihai örneklem sayısına ulaşılmıştır.

Veri Toplama Araçları

Fiziksel uygunluk, bireyin günlük yaşam aktivitelerini aşırı yorgunluk duymaksızın canlı bir biçimde sürdürebilmesi ve serbest zamanlarını aktif uğraşlarla değerlendirebilmesi için gerekli olan enerji kapasitesini temsil etmektedir. Bireyin fiziksel ölçümlerinin, kendi yaş ve cinsiyet grubuna özgü belirlenen standart değerlerin altında kalması (esneklik azlığı, düşük kassal dayanıklılık veya obezite gibi), fiziksel uygunluk yetersizliği olarak tanımlanmakta ve bu durum kronik sağlık riskleri ile doğrudan ilişkilendirilmektedir. Bu çerçevede, okul çağı çocuklarının fiziksel gelişim süreçlerini izlemek, sağlıkla ilgili fiziksel uygunluk düzeylerini değerlendirmek ve olası yetersizlikleri saptamak amacıyla Milli Eğitim Bakanlığı tarafından uygulanan sistematik takip mekanizmaları mevcut olup, okullarda öğrenim gören öğrencilere belirli aralıklarla bazı fiziksel özellikler ölçümleri yapılarak E-okul sistemine işlenmekte, öğrencilerin durumları belirli bir süreliğine okul web sitelerinde anonim olarak erişime açılmaktadır. Araştırmada kullanılan veriler bir ortaokulda öğrenim gören 5-8. sınıf aralığındaki öğrencilere ait "Fiziksel Uygunluk Karnesi" parametrelerinden elde edilmiştir. Analize bu bağlamda dahil edilen değişkenler şunlardır:

- **Antropometrik Ölçümler:** Vücut ağırlığı (kg), boy uzunluğu (cm) ve Vücut Kitle İndeksi (BMI - $Ağırlık(kg) / Boy(mt)^2$).
- **Fiziksel Performans Testleri:** Mekik sayısı (karın kası dayanıklılığı) ve Esneklik ölçümü (Sağ ve Sol otur-eriş testi ortalaması).
- **Demografik Veri:** Yaş.

Verilerin Analizi

Verilerin analizi süreci dört temel aşamada gerçekleştirilmiştir:

1. *Veri Ön İşleme ve Uç Değer Analizi:* Veri setinin normal dağılım ve homojenlik varsayımları incelenmiştir. Her bir değişken için Kutu Grafiği (Boxplot) analizi yapılarak biyolojik olarak imkânsız veya istatistiksel olarak aşırı uç değer sergileyen veriler temizlenmiştir.
2. *İki Aşamalı Kümeleme (Two-Step Cluster):* Öğrencileri benzer fiziksel özelliklerine göre gruplandırmak amacıyla "İki Aşamalı Kümeleme" analizi uygulanmıştır. Bu yöntemin seçilme nedeni hem sürekli hem de kategorik verileri eş zamanlı işleyebilmesi ve optimal küme sayısını otomatik olarak belirleyebilmesidir (Chiu vd., 2001). Mesafe ölçümü olarak Log-Likelihood kullanılmış ve küme sayısı belirlenmesinde Schwarz's Bayesian Criterion (BIC) baz alınmıştır. Kümeleme kalitesi Silhouette (Silüet) katsayısı ile test edilmiştir.
3. *Profil Doğrulama (ANOVA):* Elde edilen kümelerin istatistiksel olarak birbirinden anlamlı derecede farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek amacıyla Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA) yapılmıştır.
4. *Karar Ağacı Analizi (CHAID):* Kümeleme sonucunda oluşan bağımlı değişkenin (risk grupları) profilini çıkarmak ve karar eşiklerini belirlemek için CHAID (Chi-square Automatic Interaction Detector) algoritması kullanılmıştır.
 - Dallanma Kriteri: Pearson Ki-kare testi ($p < .05$).
 - Model Doğrulama: Modelin genellenebilirliğini test etmek için 10-katlı çapraz doğrulama (10-fold cross-validation) yöntemi uygulanmıştır.

- **Düğüm Kapasitesi:** Ağacın aşırı büyümesini önlemek amacıyla minimum ana düğüm (parent node) kapasitesi 40, minimum uç düğüm (child node) kapasitesi 20 olarak ayarlanmıştır.

Analizlerin tamamı IBM SPSS Statistics v26.0 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Anlamlılık düzeyi tüm testlerde $p < .05$ olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

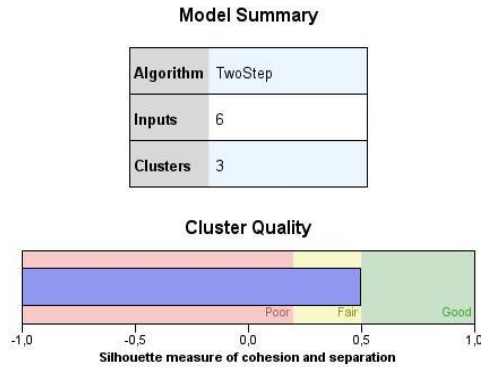
Bu araştırmada, öğrencilerin fiziksel uygunluk düzeylerine göre doğal risk gruplarının belirlenmesi ve bu grupların ayırt edici özelliklerinin saptanması amacıyla aşamalı bir analiz stratejisi izlenmiştir. İlk aşamada öğrencilerin fiziksel parametreleri üzerinden İki Aşamalı Kümeleme (Two-Step Cluster) analizi yapılmış, ikinci aşamada ise elde edilen kümelerin profilleri CHAID Karar Ağacı algoritması ile modellenmiştir.

Fiziksel Uygunluk Profillerinin Belirlenmesi: Kümeleme Analizi

Öğrencilerin yaş, ağırlık, boy, mekik sayısı, esneklik ortalaması ve vücut kütle indeksi (BMI) değişkenleri kullanılarak yapılan iki aşamalı kümeleme analizi sonucunda, veri setinin en iyi üç kümeli yapıda modellendiği görülmüştür. Modelin kümeleme kalitesini gösteren Silhouette (Silüet) katsayısı 0.5 olarak hesaplanmış olup (şekil 1), bu değer kümelerin birbirinden net bir biçimde ayrıştığını ve kabul edilebilir bir kümeleme kalitesine ulaştığını kanıtlamaktadır (Kaufman & Rousseeuw, 2009).

Şekil 1.

Kümeleme analizi sonuçları



Kümelerin demografik ve fiziksel özellikler açısından karşılaştırılması ve kümeleme işleminin geçerliliğinin test edilmesi amacıyla yapılan Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1.

Kümelerin fiziksel özelliklerine göre karşılaştırılması ve profil analizi (n= 449)

Değişken	Küme 1 (n=90)	Küme 2 (n=128)	Küme 3 (n=231)	F	p
Yaş (Yıl)	12.46 ± 0.82	12.20 ± 0.75	10.52 ± 0.61	370.05	.000*
Ağırlık (kg)	60.53 ± 7.40	41.32 ± 5.02	38.42 ± 8.45	297.31	.000*
Boy (cm)	162.60 ± 7.19	155.19 ± 6.82	145.36 ± 7.21	213.54	.000*
Mekik Sayısı	23.29 ± 8.03	29.47 ± 5.79	20.20 ± 9.12	54.19	.000*
Esneklik Ort.	216.11 ± 23.92	235.23 ± 22.69	158.66 ± 18.86	617.26	.000*
BMI İndeksi	22.96 ± 2.96	17.16 ± 1.79	18.06 ± 3.13	131.55	.000*

* $p < .001$

Tablo 1'de sunulan Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) sonuçları, kümeleme değişkenlerinin tamamında gruplar arasında istatistiksel olarak ileri düzeyde anlamlı farklar olduğunu ortaya

koymuştur ($p < .001$). Yapılan çoklu karşılaştırma (Post-Hoc) testleri, tüm değişkenler için kümeler arasındaki farkların ikili karşılaştırmalarda da anlamlı olduğunu doğrulamıştır. Bu bulgular ışığında oluşan üç kümenin profilleri şu şekilde karakterize edilmiştir:

Küme 1 (Yüksek Risk / Sedanter Profil): Örneklemin %20'sini ($n=90$) oluşturan bu grup, en yüksek yaş (12.46 ± 0.82) ve vücut ağırlığı (60.53 ± 7.40 kg) ortalamasına sahiptir. Grubun BMI ortalaması (22.96 ± 2.96), diğer iki kümeden anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Bu gruptaki öğrencilerin boy uzunluğu en yüksek seviyede olmasına rağmen, mekik (23.29) ve esneklik (216.11) gibi performans parametrelerinin yaşça kendilerine yakın olan Küme 2'nin gerisinde kaldığı görülmektedir. Bu profil, fiziksel gelişimle birlikte artan vücut ağırlığının performans üzerinde baskılayıcı bir unsur olduğu "Yüksek Risk" grubunu temsil etmektedir.

Küme 2 (Atletik / Yüksek Performans Profili): Örneklemin %28.5'ini ($n=128$) oluşturan bu grup, sağlıkla ilgili fiziksel uygunluk bileşenleri açısından en ideal profili sergilemektedir. Yaş ortalaması (12.20 ± 0.75) Küme 1 ile benzerlik gösterse de, bu grubun BMI ortalaması (17.16 ± 1.79) tüm gruplar içindeki en düşük ve sağlıklı değerdir. Özellikle mekik sayısı (29.47 ± 5.79) ve esneklik ortalaması (235.23 ± 22.69) bakımından diğer tüm kümelerden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek performans göstermişlerdir ($p < .001$). Bu grup, araştırmanın "referans/ideal" fiziksel uygunluk kümesi olarak tanımlanmıştır.

Küme 3 (Gelişimsel / Başlangıç Profili): Örneklemin %51.4'ünü ($n=231$) oluşturan en kalabalık gruptur. Bu kümenin temel ayırıcı özelliği, en düşük yaş ortalamasına (10.52 ± 0.61) sahip olmasıdır. Yaş gelişimine paralel olarak vücut ağırlığı (38.42 kg) ve boy uzunluğu (145.36 cm) diğer gruplardan anlamlı derecede düşüktür. Fiziksel performans değerlerinin (Mekik: 20.20; Esneklik: 158.66) örneklem ortalamasının altında kalması, bu gruptaki yetersizliğin sağlık riskinden ziyade biyolojik olgunlaşma süreciyle ilişkili olduğunu düşündürmektedir.

Genel bir değerlendirme yapıldığında; ANOVA sonuçları, iki aşamalı kümeleme analizinin öğrencileri sadece yaşa göre değil, yaşla etkileşimli olarak fiziksel performans ve vücut kompozisyonu (BMI indeksi) temelinde homojen ve birbirinden farklı karakterdeki üç doğal gruba başarıyla ayırdığını kanıtlamıştır.

Risk Gruplarının Karar Mekanizmaları: CHAID Analizi

Belirlenen üç kümenin hangi eşik değerlerine (cut-off points) göre ayrıştığını belirlemek amacıyla bağımlı değişkenin "Küme Numarası" olduğu CHAID (Karar Ağacı) analizi uygulanmıştır. Modelin doğrulanması için 10-katlı çapraz doğrulama (10-fold cross-validation) yöntemi kullanılmıştır. Modelin tahmin başarısı ve genellenebilirliğine ilişkin istatistikler Tablo 2'de yer almaktadır.

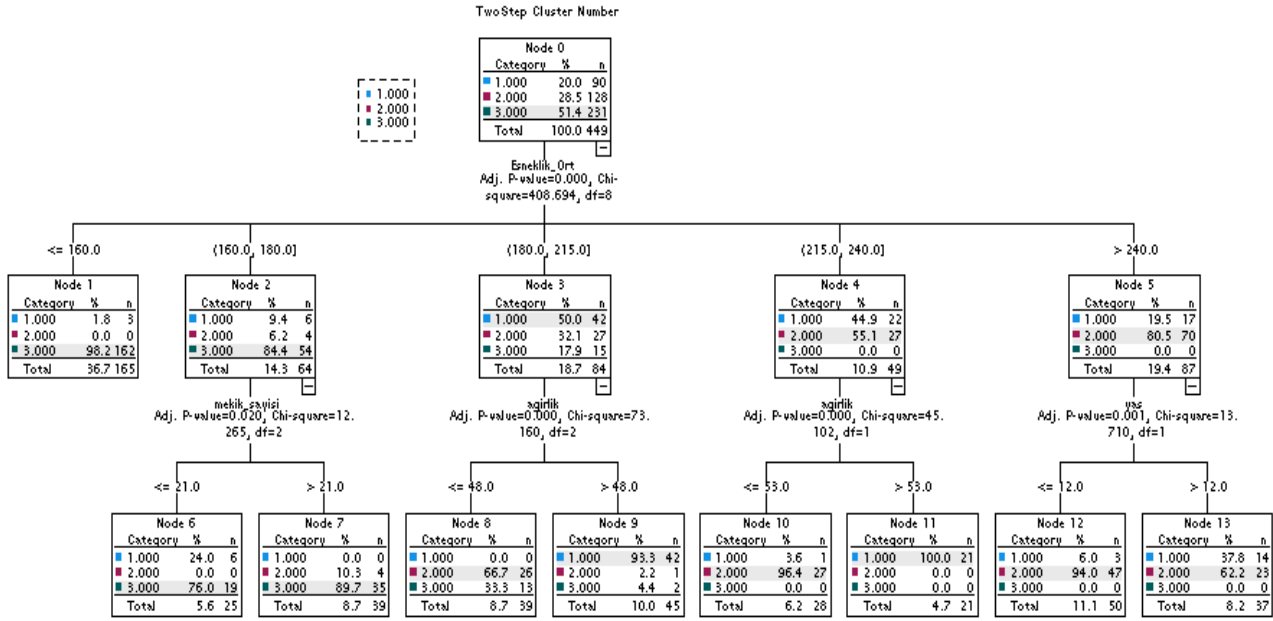
Tablo 2.

Sınıflandırma ve model doğrulama sonuçları

Küme	Doğru tahmin (%)	Risk tahmini (hata)
Küme 1 (Yüksek Risk)	70.0%	Eğitim (Resubstitution): 0.105
Küme 2 (Atletik)	96.1%	Doğrulama (Cross-Validation): 0.120
Küme 3 (Gelişimsel)	93.5%	
Toplam Başarı	89.5%	

Tablo 2'ye göre, modelin toplam doğru sınıflandırma oranı %89.5 gibi yüksek bir düzeydedir. Her kümenin doğru sınıflandırma oranının da yine yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Eğitim ve çapraz doğrulama risk değerlerinin birbirine yakın olması (0.105 ve 0.120), modelin veri setine aşırı uyum (overfitting) sağlamadığını ve farklı veri setlerine uygulandığında benzer kararlılıkta sonuçlar üretebileceğini, dolayısıyla yüksek genellenebilirlik gücüne sahip olduğunu göstermektedir (Rokach & Maimon, 2008). Uygulanan CHAID (Karar Ağacı) analizi sonucu oluşan karar ağacı şekil 2'de sunulmuştur.

Şekil 2.
CHAID (Karar ağacı) analizi



Şekil 2’de sunulan CHAID karar ağacı modelinin hiyerarşik yapısı incelendiğinde, öğrencilerin fiziksel uygunluk kümelerini ayırt etmede istatistiksel açıdan en yüksek açıklayıcılık gücüne sahip olan temel değişkenin (root node) Esneklik Ortalaması olduğu saptanmıştır ($X^2=408.694$, $df=8$, $p<.001$). Modelin ilk dallanma düzeyinde, esneklik düzeyi 160 puan ve altında olan öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun (%98.2, $n=162$) doğrudan Küme 3 (Gelişimsel/Küçük Yaş Grubu) içerisinde toplandığı görülmektedir (Node 1). Esneklik puanının 160-180 aralığında olduğu orta-düşük düzeyde ise (Node 2), mekik sayısı ikincil bir belirleyici olarak devreye girmekte; bu aralıkta yer alan öğrencilerin mekik performansından bağımsız olarak büyük oranda (%80-89) Küme 3 profilini koruduğu tespit edilmiştir. Esneklik düzeyinin yükseldiği orta ve üst segmentlerde ise sınıflandırma kriterlerinin vücut ağırlığı ile kritik bir etkileşime girdiği gözlemlenmiştir.

Esneklik ortalaması 180-215 puan aralığında olan öğrencilerde (Node 3), 48 kg ağırlık eşiği belirleyici bir kırılma noktası oluşturmaktadır; ağırlığı 48 kg ve altında olan öğrencilerin %66.7’si ($n=26$) atletik profili temsil eden Küme 2’de yer alırken, ağırlığın bu sınırı aşması durumunda öğrencilerin %93.3’ü ($n=42$) doğrudan Küme 1 (Yüksek Risk/Kilolu) kategorisine geçiş yapmaktadır (Node 9). Benzer şekilde, esnekliğin 215-240 aralığına yükseldiği grupta (Node 4), 53 kg ağırlık eşiği temel ayırıcı faktör haline gelmiş; bu kütle altında kalanların %96.4’ü ($n=27$) Küme 2’de sınıflandırılırken, 53 kg üzerindeki tüm öğrencilerin (%100, $n=21$) istisnasız olarak Küme 1 (Yüksek Risk) grubuna dahil olduğu saptanmıştır (Node 11).

Esnekliğin en üst düzeyde (>240 puan) olduğu grupta ise (Node 5), yaş değişkeni ayırt edici bir rol üstlenmiş; bu yüksek esneklik seviyesine sahip olup 12 yaş ve altında olan öğrencilerin %94.0’ı ($n=47$) ideal atletik profili (Küme 2) oluştururken, 12 yaş üzerindeki grupta bu oranın %62.2’ye gerilediği ve Küme 1 risk oranının %37.8’e çıktığı görülmüştür (Node 13).

Genel bir değerlendirme yapıldığında analiz sonuçları, öğrencilerin fiziksel risk gruplarının belirlenmesinde esnekliğin hiyerarşik olarak "birinci derecede", vücut ağırlığının ise esneklikle etkileşimli olarak "ikinci derecede" belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle 48 kg ve 53 kg ağırlık eşiklerinin, esneklik düzeyi ne kadar yüksek olursa olsun öğrencileri "Yüksek Risk" kümesine taşıyan kritik bariyerler olarak belirlenmiş olması, modelin en dikkat çekici bulgusudur. Bu veriler, okul temelli sağlık müdahalelerinde sadece geleneksel BMI indeksine odaklanılmasının yetersiz kalabileceğini; esneklik, ağırlık ve yaş arasındaki bu karmaşık etkileşimin dikkate alınmasının daha isabetli risk taramalarına imkân tanıyacağını bilimsel olarak kanıtlamaktadır.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu araştırmanın bulguları, ortaokul öğrencilerinin fiziksel uygunluklarının çok boyutlu ve etkileşimsel bir yapı sergilediğini açık biçimde ortaya koymaktadır. Elde edilen üçlü risk profili yapısı (yüksek risk, atletik/yüksek performans ve gelişimsel/başlangıç), fiziksel uygunluğun yalnızca tekil göstergelerle açıklanamayacağını; aksine antropometrik özellikler ile performans bileşenlerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu sonuç, çocuk ve ergenlerde fiziksel uygunluğun bütüncül bir sağlık göstergesi olduğunu vurgulayan güncel literatürle güçlü biçimde örtüşmektedir (Silva et al., 2025; Ortega vd., 2008; Tomkinson vd., 2018; Lang vd., 2018). Son yıllarda yapılan çalışmalar, fiziksel uygunluk bileşenlerinin birbirinden bağımsız değil, karşılıklı etkileşim içinde işlediğini ve bu nedenle çok değişkenli analiz yaklaşımlarının daha açıklayıcı sonuçlar sunduğunu ortaya koymaktadır (Baj-Korpak vd., 2025; Dumith vd., 2020).

Araştırmanın en dikkat çekici bulgularından biri, esneklik değişkeninin fiziksel uygunluk risk profillerini ayırt etmede birincil belirleyici olarak ortaya çıkmasıdır. Literatürde esneklik çoğu zaman kardiyorespiratuvar dayanıklılık veya kas kuvvetine kıyasla ikincil bir bileşen olarak ele alınsa da güncel çalışmalar esnekliğin hareket kalitesi, kas-iskelet sistemi sağlığı ve yaralanma riskleriyle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir (Baj-Korpak et al., 2025; Behm et al., 2016). Bu bağlamda, esnekliğin karar ağacının kök değişkeni olarak belirlenmesi, fiziksel uygunluk değerlendirmelerinde performans temelli göstergelerin yeniden konumlandırılması gerektiğine işaret etmektedir. Özellikle okul çağındaki çocuklarda esnekliğin, gelişimsel süreçler ve fiziksel aktivite düzeyi ile güçlü ilişkiler gösterdiği ve erken dönemdeki yetersizliklerin ilerleyen yaşlarda fonksiyonel sınırlılıklara yol açabileceği ifade edilmektedir (Faigenbaum vd., 2020; Lloyd vd., 2014). Araştırmanın bir diğer önemli bulgusu, vücut ağırlığının esneklik ile etkileşimli biçimde risk profillerini belirlemesidir. Belirlenen kritik eşik değerlerin (48 kg ve 53 kg), esneklik düzeyi yüksek olsa dahi öğrencileri yüksek risk grubuna taşıması, fiziksel uygunluğun yalnızca performans ya da yalnızca antropometrik göstergelerle açıklanamayacağını göstermektedir. Bu bulgu, BMI temelli tek boyutlu değerlendirme yaklaşımlarının sınırlılıklarını ortaya koyan güncel çalışmalarla paralellik göstermektedir (Malina vd., 2004; Silva vd., 2025; Tomkinson vd., 2018). Nitekim son yıllarda yapılan araştırmalar, benzer BMI değerlerine sahip çocukların fiziksel uygunluk ve sağlık riskleri açısından oldukça heterojen profiller sergileyebildiğini ve bu nedenle çok boyutlu değerlendirme modellerinin daha güvenilir sonuçlar sunduğunu ortaya koymaktadır (Dumith vd., 2020; Janssen & LeBlanc, 2010; Ruiz vd., 2009).

Gelişimsel/başlangıç profilinde yer alan öğrencilerin daha düşük yaş grubunda yoğunlaşması ve performans düzeylerinin görece düşük olmasına rağmen yüksek risk kategorisine girmemesi, biyolojik olgunlaşma sürecinin fiziksel uygunluk değerlendirmelerinde kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Bu bulgu, çocukluk ve ergenlik döneminde büyüme, gelişim ve olgunlaşma farklılıklarının fiziksel performans üzerindeki belirleyici etkisini vurgulayan gelişimsel yaklaşımlarla uyumludur (Malina vd., 2004; Lloyd vd., 2014). Ayrıca güncel literatür, fiziksel uygunluk değerlendirmelerinde yaşa dayalı normatif karşılaştırmaların tek başına yeterli olmadığını; bireysel gelişim süreçlerinin dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır (Faigenbaum vd., 2020; WHO, 2020).

Bu çalışmanın bulguları aynı zamanda çok değişkenli istatistiksel yaklaşımların eğitim ve sağlık alanındaki potansiyelini ortaya koymaktadır. Kümeleme analizi ile doğal risk gruplarının belirlenmesi ve CHAID karar ağacı ile bu grupları ayırt eden eşik değerlerin ortaya konulması, yalnızca betimleyici değil, aynı zamanda karar destekleyici bir model sunmaktadır. Bu yönüyle çalışma, eğitim temelli fiziksel uygunluk araştırmalarında giderek önem kazanan veri odaklı ve analitik yaklaşımlarla uyumludur (Rokach & Maimon, 2008; Witten vd., 2016). Güncel çalışmalar, keşfedici istatistiksel tekniklerin (kümeleme ve sınıflandırma algoritmaları) çocuk ve ergen sağlığına ilişkin risklerin erken belirlenmesinde etkili araçlar sunduğunu göstermektedir (Beam & Kohane, 2018; Obermeyer & Emanuel, 2016). Elde edilen yüksek sınıflandırma doğruluğu ve çapraz doğrulama sonuçlarının tutarlılığı, modelin genellenebilirliğini desteklemektedir. Bu durum, veri odaklı karar destek modellerinin okul temelli fiziksel uygunluk izleme sistemlerinde güvenilir karar destek araçları olarak kullanılabilceğini göstermektedir. Nitekim son yıllarda eğitim sistemlerinde analitik yaklaşımların karar alma süreçlerine entegrasyonu giderek yaygınlaşmaktadır

(Papamitsiou & Economides, 2014; Siemens & Baker, 2012). Bu bağlamda, fiziksel uygunluk verilerinin yalnızca kayıt altına alınan bilgiler olmaktan çıkarılarak, analiz edilen ve karar üretiminde kullanılan veri setlerine dönüştürülmesi önemli bir dönüşüm alanı olarak değerlendirilmektedir. Yine araştırma fiziksel uygunluk alanındaki literatüre önemli bir metodolojik ve uygulamaya dönük katkı sunmaktadır. Çalışma, yalnızca öğrencilerin fiziksel uygunluk düzeylerini betimlemekle kalmayıp, aynı zamanda bu düzeyleri belirleyen çok boyutlu yapıların ve eşik değerlerin ortaya konulmasını sağlamaktadır. Bu yönüyle araştırma, fiziksel uygunluk değerlendirmelerinde normatif ve tek boyutlu yaklaşımlardan, veri temelli ve profil odaklı değerlendirme sistemlerine geçiş gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, hem erken risk belirleme süreçlerinin iyileştirilmesine hem de bireyselleştirilmiş müdahale programlarının geliştirilmesine katkı sağlayabilecek güçlü bir analitik çerçeve sunmaktadır (Silva vd., 2025; WHO, 2020).

Sonuç olarak, bu çalışmada, ortaokul öğrencilerinin fiziksel uygunluk göstergeleri kullanılarak çok değişkenli istatistiksel bir yaklaşımla doğal risk profillerinin belirlenebileceği ve bu profilleri ayırt eden temel karar mekanizmalarının yüksek doğrulukla modellenebileceği ortaya konulmuştur. İki aşamalı kümeleme analizi sonucunda öğrencilerin yüksek risk, atletik/yüksek performans ve gelişimsel/başlangıç olmak üzere üç farklı fiziksel uygunluk profiline ayrıştığı; bu profillerin yaş, vücut kompozisyonu ve performans göstergeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklılaştığı belirlenmiştir.

Araştırmanın en önemli sonuçlarından biri, fiziksel uygunluk risk profillerinin belirlenmesinde esnekliğin birincil ayırt edici değişken olarak ortaya çıkmasıdır. Bu bulgu, fiziksel uygunluğun çoğu zaman ikincil bir bileşen olarak değerlendirilen esneklik boyutunun, okul çağındaki çocuklarda genel fiziksel uygunluk yapısını yansıtan kritik bir gösterge olabileceğini göstermektedir. Buna ek olarak, vücut ağırlığına ilişkin belirlenen eşik değerlerin, esneklik düzeyi yüksek olan öğrencilerde dahi risk profilini belirgin biçimde değiştirmesi, BMI merkezli tek boyutlu değerlendirme yaklaşımlarının sınırlılıklarını bir kez daha ortaya koymaktadır (Malina vd., 2004; Tomkinson vd., 2018).

CHAID karar ağacı analiziyle elde edilen yüksek sınıflandırma başarısı ve çapraz doğrulama sonuçlarının tutarlılığı, karar ağacı temelli modellerin okul temelli fiziksel uygunluk taramalarında güvenilir ve genellenebilir karar destek araçları olarak kullanılabilirliğini göstermektedir. Kümeleme ve karar ağacı analizlerinin birlikte kullanılması, hem öğrencilerin doğal risk profillerinin belirlenmesine hem de bu profilleri ayırt eden somut eşik değerlerin ortaya konulmasına olanak sağlamıştır. Bu yönüyle çalışma, fiziksel uygunluk alanında betimsel düzeyde kalan birçok araştırmanın ötesine geçerek, uygulamaya dönük ve karar vericiler için anlamlı çıktılar sunmaktadır (Rokach & Maimon, 2008).

Elde edilen sonuçlar, okul temelli fiziksel uygunluk izleme sistemlerinde tek değişkenli ve normatif yaklaşımlar yerine, çok boyutlu ve etkileşim temelli analizlerin benimsenmesi gerektiğine işaret etmektedir. Özellikle yaş, esneklik ve vücut ağırlığı arasındaki karmaşık ilişkilerin dikkate alınması, erken risk belirleme süreçlerinin daha hassas ve isabetli yürütülmesine katkı sağlayabilir. Bu yaklaşım, beden eğitimi derslerinin planlanmasından okul temelli sağlık müdahalelerine kadar geniş bir uygulama alanında kullanılabilir bilimsel bir çerçeve sunmaktadır.

Sonuç olarak bu araştırma, ileri düzey analitik yaklaşımların okul çağındaki çocukların fiziksel uygunluk risklerinin belirlenmesinde etkili, uygulanabilir ve yenilikçi bir yöntem sunduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmanın bulgularının, eğitim ve sağlık politikalarının geliştirilmesine, okul temelli erken müdahale programlarının tasarlanmasına ve fiziksel uygunluk izleme sistemlerinin güçlendirilmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

Uygulama ve Politika Önerileri

Bu çalışmadan elde edilen bulgular, okul temelli fiziksel uygunluk izleme ve erken risk belirleme uygulamalarının yeniden yapılandırılmasına yönelik önemli ipuçları sunmaktadır. Özellikle ileri düzey kümeleme ve sınıflandırma tekniklerinin sağladığı çok boyutlu bakış açısı, mevcut uygulamaların tek değişkenli ve normatif yapısının ötesine geçilmesi gerektiğini göstermektedir.

Okul Temelli Uygulamalara Yönelik Öneriler

Araştırma sonuçları, öğrencilerin fiziksel uygunluk düzeylerinin yalnızca BMI gibi antropometrik göstergelerle değerlendirilmesinin yetersiz kaldığını ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, okullarda yürütülen fiziksel uygunluk değerlendirmelerinde esneklik ve kassal dayanıklılık gibi performans temelli göstergelerin sistematik biçimde sürece dâhil edilmesi önerilmektedir. Özellikle esnekliğin risk profillerini ayırt etmede birincil belirleyici olarak ortaya çıkması, beden eğitimi derslerinde bu bileşenin geliştirilmesine yönelik hedefli etkinliklerin planlanmasını gerekli kılmaktadır (Ortega vd., 2008).

Beden eğitimi öğretmenleri için, kümeleme ve sınıflandırma teknikleriyle elde edilen risk profillerine dayalı farklılaştırılmış öğretim ve müdahale programları geliştirilebilir. Atletik/yüksek performans profiline sahip öğrenciler için performansı sürdürücü ve geliştirici etkinlikler planlanırken; yüksek risk grubunda yer alan öğrenciler için kilo kontrolü, esneklik ve temel kassal dayanıklılığı artırmaya yönelik destekleyici programlar uygulanabilir. Gelişimsel/başlangıç profiline sahip öğrencilerde ise biyolojik olgunlaşma süreci dikkate alınarak, performans beklentilerinin gerçekçi ve gelişimsel düzeye uygun biçimde belirlenmesi önem taşımaktadır (Malina vd., 2004).

Eğitim Politikalarına Yönelik Öneriler

Araştırma bulguları, Millî Eğitim Bakanlığı tarafından yürütülen Fiziksel Uygunluk Karnesi uygulamasının yalnızca veri toplama amacıyla değil, aynı zamanda karar destek sistemi olarak yeniden yapılandırılabilirliğini göstermektedir. Bu kapsamda, toplanan verilerin sınıflandırma algoritmalarıyla işlenerek işlenerek okullara ve öğretmenlere geri bildirim sunan dijital karar destek modüllerinin geliştirilmesi önerilmektedir. Bu tür bir sistem, öğrencilerin risk profillerini erken dönemde belirleyerek önleyici müdahalelerin zamanında planlanmasına katkı sağlayabilir (Lang vd., 2018).

Eğitim politikaları düzeyinde, fiziksel uygunluk değerlendirmelerinin normatif karşılaştırmalardan ziyade kümeleme ve sınıflandırma temelli değerlendirme anlayışıyla ele alınması önerilmektedir. Bu yaklaşım, öğrencilerin “yetersiz” veya “yeterli” gibi ikili kategorilerle etiketlenmesinin önüne geçerek, bireysel gelişim süreçlerine daha duyarlı ve kapsayıcı bir değerlendirme sistemi sunabilir.

Sağlık ve Eğitim Arasında Kurumsal İş Birliği

Araştırma sonuçları, okul temelli fiziksel uygunluk izleme sistemlerinin yalnızca eğitim politikalarıyla sınırlı kalmaması gerektiğini, aynı zamanda çocuk ve ergen sağlığı politikalarıyla bütünleşik biçimde ele alınmasının önemini ortaya koymaktadır. Eğitim ve sağlık kurumları arasında kurulacak veri temelli iş birliği mekanizmaları, okul çağındaki çocukların fiziksel uygunluk risklerinin izlenmesini ve yönetilmesini güçlendirebilir (WHO, 2020).

Bu doğrultuda, okul temelli tarama sonuçlarının yerel sağlık birimleriyle paylaşılması, risk grubunda yer alan öğrenciler için çok disiplinli destek mekanizmalarının (okul rehberlik servisi, aile, sağlık uzmanları) devreye sokulması önerilmektedir. Böyle bir bütünleşik yaklaşım, fiziksel uygunluk yetersizliklerinin ilerleyen yaşlarda kronik sağlık sorunlarına dönüşmesini önleyici bir işlev görebilir.

Sonuç olarak, bu araştırmadan elde edilen bulgular; okul temelli fiziksel uygunluk izleme sistemlerinin veri odaklı, çok boyutlu ve karar destek odaklı bir yapıya dönüştürülmesinin hem uygulama hem de politika düzeyinde önemli kazanımlar sağlayacağını göstermektedir. Bu yaklaşımın, öğrencilerin fiziksel gelişimlerinin daha sağlıklı biçimde izlenmesine, beden eğitimi uygulamalarının bireyselleştirilmesine ve eğitim-sağlık politikaları arasında daha güçlü bir eşgüdüm kurulmasına katkı sunacağı düşünülmektedir.

Deklerasyonlar

Çıkar Çatışması

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Etik Beyan

Yazarlar, bu çalışmada herhangi bir etik sorun tespit edilmediğini ve araştırmanın tüm aşamalarının akademik dürüstlük ve yayın etiği kurallarına uygun olarak yürütüldüğünü beyan etmektedir.

Mali Destek

Bu çalışma, herhangi bir kuruluş veya kişiden herhangi bir katkı ve/veya destek almamıştır.

Yapay Zekâ (YZ) Beyanı

Bu makalenin hazırlanması sırasında yalnızca dil düzenlemesi için yapay zekâ araçları kullanılmıştır. Yazarlar, tüm içeriği dikkatle gözden geçirip doğrulamışlardır ve nihai versiyonun bütünlüğü ve doğruluğu konusunda tüm sorumluluğu üstlenmektedirler.

Kaynaklar

- Baj-Korpak, J., Soroka, A., & Pilewska-Kozak, A. (2025). Trends in physical fitness among children and adolescents: A systematic review. *Frontiers in Public Health*, 13, 1576822. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1576822>
- Beam, A. L., & Kohane, I. S. (2018). Big data and machine learning in health care. *JAMA*, 319(13), 1317–1318. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.18391>
- Behm, D. G., Blazevich, A. J., Kay, A. D., & McHugh, M. (2016). Acute effects of muscle stretching on physical performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(1), 1–11. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0235>
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). *Physical activity, exercise, and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research*. Public Health Reports, 100(2), 126–131.
- Chiu, T., Fang, D., Chen, J., Wang, Y., & Jeris, C. (2001). A robust and scalable clustering algorithm for mixed-type attributes in large database environments. In *Proceedings of the Seventh ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (pp. 263–268). ACM. <https://doi.org/10.1145/502512.502549>
- Dumith, S. C., Gigante, D. P., Domingues, M. R., & Kohl, H. W. (2020). Physical activity change during adolescence: A systematic review and a pooled analysis. *International Journal of Epidemiology*, 49(3), 685–698. <https://doi.org/10.1093/ije/dyz197>
- Faigenbaum, A. D., Lloyd, R. S., MacDonald, J., & Myer, G. D. (2020). Citius, altius, fortius: Beneficial effects of resistance training for young athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 54(1), 3–4. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099555>
- Janssen, I., & LeBlanc, A. G. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7, 40. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-7-40>
- Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (2009). *Finding groups in data: An introduction to cluster analysis*. John Wiley & Sons.
- Lang, J. J., Tomkinson, G. R., Janssen, I., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Léger, L., & Tremblay, M. S. (2018). Making a case for cardiorespiratory fitness surveillance among children and youth. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 46(2), 66–75. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000138>
- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Faigenbaum, A. D., Howard, R., Croix, M. B. D. S., Williams, C. A., ... & Myer, G. D. (2015). Long-term athletic development-part 1: a pathway for all youth. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(5), 1439–1450. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000756>
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (2nd ed.). Human Kinetics.
- Obermeyer, Z., & Emanuel, E. J. (2016). Predicting the future—Big data, machine learning, and clinical medicine. *The New England Journal of Medicine*, 375(13), 1216–1219. <https://doi.org/10.1056/NEJMp1606181>
- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjörström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, 32(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
- Papamitsiou, Z., & Economides, A. A. (2014). Learning analytics and educational data mining in practice: A systematic literature review. *Educational Technology & Society*, 17(4), 49–64.
- Rokach, L., & Maimon, O. (2008). *Data mining with decision trees: Theory and applications*. World Scientific.
- Ruiz, J. R., Castro-Piñero, J., España-Romero, V., Artero, E. G., Ortega, F. B., Cuenca, M. M., Jiménez-Pavón, D., Chillón, P., Girela-Rejón, M. J., Mora, J., Gutiérrez, A., Suni, J., Sjörström, M., & Castillo, M. J. (2009). Field-based fitness assessment in young people: The ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *British Journal of Sports Medicine*, 45(6), 518–524. <https://doi.org/10.1136/bjism.2010.075341>
- Silva, D. A. S., & Tremblay, M. S. (2025). Health-related physical fitness in children and adolescents and the United Nations Sustainable Development Goals: Signals of convergence. *Journal of Sport and Health Science*, 101105. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2025.10110>

- Siemens, G., & Baker, R. S. J. d. (2012). Learning analytics and educational data mining: Towards communication and collaboration. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge* (pp. 252–254). ACM. <https://doi.org/10.1145/2330601.2330661>
- Tomkinson, G. R., Lang, J. J., Tremblay, M. S., Dale, M., LeBlanc, A. G., Janssen, I., & Léger, L. (2018). International normative 20 m shuttle run values from 1,142,026 children and youth representing 50 countries. *British Journal of Sports Medicine*, 51(21), 1545–1554. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-095987>
- Witten, I. H., Frank, E., Hall, M. A., & Pal, C. J. (2016). *Data mining: Practical machine learning tools and techniques* (4th ed.). Morgan Kaufmann.
- World Health Organization. (2020). *WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour*. WHO Press.

EXTENDED ENGLISH SUMMARY

Introduction: Physical fitness during childhood and early adolescence plays a critical role in shaping lifelong health trajectories. Adequate levels of physical fitness are associated with reduced risks of obesity, cardiovascular diseases, and metabolic disorders, whereas insufficient physical fitness during school age may lead to long-term health consequences extending into adulthood. Schools are therefore considered key settings for monitoring students' physical fitness and implementing early preventive interventions. Physical fitness is a multidimensional construct encompassing cardiorespiratory endurance, muscular strength and endurance, flexibility, and body composition. Despite this complexity, school-based fitness assessments frequently rely on single indicators, most notably body mass index (BMI) – to evaluate students' health-related fitness levels. However, BMI-centered approaches have been widely criticized for their limited ability to reflect functional fitness and performance, particularly during adolescence, when growth and biological maturation occur at different rates across individuals. Students with similar BMI values may display markedly different physical performance and health risk profiles. In recent years, advanced multivariate statistical techniques have gained increasing attention in educational and health research due to their capacity to identify hidden patterns within large, multidimensional datasets. Cluster analysis allows for the identification of naturally occurring groups without predefined categories, while decision tree algorithms provide interpretable classification rules and cutoff points that can support practical decision-making. Nevertheless, empirical studies employing exploratory statistical approaches to examine physical fitness profiles among school-aged children remain limited, particularly in the context of school-based monitoring systems. Against this background, the present study aims to identify natural physical fitness risk profiles among middle school students using a data-driven approach and to determine the key decision mechanisms distinguishing these profiles. By integrating clustering and decision tree analyses, the study seeks to provide an evidence-based framework for multidimensional and interpretable physical fitness risk screening in school settings.

Method: The study was designed within a descriptive and correlational research framework, adopting advanced statistical clustering and decision tree (classification) models. The sample consisted of 449 middle school students aged between 9 and 15 years. Prior to analysis, the dataset was screened for outliers, and four cases with biologically implausible or extreme values were excluded. The data were obtained from the Physical Fitness Report Card routinely administered in schools. The variables included anthropometric measurements (height, body weight, and body mass index), physical performance indicators (number of sit-ups as a measure of muscular endurance and flexibility assessed by the sit-and-reach test), and age. Data analysis was conducted in four stages. First, data preprocessing and outlier detection were performed using boxplot analysis. Second, a two-step cluster analysis was applied to identify natural groupings of students based on their physical fitness characteristics. This method was selected because it can simultaneously process continuous variables and automatically determine the optimal number of clusters using the Bayesian Information Criterion (BIC). Cluster quality was evaluated using the silhouette coefficient. Third, one-way analysis of variance (ANOVA) was conducted to examine whether the identified clusters differed significantly across all variables. Finally, CHAID (Chi-square Automatic Interaction Detector) decision tree analysis was employed to model the profiles of the clusters and to identify the most influential variables and cutoff points distinguishing the physical fitness risk groups. Model validation was performed using ten-fold cross-validation to assess generalizability. **Results:** The two-step cluster analysis revealed that the dataset was optimally represented by a three-cluster solution with an acceptable silhouette coefficient, indicating clear separation among clusters. Subsequent ANOVA results demonstrated statistically significant differences among the clusters across all anthropometric, performance, and age variables. The first cluster was characterized as a high-risk profile, comprising older students with higher body weight and BMI values but relatively lower physical performance levels. Despite their advanced age and greater height, these students exhibited reduced flexibility and muscular endurance, suggesting an imbalance between physical development and functional fitness. The second cluster represented an athletic/high-performance profile, consisting of students with the most favorable physical fitness characteristics. This group displayed the lowest BMI values and the highest levels of flexibility and muscular endurance,

indicating an optimal health-related physical fitness profile. The third cluster was identified as a developmental/beginner profile, predominantly composed of younger students with lower anthropometric and performance values. Importantly, the lower performance levels observed in this group appeared to be associated with biological maturation rather than elevated health risk. The CHAID decision tree analysis revealed that flexibility was the primary discriminating variable in classifying students into physical fitness profiles. At higher levels of flexibility, body weight emerged as a critical secondary factor, with specific cutoff points (48 kg and 53 kg) shifting students into the high-risk profile regardless of their flexibility level. In the highest flexibility group, age further differentiated students, highlighting the interaction between maturation and physical fitness. The overall classification accuracy of the model was high, and cross-validation results confirmed its robustness and generalizability. **Conclusion:** The findings of this study demonstrate that physical fitness risk profiles among middle school students can be effectively identified using clustering and decision tree analyses. The emergence of three distinct profiles underscores the multidimensional nature of physical fitness and challenges the adequacy of single-indicator, BMI-centered assessment approaches commonly used in school settings. One of the most notable outcomes is the central role of flexibility as a primary discriminator of physical fitness risk profiles, a component that is often underestimated in routine assessments. Moreover, the interaction between flexibility, body weight, and age highlights the necessity of evaluating physical fitness through an integrated and developmentally sensitive lens. The high classification accuracy and interpretability of the combined clustering and CHAID decision tree approach suggest that data-driven classification models can serve as reliable decision-support tools for school-based physical fitness monitoring. From a practical perspective, these findings support the adoption of multidimensional, data-driven screening systems to enable early identification of at-risk students and the design of targeted, profile-specific interventions. Overall, this study contributes to the growing body of evidence advocating for the integration of advanced analytical methods into educational and health monitoring practices and offers a scalable framework for enhancing physical fitness assessment and prevention strategies in school contexts.