

Artistik Cimnastik Antrenmanlarının Kemik Mineral Yoğunluğu ve İskelet Sağlığı Üzerindeki Etkilerine İlişkin Sistematik Bir Derleme

Erhan KARA¹, Arif Kaan EROĞLU²

ÖZET

Amaç: Bu sistematik derlemenin amacı, artistik cimnastiğin kemik mineral yoğunluğu (KMY) ve iskelet sağlığı üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaları belirlemek, mevcut bilimsel kanıtları sentezlemek ve bu etkileri şekillendiren olası faktörleri değerlendirmektir.

Yöntem: Bu sistematik derleme PRISMA yönergeleri doğrultusunda yürütülmüş, çalışma seçiminde PICOS kriterleri kullanılmıştır. Literatür taramasında şu anahtar kelimeler ve kombinasyonları kullanılmıştır: “egzersiz” veya “direnç antrenmanı” veya “kuvvet” veya “sıçrama” veya “atlama” ve “artistik cimnastikçiler” veya “artistik cimnastik” ve “mekanik yüklenme” veya “ağırlık antrenmanı” ve “kemik mineral yoğunluğu” veya “kemik mineral birikimi” veya “kemik dokusu” ve “cimnastik ve iskelet sistemi adaptasyonu” veya “kemik olgunlaşması” ve “zemin tepki reaksiyonu” veya “iniş” veya “başlangıç” veya “bitiriş”. PubMed, Elsevier, Scopus, Science Direct ve Google Scholar veri tabanlarında kapsamlı tarama yapılmıştır. Dahil edilen çalışmaların metodolojik kalitesi, modifiye Downs ve Black kontrol listesi ile değerlendirilmiştir.

Bulgular: Dahil edilen çalışmaların (n=11) sonuçları artistik cimnastiğin KMY üzerinde olumlu etkileri olduğunu ve bu etkinin özellikle büyüme çağında belirginleştiğini göstermektedir. Erken yaşta kazanılan kemik kütlesinin korunarak osteoporoz riskini azaltılabileceği vurgulanmıştır. Ayrıca, lokomotor beceriler ve kardiyorespiratuvar uygunluk düzeylerinin osteojenik fiziksel aktiviteyi etkileyen önemli değişkenler olduğu bulunmuştur.

Sonuç: Artistik cimnastik, çocukluk ve ergenlik döneminde hem kısa vadeli kemik gelişimini destekleyen hem de yaşam boyu iskelet sağlığına katkı sağlayan yüksek osteojenik potansiyele sahip bir egzersiz türüdür.

Anahtar Kelimeler: Artistik cimnastik, Kemik mineral yoğunluğu, İskelet sağlığı, Mekanik yüklenme

ABSTRACT

A Systematic Review of the Effects of Artistic Gymnastics Training on Bone Mineral Density and Skeletal Health

Purpose: The aim of this systematic review is to identify studies examining the effects of artistic gymnastics on bone mineral density (BMD) and skeletal health, synthesize the current scientific evidence, and evaluate potential factors that may influence these effect.

Methods: This systematic review was conducted in accordance with the PRISMA guidelines, and the study selection process was guided by the PICOS criteria. The literature search included the following keywords and combinations: "exercise" or "resistance training" or "strength" or "jumping" or "hopping" and "artistic gymnasts" or "artistic gymnastics" and "mechanical loading" or "weight training" and "bone mineral density" or "bone mineral accrual" or "bone tissue" and "gymnastics and skeletal system adaptation" or "bone maturation" and "ground reaction force" or "landing" or "mount" or "dismount." A

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. ORCID: 0000-0003-0727-5755, ekara@nku.edu.tr

²Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. ORCID: 0000-0002-4350-2313, akaaneroglu@nku.edu.tr

*Bu sistematik derleme 27.04.2021 tarihinde 5.Uluslararası Sağlıklı Yaşam Kongresinde özet bildirisi olarak sunulmuştur.

comprehensive search was conducted in the PubMed, Elsevier, Scopus, ScienceDirect, and Google Scholar databases. The methodological quality of the included studies was assessed using the modified Downs and Black checklist.

Results: The results of the included studies (n=11) show that artistic gymnastics has positive effects on BMD, and that this effect is particularly pronounced during the growth period. It has been emphasised that preserving bone mass acquired at an early age can reduce the risk of osteoporosis. Additionally, locomotor skills and cardiorespiratory fitness levels have been found to be important variables influencing osteogenic physical activity.

Conclusion: Artistic gymnastics is a form of physical activity with high osteogenic potential that not only contributes to athletic performance but also promotes both short-term bone development and long-term skeletal health. Encouraging participation in such activities during childhood and adolescence may serve as a critical public health strategy to support lifelong skeletal integrity.

Keywords: Artistic gymnastics, Bone mineral density, Skeletal health, Mechanical loading

GİRİŞ

Kemik dokusu, yaşam boyunca sürekli olarak yapım (osteoblastik aktivite) ve yıkım (osteoklastik aktivite) süreçlerinin dengesiyle yenilenen metabolik olarak aktif bir dokudur (Jürimäe ve ark., 2018). Kemik; hücrelerden, damarlardan ve kalsiyum bileşiklerinin kristallerinden oluşan gözenekli, mineralize bir yapıdır (Jürimäe ve ark., 2018). Yaşla beraber kemik kütlesi belirli bir platoya ulaşır ve bu durum "zirve kemik kütlesi" olarak adlandırılır (Bailey ve ark., 1999). Dolayısıyla kemik mineral birikimi, büyümeyle beraber önemli ölçüde artış gösterebilir. KMY ölçümü, kemik dokusunda santimetre başına düşen madde miktarını görüntülemeye yarayan bir yöntemdir. Bu ölçüm, kemiğin yük taşıma kapasitesinin değerlendirilmesinin yanı sıra kırık riskini belirlemede de kullanılır (Coşkunses ve Tuğcu, 2012). KMY, kemik dokusundaki mineral miktarını ifade eder ve kişinin vücut kütlesi, boy, yağ kütlesi ve kas kütlesiyle doğrudan veya dolaylı olarak ilişkilidir (Egan ve ark., 2006).

Fiziksel aktivitenin KMY üzerindeki etkileri öncelikle mekanik yükleme mekanizmalarıyla ilişkilidir (Shipp, 2006; Duckham ve ark., 2014). Kemik metabolizması egzersizden önemli ölçüde etkilenir; bu durum kemiklerin şekil, kütle ve mukavemet açısından mekanik yüke adaptasyonunu sağlar (Faienza ve ark., 2020). Alışılmış yükler altında kemik zamanla uyum sağlar ve KMY genellikle korunur (Bailey ve ark., 1999; Brooke-Wavell, 2010). Ancak mekanik yükün artması durumunda, özellikle dinamik ve yüksek tonusta kasılmaları içeren egzersizlerle KMY artışı gözlemlenebilir (Bolam ve ark., 2013). Önceki çalışmalar, sıçrama gibi kısa süreli egzersizlerin kemik sağlığını iyileştirmede ve kemik kaybının azaltılmasında etkili olduğunu ortaya koymuştur (Zhao, Zhao and Zhang, 2014; Bassey ve Ramsdale, 1994; Karavelioğlu ve ark., 2023).

Adölesan dönem, hızlı bir kemik minerali birikimi (KMB) ile zirve kemik kütlesinin optimize edilmesi açısından önemli bir zaman dilimidir. Aynı zamanda bu dönem, yaşamın ilerleyen dönemlerinde osteoporozun önlenmesinde kritik bir rol oynar (Tamolienė ve ark., 2021). Osteoporoz, KMY eksikliğinde, kemik mikro yapısının azalmasıyla karakterize ve yüksek kırık riskine yol açan bir halk sağlığı sorunu oluşur (Exupério ve ark., 2019). Kemik sağlığını etkileyen değişkenler arasında ergenlik dönemi KMY, vücut kompozisyonu, hormonal faktörler (Gruodyte ve ark., 2010), mekanik yüklenme (Maimoun ve ark., 2013) ve fiziksel aktivite önemli rol oynar (Maimoun ve ark., 2013; Marin-Puyalto ve ark., 2019; Agostinete ve ark., 2020). Düşük kemik kütlesi, sporcular için önemli bir zordur; çünkü bu durum hem strese bağlı kemik yaralanmalarına yol açabilir hem de yaş ilerledikçe osteoporozla bağlı kırık riskini artırabilir. (Jakse ve ark., 2020). Bu durum, özellikle kadın sporcularda önemli bir konudur (Remmel ve ark., 2021; Qiao ve ark., 2020).

Kemik sağlığı, en yaygın metabolik iskelet hastalığı olması nedeniyle toplumda ciddi bir sağlık sorunu olarak öne çıkmaktadır. (Tamolienė ve ark., 2021). Özellikle çocuklarda antrenman programlarının yaşa ve gelişim düzeyine uygun olarak hazırlanması iskelet sistemi gelişiminde belirleyici rol oynamaktadır (Karavelioğlu ve ark., 2004). Artistik cimnastikte maruz kalınan artmış mekanik yük, kemik gelişimi ve kemik kütlesi üzerinde olumlu etkiler oluşturarak iskelet sağlığı açısından yaşam boyu fayda sağlayabilir (Gunter, Almstedt ve Janz, 2012). Ancak kadın cimnastikçilerde yetersiz beslenme durumunda, 'Kadın Sporcu Üçlemesi' (yetersiz enerji alımı, adet düzensizlikleri ve düşük kemik mineral yoğunluğu) riski artabilir ve bu durum kemik sağlığını olumsuz etkileyebilir. Literatürdeki bazı araştırmalar özellikle yarışmacı elit kadın cimnastikçilerde uzun süreli antrenman yükünün büyüyen iskelet sistemi üzerindeki etkisine odaklanmıştır.

Bu nedenle bu sistematik derleme; (1) artistik cimnastiğin kemik mineral yoğunluğu ve kemik sağlığına olası etkilerini araştıran uygun çalışmaları belirlemeyi, (2) mevcut temel kanıtları sentezlemeyi, (3) artistik cimnastiğin kemik mineral kazanımlarını etkileyen olası faktörleri tanımlamayı amaçlamaktadır.

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Bu sistematik derleme PRISMA (Sistematik Gözden Geçirme ve Meta-Analizler için Tercih Edilen Raporlama Öğeleri) yönergelerini takip etmiştir (Haddaway ve ark., 2024; Liberati ve ark., 2009). Araştırma sorusunu ve çalışma tasarımını tanımlamak için PICOS

(population, intervention, comparison, outcome, and study design) kriteri kullanıldı (Methley ve ark., 2014). IMRAD (Introduction, Method, Result, Conclusion - Giriş, Metod, Sonuç, Tartışma) formatına uygun olarak hazırlandı (Sollaci ve ark., 2004). Sistematik derlemenin literatür taramasında kullanılan Boolean operatörleri (Tablo 1.) arama terimlerini sunmaktadır. Bu strateji, kapsamlı ve hedefe yönelik bir arama sağlamak için “popülasyon, müdahale, spora özgü ve sonuç” odaklı terimleri bir araya getirmektedir (Tablo 2.)

Literatür Tarama Metodolojisi

Bu derleme araştırılırken PubMed, Elsevier, Scopus, Science Direct ve Google Scholar veri tabanları kullanıldı. Literatür taramasında anahtar kelimeler olarak egzersiz VEYA direnç antrenmanı VEYA kuvvet VEYA sıçrama VEYA atlama) VE (artistik cimnastikçiler VEYA artistik cimnastik) VE (mekanik yüklenme VEYA ağırlık antrenmanı) VE (kemik kütlesi VEYA kemik mineral yoğunluğu VEYA kemik mineral birikimi VEYA kemik dokusu) VE (cimnastikçilerin kemik yapısı VEYA cimnastik ve iskelet sistemi adaptasyonu VEYA cimnastik kemik olgunlaşması) VE (zemin tepki reaksiyonu VEYA yere iniş) VEYA harekete başlama (başlama alet üzerine çıkış / seriye başlama hareketi) VEYA bitiriş (alet üzerinden çıkış / final hareketi) terimlerinin varyasyonları kombine olarak yazılarak incelendi. Herhangi bir coğrafi kısıtlama uygulanmadı.

Tablo 1. Boolean Operatörleri Özet Tablosu

Boolean Operatörü	Arama Terimleri	Açıklama
VE	(egzersiz VEYA direnç antrenmanı VEYA kuvvet VEYA sıçrama VEYA atlama)	Egzersiz çeşitlerini, kuvvet antrenmanını ve plyometrik aktiviteleri (sıçrama, atlama) kapsar.
VE	(artistik cimnastikçiler VEYA artistik cimnastik)	Artistik cimnastik disiplini ve bu sporu yapan bireyler.
VE	(mekanik yüklenme VEYA ağırlık antrenmanı)	Mekanik yük etkisi ve direnç uygulamaları.
VE	(kemik kütlesi VEYA kemik mineral yoğunluğu VEYA kemik mineral birikimi VEYA kemik dokusu)	Kemik sağlığı ile ilgili anahtar terimler.
VE	(cimnastikçilerin kemik yapısı VEYA cimnastik ve iskelet sistemi adaptasyonu VEYA cimnastik kemik olgunlaşması)	Cimnastikçilerin kemik yapısal gelişimi ve iskelet adaptasyonu.
VE	(zemin tepki reaksiyonu VEYA yere iniş (yüksekten) VEYA harekete (başlama alet üzerine çıkış / seriye başlama hareketi) VEYA Bitiriş (alet üzerinden çıkış / final hareketi)	Artistik cimnastikte kemik üzerine etki eden biyomekanik yüklenmeler (iniş, başlangıç, bitiş).

Tablo 2. PICOS'a Dayalı Uygunluk Kriterleri

Kategori	Dahil Etme Kriteri	Dışlama Kriteri
Popülasyon	Artistik cimnastik sporcuları	Artistik cimnastikçi olmayan veya farklı disiplinden sporcuları dahil eden çalışmalar
Müdahale	Artistik cimnastiğin etkisi; kemik mineral yoğunluğunu etkileyen mekanik yükler	Artistik cimnastik etkisi olmayan veya başka müdahalelerle karışık çalışmalar
Karşılaştırma	Kontrollü gruplar, farklı antrenman düzeyleri veya diğer sporcular (karşılaştırma gruplarının olduğu çalışmalar)	Kontrol grubu içermeyen veya karşılaştırma grupları bireysel sporcular olmayan çalışmalar
Sonuç	Kemik Mineral Yoğunluğu (KMY) ölçümleri; femur boynu, trokanter, lumbal omurlar (L1-L4), servikal bölge, önkol (radius/ulna), sol proksimal femur, tibia gibi anatomik bölgeler	DXA veya diğer geçerli ölçüm yöntemlerinin kullanılmamış olması ve yetersiz veri sunan çalışmalar
Çalışma Tasarımı	DXA vb. yöntemle KMY ölçümü yapan klinik araştırmalar	Çalışma tasarımı belirtilmeyen veya yukarıdaki çalışma türlerine uymayan çalışmalar
Yöntem	DEXA (en sık kullanılan), ayrıca QCT, HR-pQCT, QUS gibi ileri kemik ölçüm teknikleri	KMY ölçümü için standart dışı veya uygun olmayan yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar ile kemik ölçümlerinin geçerlik güvenirliği doğrulanmamış cihaz veya tekniklerle yapılmış çalışmalar

Kısaltmalar: KMY: Kemik Mineral Yoğunluğu, DEXA: Dual Enerji X-ray Absorptiometri QCT: Kantitatif Bilgisayarlı Tomografi (Quantitative Computed Tomography), HR-pQCT: Yüksek Çözünürlüklü Periferik Kantitatif Bilgisayarlı Tomografi (High-Resolution Peripheral Quantitative Computed Tomography) QUS: Kantitatif Ultrasonografi (Quantitative Ultrasound).

Literatürdeki Çalışmaları Dahil Etme Süreci

Tarama süreci ve dahil etme süreci, iki yazar tarafından bağımsız şekilde gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, elde edilen çalışmalar başlık ve özet bazında incelenmiştir. Takip eden aşamada, potansiyel olarak uygun bulunan çalışmaların tam metinleri her iki yazar tarafından bağımsız olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sürecinin herhangi bir aşamasında ortaya çıkan görüş farklılıkları, yazarlar arasında yapılan yeni bir inceleme ile çözülmeye çalışılmıştır. Çıkarılan veriler arasında; yazar adı ve yayın yılı, katılımcı özellikleri çalışma tasarımı, çalışma yöntemi, elde edilen sonuçlar ve çıkarımlar yer verilmiştir.

Çalışma Kalitesi Önyargı Riski Değerlendirmesi

Bu sistematik derlemeye dahil edilen çalışmaların Metodolojik kalitesi, modifiye Downs ve Black kontrol listesi (Downs ve Black, 1998) kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu araç, raporlama (10 madde), dış geçerlik (3 madde), iç geçerlik - yanlılık (7 madde), iç geçerlik - karıştırıcı değişkenler (seçim yanlılığı) (6 madde) ve güç (1 madde) olmak üzere beş alanda toplam 27 kriter içermektedir (bkz. Ek 2). Her madde 0 (düşük kalite) veya 1 (yeterli kalite) olarak puanlanmış; madde 5 ise temel değişkenlerin açıklığının

değerlendirilmesi nedeniyle 0 ile 2 arasında puanlanmıştır. Böylece bir çalışmanın alabileceği maksimum puan 28'dir. Çalışmaların kalitesini belirlemek için <14 puan zayıf, 14–18 puan orta, 19–23 puan iyi ve 24–28 puan mükemmel kalite olarak sınıflandırılmıştır.

Dahil edilme

Bu sistematik derlemede, hakemli dergilerde yayımlanmış özgün araştırma makaleler ile birlikte baskı öncesi erişime açılan makaleler dahil edilmiştir. Bulguların doğru yorumlanması ve sentezlenmesini sağlamak amacıyla yalnızca İngilizce yayımlanmış çalışmalar uygun kabul edilmiştir. Yayın tarihi açısından herhangi bir kısıtlama getirilmemiştir.

Çalışmaların dahil edilme uygunluk kriterleri, PICOS (Popülasyon, Müdahale, Karşılaştırma, Sonuçlar, Çalışma Tasarımı) çerçevesine dayanarak geliştirilmiş olup, ayrıntılı bir özet, Tablo 2'de sunulmuştur. Bu kriterler, herhangi bir yarışma seviyesi, yaş ve cinsiyetteki cimnastikçileri içeren çalışmaları kapsamaya yönelik olarak titizlikle yapılandırılmıştır. Dahil edilen çalışmalar, alt gruplar (rekreasyonel/elit ve yaş grupları) özelinde analiz edilmiş; bulgular ile her alt grubun sonuçları ayrı ayrı değerlendirilecek şekilde, karşılaştırmalı olarak analiz edilip sentezlenmiştir.

Dışlama Kriteri

Tam metni mevcut olmayan çalışmalar, çalışma dahil etme kriterlerini karşılamayan araştırmalar, aynı verilerin birden fazla çalışmada yayınlandığı çalışmalar, İngilizce dışında yayımlanan makaleler, doğru veri yorumunu engelleyebilecek dil bariyerleri nedeniyle dışlanmıştır. Kongre bildirileri, editöre mektup, özet veya kitap kritiği, araştırma notu ve uzman görüşü içeren yazılar çalışma dışı bırakılmıştır.

Veri Çıkarma

Artistik cimnastik antrenmanlarının kemik mineral yoğunluğu ve iskelet sağlığı üzerindeki etkilerine ilişkin sistematik bir inceleme kapsamında, standartlaştırılmış bir veri çıkarma formu geliştirilecek ve seçilen çalışmalardan ilgili bilgileri toplamak için kullanılacaktır. Çıkarılan veriler; çalışma özelliklerini (yazarlar, yayın yılı, çalışma tasarımı), katılımcı özelliklerini (yaş, cinsiyet, spor seviyesi gibi), antrenman süresi, sıklığı, yoğunluğu, ölçülen iskelet sağlığı ile kemik mineral yoğunluğu sonuçlarının temel bulguları içerecektir.

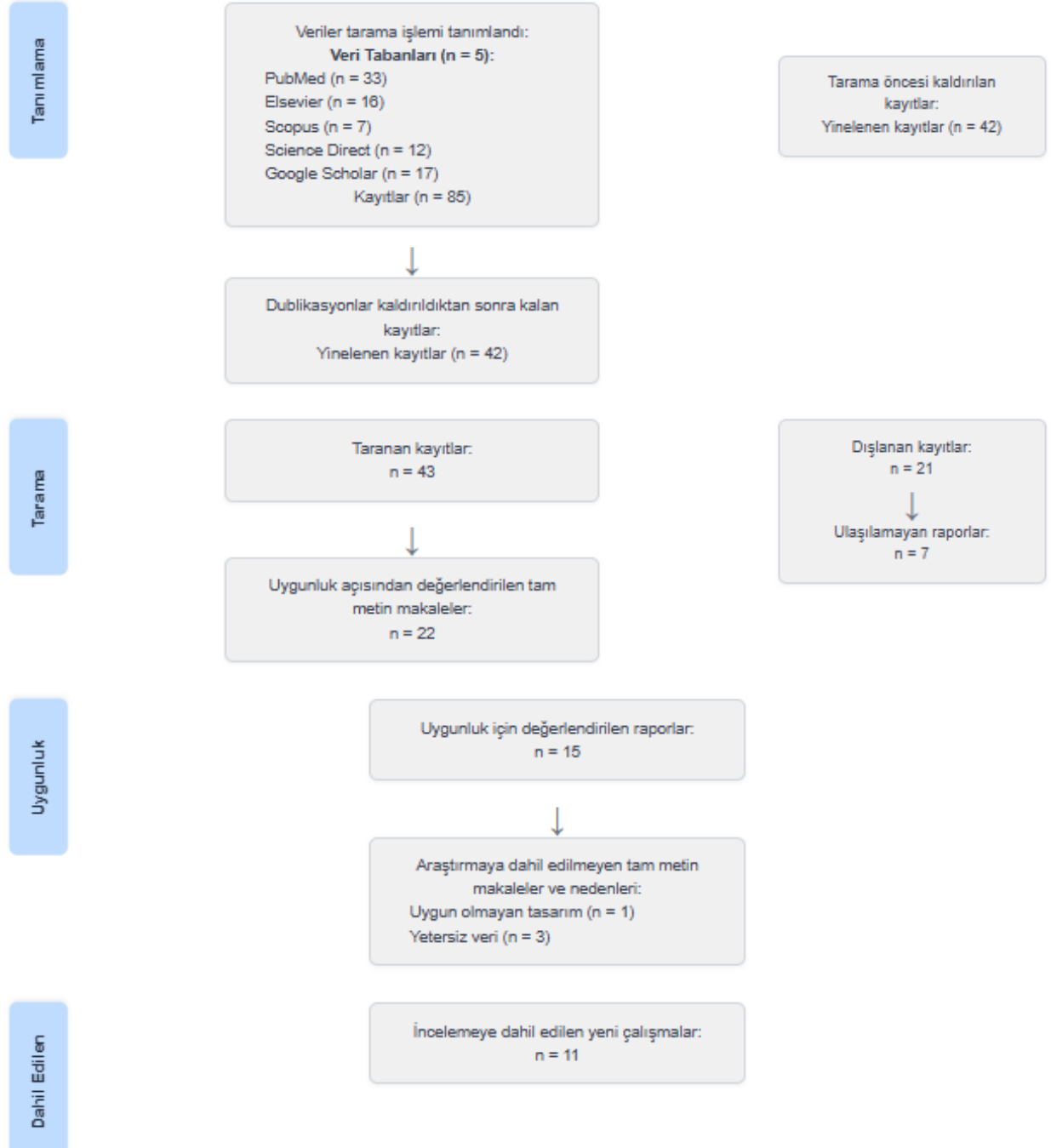
Veri Toplama Süreci

E.K. ve A.K.E. tutarlılık ve güvenilirliği sağlamak amacıyla veri toplama sürecini birlikte tasarlamıştır. Veriler, çalışmanın hedeflerine uygun olarak uyarlanmış, gözlemsel yöntemlerle toplanmıştır. E.K saha veri toplama ekiplerinin koordinasyonundan ve sürecin

yönetiminden sorumlu olmuştur. A.K.E. ise veri kalitesinin kontrolünü sağlamış ve toplanan bilgilerin güvenli şekilde saklanmasını yürütmüştür. Veri bütünlüğünü korumak ve karşılaşılan sorunları çözmek amacıyla düzenli toplantılar gerçekleştirilmiştir. Herhangi bir tutarsızlık veya eksik veri durumunda çapraz kontroller yoluyla giderilmiştir.

BULGULAR

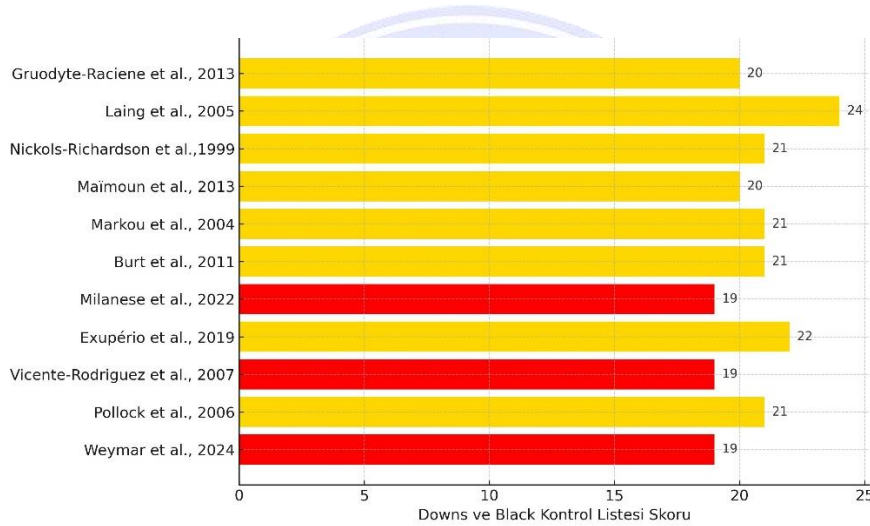
Çalışma seçimi ve özellikleri



Şekil 1. PRISMA akış diyagramı

Şekil 1. PRISMA akış diyagramı; yapılan kapsamlı arama sonucunda toplam 85 çalışma tanımlanmıştır. Bu çalışmalar arasında yapılan dublikasyon kontrolü neticesinde 42 yinelenen çalışma çıkarılmış ve tarama için 43 çalışma kalmıştır. Tarama aşamasında, bu 43 çalışma başlık ve özetlerine göre değerlendirilmiş ve 21 çalışma dışlanmıştır. Kalan 22 tam metin makale uygunluk açısından detaylı incelemeye alınmıştır; ancak bu makalelerden 7 tanesine ulaşılamadığı belirtilmiştir. Uygunluk aşamasında, ulaşılan 15 tam metin rapor detaylı kriter değerlendirmesine tabi tutulmuştur. Bu değerlendirme sonucunda, 4 tam metin makale uygun olmayan tasarım (n=1) veya yetersiz veri (n=3) gibi nedenlerle dışlanmıştır. Tüm bu titiz eleme süreçlerinin ardından, sistematik derlemeye nihai olarak 11 çalışma dahil edilmiştir.

Yanlılık Riski Değerlendirmesi: Downs ve Black Kontrol Listesi Skorlarının Analizi



Şekil 2. Dahil Edilen Çalışmaların Downs ve Black Kontrol Listesi Nihai Puanları

Şekil 2. Downs ve Black kontrol listesi'ne göre yapılan yanlılık riski (risk of bias) değerlendirmesini göstermektedir. Genel değerlendirme kapsamında, dahil edilen çalışmaların Downs ve Black kontrol listesi'ne göre puanlar incelendiğinde, en yüksek skoru Laing ve ark., 2005 çalışmasının aldığı ve 24 puanla en güvenilir metodolojik yapıya sahip olduğu görülmektedir. Buna karşılık, Milanese ve ark., 2022, Vicente-Rodriguez ve ark., 2007 ve Weymar ve ark., 2024 çalışmalarının her biri 19 puan olarak metodolojik açıdan en düşük skora sahip çalışmalardır.

Bu üç çalışma, yanlılık riski bakımından diğerlerine kıyasla daha fazla metodolojik zayıflık göstermektedir. İncelenen toplam 11 çalışmadan 8 tanesi 20 ve üzeri puan olarak göreceli olarak düşük yanlılık riski taşımakta (sarı), 3 tanesi ise 20'nin altında kalarak orta ya

da yüksek yanlışlık riski içermektedir (kırmızı). Renk kodlamasına göre sarı ile gösterilenler daha yüksek metodolojik kaliteye sahipken, kırmızı ile gösterilenler daha fazla metodolojik eksiklik barındırmaktadır. Bu sonuçlar, genel olarak çalışmaların kabul edilebilir düzeyde metodolojik kaliteye sahip olduğunu, ancak bazılarının dikkatli değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (bkz. Ek 1).

Dahil Edilen Çalışmaların Özellikleri

Tablo 3, sistematik derlemeye dahil edilen çalışmaların temel özelliklerini özetlemektedir.

Tablo 3. Dahil edilen çalışmaların özellikleri

Çalışma	N	Yaş (yıl)	Cinsiyet	Katılımcı	Antrenman	Elde Edilen Sonuçlar	Sonuçların Ölçümünde Kullanılan Araçlar/Testler
Grudyte-Raciene ve ark., (2013)	165	4-6	92 cimmastikçi (45 erkek, 47 kız), 73 kontrol (36 erkek, 37 kız)	Rekreasyonel cimmastikçiler, eski cimmastikçiler, cimmastik yapmayan kontroller	Rekreasyonel ve/veya yarışmaya aday cimmastikçiler (≥ 45 dk/hafta), 4 yıl boyunca takip	Cimmastikçilerin NN CSA'sı % 6, NN Z değeri %7, IT CSA'sı %5, IT Z değeri %6, Şaft CSA'sı %3 daha büyük ($p<0.05$); Düşük düzey cimmastik erken dönemde bile kemik geometri ve yapısını olumlu etkiliyor; İleriki yaşlarda daha iyi kemik sağlığı potansiyeli	DXA; Hip Structural Analysis (HSA); NN (Narrow Neck), IT (Intertrokanter), S (Shaft) bölgelerinde CSA, Z, Kortikal Kalınlık hesaplamaları; Multilevel random-effects modelleri
Laing ve ark., (2005)	65	4-8	Kız	Ergenlik öncesi kız çocukları; Cimmastik grubu (n=65), CON grubu (n=78)	Cimmastik grubu: Haftada 1 saat temel düzeyde cimmastik (15 dk ısınma + 4 ana alet: barlar, atlama masası, denge tahtası, yer hareketleri); CON grubu: cimmastik dışı aktivite veya hiç aktivite	Kemik mineral yoğunluğu (aBMD), Kemik mineral içeriği (BMC), Kemik alanı (BA), Vücut kompozisyonu (yağ oranı, yağsız kütle)	DXA (QDR-1000W; Hologic), 3 günlük diyet kaydı (Food Processor Nutrition Analysis System), Hekim değerlendirmesi (Tanner evreleri), Hız ölçer (CSA 7164 Accelerometer), Fiziksel aktivite anketi (Slemenda ve ark.), Video analizi, Katılım çizelgeleri
Nickols-Richardson ve ark., (1999)	18	8-13	Kız	9 cimmastikçi, 9 kontrol	Cimmastikçiler: Haftada 10-16 saat; USA Gymnastics Seviye 5 ve üzeri; Yer, barfiks, denge, atlama çalışmaları. Kontroller: Genelde sedanter; sadece 2'si düzenli spor (futbol veya dövüş sporları); hiç cimmastik geçmişi yok	Proksimal femur, femur boynu, trokanter, Ward's üçgeni, lomber omurga (L1-L4), tüm vücut BMD, yağsız doku, yağ oranı, BMAD (kemik mineral hacim yoğunluğu)	DXA (QDR-1000W; Hologic Inc.)

Maïmoun ve ark., (2013)	80	10.7–18.0 (13.83±1.97)	80 kız	20 artistik cimnastikçi (AG), 20 ritmik cimnastikçi (RG), 20 yüzücü (SW), 20 kontrol (CON)	Sporcular haftada ≥8 saat, ≥5 yıl yoğun antrenman; Kontroller ≤3 saat/hafta hafif fiziksel aktivite	AC grubunda femur boyun CSA, CSMI, kortikal kalınlık, Z değerleri, IT bölgesi CSA ve Z değerleri diğer gruplara göre anlamlı olarak daha yüksek; AC ve RC gruplarında daha düşük yağ kütlesi ve daha yüksek yağsız doku; Mekanik yüklenmenin kemik geometri ve kuvvetini geliştirdiği gözlemlendi	DXA (Hologic QDR-4500A); Hip Structural Analysis (HSA); CSA, CSMI, Z, kortikal kalınlık, buckling ratio; Vücut bileşimi; Kan örneklerinde kemik döngüsü belirteçleri (OC, PINP, CTX); Hormonlar; Greulich-Pyle yöntemi ile iskelet yaşı; Tanner evresi ile puberte değerlendirmesi
Markou ve ark., (2004)	262	13–23	Kız (169), Erkek (93)	Avrupa Artistik Cimnastik Şampiyonası'na katılan elit cimnastikçiler	Ortalama haftalık antrenman süresi raporlandı. Antrenman süresi: antrenmana başlama yaşından ölçüm tarihine kadar geçen süre olarak kaydedildi.	Yoğun fiziksel egzersizin (artistik cimnastik) kemik mineral yoğunluğu (BMD) üzerinde olumlu etkisi olduğu gösterildi. Kemik yaşı biyolojik olgunluk ile uyumlu izlendi.	DXA (Osteoview; Medilink) – Dominant önkolda BMD (10% distal site); Vücut kompozisyonu (Futrex 5000A); Kemik yaşı (Greulich-Pyle yöntemi, el-bilek grafisi); Tanner evresi değerlendirildi; Anket (menarş yaşı, antrenman süresi, haftalık antrenman saatleri, uluslararası yarışma katılımı)
Burt ve ark., (2011)	86	6–11 (ergenlik öncesi)	Kız	2 grup: 49 rekreasyonel/ elit olmayan cimnastikçiler, 37 cimnastik yapmayan (kontrol)	Cimnastikçiler: 1–16 saat/hafta, ≥6 ay deneyim; Kontroller: ≤4 saat/hafta organize spor	Cimnastikçilerde ulna ve radius'ta kemik mineral içeriği (BMC), toplam alan (ToA), trabeküler yoğunluk (TrD) ve kemik mukavemeti (BSI) daha yüksek (p<0.05). 66% bölgede kortikal alan (CoA), kortikal kalınlık (CoTh) ve kemik mukavemeti (SSI _p) cimnastikçilerde daha üstün.	pQCT (XCT 2000; Stratec); DXA (Norland XR-36); Vücut kompozisyonu ölçümü; Antropometrik ölçümler (boy, kilo, önkol uzunluğu); Tanner evresi (ebeveyn-çocuk anketi)
Milanese ve ark., (2022)	65 (RD=21, RC=22, AK=22)	7–15	Kız	Rekreasyonel dansçılar (≥2 saat/hafta), rekreasyonel cimnastikçiler (≤4 saat/hafta), aktif kontroller (≥2 saat/hafta düşük etkili aktivite)	Dansçılar: Haftalık ortalama 450–800 düşük etkili, 200–230 yüksek şiddetli hareket; Cimnastikçiler: Haftalık ortalama 562 düşük etkili, 964 yüksek şiddetli hareket	Düşük hacimli dans antrenmanının vücut kompozisyonu (3 bölmeli) ve kemik mineral yoğunluğu (BMAD) üzerinde sınırlı etkisi var. Rekreasyonel cimnastikçilerde	DXA (QDR Explorer W, Hologic); Tüm vücut, kalça, L1–L4 taraması; BMAD hesaplama; Fiziksel aktivite kaydı (MET-min/hafta); Diyet kaydı; Etki yüklemesi için video analiz

						dansçılara göre daha yüksek BMAD gözlemlendi ($p<0.05$).	
Exupério ve ark., (2019)	20	11-16	Kız	Ulusal düzeydeki kız cimnastikçiler	Cimnastikçiler: Minimum 12 ay süreli antrenman; Haftada 3 gün, günde ortalama 207 dk (min 150 dk); Aylık ortalama 58.9 ay geçmişe dayalı antrenman	12 aylık takipte: AG grubunda alt ekstremite, üst ekstremite, omurga ve tüm vücut BMD değerlerinde daha yüksek sonuçlar; Femur geometrisinde çapraz-kesit alanı (CSA) ve moment of inertia daha büyük; Osteokalsin (kemik oluşum belirteci) yüksek; Kontrollerde değişiklik yok	DXA (GE Lunar DPX-NT); Femur geometrisi: CSA, CSMI (Cross-Sectional Moment of Inertia); Osteokalsin ölçümü (kan testi); Vücut kompozisyonu: LST ve yağ kütlesi ölçümü
Vicente-Rodriguez ve ark., 2007	35	9-10	Kız	9 artistik cimnastikçi 13 ritmik cimnastikçi 13 kontrol	Artistik cimnastik: 12 saat/hafta, 3.4 ± 2.8 yıl Ritmik cimnastik: 15 saat/hafta, 3.3 ± 1.2 yıl Kontrol grubu: Sadece beden eğitimi dersleri (haftada 2×45 dk)	Artistik Cimnastikçilerde kas kütlesi ve kemik kütlesi daha yüksek Üst ekstremite BMD artistik cimnastikte daha fazla Vücut yağ oranı daha düşük (kontrollere göre %87.5 daha az) Ergenlik gecikmesi gözlemlendi Fiziksel uygunluk (VO_{2max} , anaerobik kapasite, kuvvet) artistik grupta daha yüksek	Dual energy X-ray absorptiometry (DXA) (Hologic QDR-1500) 300 m koşu (anaerobik kapasite) 20 m shuttle run (VO_{2max}) 30 m sprint (hız) Counter Movement Jump (CMJ) (kas kuvveti ve güç) Otoreportaj ile Tanner değerlendirmesi
Pollock ve ark., 2006	29 (CİM: 16, KON: 13)	45.3 ± 3.3 (CİM), 45.4 ± 3.8 (KONT)	Kadın	Üniversite düzeyi artistik CİM ve KONT	Cimnastikçiler çocukluk ve gençlik döneminde düzenli ağırlık taşıyan egzersiz (CİM: eski sporcular, ortalama 24 yıl önce sporu bırakmışlar)	CİM grubunda total vücut, lumbar omurga, femur boynu, bacak ve kol BMD'si kontrol grubuna göre anlamlı olarak daha yüksek ($p<0.05$) 9 yıl boyunca BMD değişimi benzer, ancak bacak BMD değişiminde grup farkı anlamlı ($p=0.05$) Cimnastik geçmişli olanlarda menopoza öncesi dönemde kemik sağlığı daha iyi korunmuş	Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) (Hologic QDR-1000W) BMD ölçümü: total vücut, lumbar omurga, femur boynu, kol ve bacak Yağsız kütle, yağ kütlesi ve vücut yağ yüzdesi ölçümü Fiziksel aktivite: 7 günlük geri çağırma anketi ve 10 yıllık aktivite anketi
Weymar ve ark.,	54 (AC:	6-12	Kız	Artistik	AC grubu	AC grubunda	BMD ve BMC

2024	26, KON: 28)	Cimnastik yapan kız çocukları ile kontrol grubu (hiçbir spor yapmayanlar	haftada 3 gün, günde 2 saat; Isınma ve esneklik egzersizleri Kuvvet çalışmaları (izometrik ve pliyometrik) Aletlerde akrobatik ve sıçrama egzersizleri	femur boynu BMD (0.672 ± 0.147) kontrol grubuna göre daha yüksek (0.561 ± 0.172) Üst ekstremit BMD'si AC grubunda daha yüksek (1482 ± 0.159 vs. 1289 ± 0.178) Lomber omurga BMD'si de AC grubunda daha yüksek	tahmini: antropometrik ölçümler + fiziksel testler Vücut ağırlığı, boy, BMI Deri kıvrım kalınlığı (Lange kaliper) ile yağ oranı (Lohman formülü) Cinsel olgunluk: Tanner skalası (kendini değerlendirme) Kalsiyum alımı: 15 maddelik besin sıklığı anketi Fiziksel testler: çeviklik (4m kare test), hız (20m- 30m sprint), alt ekstremitte kuvveti (dikey sıçrama testi)
------	--------------------	---	--	---	---

Kısaltmalar: DEXA: Çift enerjili X-ışını absorbsiyometrisini, HSA: kalça yapısal analizini, CSA Kesitsel alanı, Z skoru standart sapmaya göre normalize edilmiş kemik ölçümünü, NN: femur boynunun dar bölgesini, IT: femur trokanter arası bölgeyi, S: femur shaft bölgesini, BMD kemik mineral yoğunluğu, BMC: kemik mineral içeriği, BA: kemik alanı, BMAD: görünür kemik mineral yoğunluğu, CSMI: kesitsel atalet momenti, CoA: kortikal alan, CoTh: kortikal kalınlık, TrD: trabeküler yoğunluk, ToA: toplam alan, BSI: kemik dayanıklılık indeksi ve SSİp güç-gerilme indeksi, OC: Osteocalcin PINP, CTX: kemik döngüsüne ilişkin biyokimyasal belirteçlerdir. PQCT: periferik kantitatif bilgisayarlı tomografiyi, MET ise metabolik eşdeğer birimi ifade eder. AC: artistik cimnastikçiler, RC: ritmik cimnastikçileri, SW: yüzücüler, KONT: kontrol grubu, RD: rekreasyonel dansçı, REC: rekreasyonel cimnastik ve AKG aktif kontrol grubu, CİM: cimnastik.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Bugüne kadar kemik sağlığı farklı görüntüleme teknikleriyle ölçülmüş olup, DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry - Çift Enerjili X-Işını Absorbsiyometrisi) kemik mineral yoğunluğunu ölçmede düşük maliyetli, yüksek hassasiyetli ve hızlı tarama yapabilme özelliği nedeniyle en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir (Xu ve ark., 2016; Aydın, 2023a). Cimnastik antrenmanlarının, özellikle çocuklarda (Gruodyte-Racine ve ark., 2013), ergenlerde (Gruodyte ve ark., 2009) ve yetişkinlerde (Sööt ve ark., 2005) kemik gelişimi için osteojenik etkisi olduğu rapor edilmiştir. Bu etkinin temel sebebi, erken yaşta ve büyüme döneminde yüksek hacimli antrenmanlara katılımın ve yıllar süren yoğun antrenmanlarla biriken kazanımların muhtemel sonucu olarak değerlendirilir (Laing ve ark., 2005).

Henüz olgunlaşmamış iskelet sisteminin egzersiz uyarılarına yüksek duyarlılık gösterdiği düşünülmekte, bu sayede kemikte boyut, şekil ve mineralizasyon açısından adaptasyon süreçleri ortaya çıkmaktadır (Bass ve ark., 1999). Hem kas-eklem kuvveti hem de yerçekimi kuvveti kemik adaptasyonunu bağımsız olarak tetikleyebilir ve farklı iskelet bölgelerinde bu yükleme yöntemlerinin önemi değişkenlik gösterebilir. Bu değişkenlik, uyarıların doğası, aktivitenin türü, yoğunluğu ve sıklığına bağlıdır.

Mekanik yüklenmenin kemik oluşumunu uyarma gücü, uygulanan kuvvetin büyüklüğü, uygulanma hızı ve tekrar sayısı ile doğrudan ilgilidir (Nagaraja ve Jo, 2014). Sıçrama sırasında femur ve tibia üzerine etki eden maksimum zemin reaksiyon kuvveti ve bu kuvvetin sürekliliği (kuvvet-zaman eğrileri) kemik mineralizasyonunda kritik rol oynar. İniş sırasında eklem momentleri ve kas kuvvetleri, yükün dağılımını ve kemikteki stres noktalarını etkileyebilir. Yani, sadece yüksek kuvvet uygulamak değil, kuvvetin süresi ve eklem hareketlerindeki değişiklikler de kemik adaptasyonunu belirlemektedir McKay ve ark., 2005). Bunun yanı sıra aktivitenin statikten ziyade dinamik olması, uyaranların büyüklüğü ve hızının ise yüksek seviyede olması gerekir. Aktivitenin hem yoğunluğu hem de sıklığı değişmeli ve alışılmış seviyenin üzerinde olmalıdır.

Çocukluk ve ergenlik dönemleri, kemik mineral yoğunluğu (KMY) gelişimi açısından kritik evrelerdir. Çünkü yetişkinlikteki kemik kütesinin neredeyse tamamına ergenliğin sonunda ulaşılır (Nickols-Richardson ve ark., 1999; Rico ve ark., 1993). Çocukluk döneminde elde edilen kemik miktarı, yaşam boyu iskelet sağlığı üzerinde büyük etkiye sahiptir (Gruodyte-Racine ve ark., 2013). Çeşitli çalışmalar, fiziksel aktivitenin KMY ile pozitif ilişkili olduğunu ve bunun sürdürülmesinde önemli bir faktör olduğunu göstermektedir (Maïmoun ve ark., 2003; Heinonen ve ark., 1999; Rikli & McManis, 1990).

Sıçrama gibi kısa süreli egzersizlerin kemik sağlığını iyileştirmede ve kemik kaybını azaltmada etkili olduğu bilinmektedir (Zhao ve ark., 2014; Bassey & Ramsdale, 1994; Vainionpää ve ark., 2005; Bailey; Brooke-Wavell, 2010; Heinonen ve ark., 1996). Sıçrama egzersizleri sırasında kemiğe etki eden mekanik kuvvetler iki şekilde oluşur: zemine çarpmadan kaynaklanan yükler (zemin reaksiyon kuvvetleri) ve iskelet kası kasılmalarından kaynaklanan yükler (kas kuvvetleri veya kas-eklem kuvvetleri) (Morseth ve ark., 2011; Kohrt ve ark., 2009).

Dolayısıyla artistik cimnastikte genellikle her manevra sıçrama ve sonrasında iniş fazı ile sonlandığı düşünüldüğünde (Daly ve ark., 2001) zemine sert bir şekilde iniş yapılması, şiddetli zemin reaksiyon kuvveti oluşturarak kemik mineral birikimini artırabilir (Fuchs ve ark., 2001; Nickols-Richardson ve ark., 1999).

Courteix ve ark. (1998) çalışması, farklı spor branşlarının KMY üzerine etkisini vurgulaması bakımından önemlidir. Aynı yaşta ve benzer fiziksel özelliklere sahip çocuklar karşılaştırıldığında, yalnızca yüksek mekanik yüke sahip sporlarla ilgilenenlerin anlamlı kemik kazanımı göstermesi, artistik cimnastiğin osteojenik potansiyelini doğrudan

desteklemektedir. Bu sistematik derleme kapsamında ele alınmayan bazı çalışmaların da gösterdiği üzere, yüksek şiddetli ve tekrarlayan mekanik yüklemeye dayalı egzersizler, özellikle büyüme çağındaki bireylerde KMY'nin artmasına ve kemik yapısının güçlenmesine katkı sağlamaktadır (Mosti ve ark., 2014; Nikander ve ark., 2006)

Artistik cimnastik, bu bağlamda yalnızca bir spor dalı değil, aynı zamanda iskelet gelişimini destekleyen osteojenik bir uyarandır. Ancak ergenlik gecikmesi, enerji eksikliği ve hormonal dengesizlik gibi faktörler bazı cimnastikçilerde kemik kazanımını olumsuz etkileyebilir (örneğin, "Kadın sporcu üçlemesi"), bu durumun dikkatle izlenmesi gereklidir.

Zanker ve ark. (2003), erken yaşta yapılan yüksek şiddette ağırlık kaldıran sporcuların, yetişkinlikteki kemik sağlığı üzerindeki uzun vadeli etkilerini incelemişlerdir. Cimnastiği bırakmış kadın sporcuların yaş, vücut ağırlığı ve boy uzunluğu açısından benzer özelliklere sahip sedanter bireylerle karşılaştırıldığında, tüm bölgelerde anlamlı derecede daha yüksek kemik mineral yoğunluğuna sahip oldukları bulunmuştur. Bu farklılıklar, toplam vücutta %6'dan başlayarak femurda ise toplam %11'e kadar ulaşmaktadır. Şaşırtıcı bir şekilde, bu avantajlar antrenmanın bırakılmasına rağmen korunmuş ve veteranlık süresi arttıkça kemik mineral yoğunluğunda anlamlı bir düşüş gözlemlenmemiştir.

Bu bulgular, ergenlikte yapılan yoğun cimnastik antrenmanlarının, iskelet sistemi üzerinde uzun süreli faydalar sağlayarak bu etkilerin erken yetişkinlik dönemine kadar devam edebileceğini göstermektedir. Bu durum, yüksek şiddetli sporlara erken yaşta katılımın daha yüksek zirve kemik kütlesine katkı sağladığını ve bu yolla ileriki yaşlarda osteoporoz riskini azaltabileceğini desteklemektedir.

Rommel ve ark., (2021), menarş öncesi dönemde ritmik cimnastik yapan kız çocuklarının, aynı yaş grubundaki sedanter akranlarına kıyasla daha fazla kemik mineral içeriği kazandığını göstermiştir. Bu artış, vücut yağ kütlesi ve leptin düzeylerinin daha düşük olmasına rağmen gerçekleşmiştir. Bu bulgular, erken yaşta başlanan yoğun fiziksel aktivitenin, büyüme döneminde kemik gelişimini olumlu yönde etkileyerek ileriki yaşlarda daha güçlü bir iskelet yapısı oluşturabileceğini desteklemektedir. Buna ek olarak Aydın (2023b) tarafından fiziksel aktivitenin solunum fonksiyonlarını destekleyici etkisi uzun vadeli kazanımlar açısından da önemli bulunmuştur.

Haapala ve ark., (2024) tarafından gerçekleştirilen üç yıllık kohort çalışması, çocukların lokomotor becerileri ve kardiyorespiratuvar uygunluk düzeylerinin osteojenik fiziksel aktivite

birikimi üzerinde belirleyici bir etkisi olduğunu göstermiştir. Özellikle yüksek motor beceri ve kardiyorespiratuvar uygunluğa sahip çocukların, büyüme çağında daha fazla osteojenik uyarı aldıkları ve bu durumun iskelet sağlığı açısından kritik olduğu vurgulanmıştır. Bu bulgular, lokomotor becerileri ve kardiyorespiratuvar uygunluğu yüksek olan çocukların, bu özellikleri düşük olan akranlarına göre kemik gelişimini destekleyen daha fazla fiziksel aktiviteye katıldığını göstermektedir. Bu durum, kemiklerin hızla geliştiği çocukluk döneminde iskelet sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır.

Kato ve ark., (2006), düşük tekrar sayısı ile yapılan yüksek şiddetli sıçrama egzersizlerinin genç kadınlarda kemik mineral yoğunluğu üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermiştir. Altı aylık müdahale sürecinde, haftada üç gün sadece 10 maksimum dikey sıçrama yapan katılımcıların femur boynu ve lomber omurga bölgelerinde anlamlı KMY artışları gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, kısa süreli ama yüksek yoğunluklu egzersizlerin, özellikle zirve kemik kütlesine ulaşma dönemindeki genç kadınlarda kemik gelişimini doğrudan destekleyebildiğini göstermektedir. Henüz olgunlaşmamış iskelet sisteminin, mekanik yüklere karşı yüksek adaptasyon yeteneği sayesinde, erken yaşta kazanılan kemik kütlesi yalnızca büyüme dönemi sağlığına değil, ileri yaşlarda osteoporoz riskinin azaltılmasına da katkı sağlayabilir.

Kemik mineral yoğunluğu açısından osteojenik etkisi yüksek olan sporlara çocukluk çağında başlanması teşvik edilmelidir. Farklı aktivite modellerinin desteklenmesi açısından sadece cimnastik değil, sıçrama, koşma gibi kısa süreli egzersizlerin de günlük yaşamda çocuklara entegre edilmesi önemlidir. Toplumsal düzeyde fiziksel aktivite/egzersiz okullarda ve uygun alanlarda çocuklara yönelik osteojenik aktivite içeren programlar desteklenmeli ve yaygınlaştırılmalıdır.

Sonuç olarak bu sistematik derleme, çocukluk döneminde başlatılan, mekanik yük oluşturan ve yüksek yoğunluklu tekrarlayıcı osteojenik aktivitelerin (özellikle cimnastik gibi disiplinler) hem kısa vadede kemik gelişimi hem de uzun vadede iskelet sağlığı açısından önemli bir yatırım olduğunu ortaya koymaktadır.

Sınırlılıklar

Bu sistematik derlemeye dahil edilen çalışmalar, kız çocukları ile ergenlik öncesi veya erken ergenlik dönemindeki bireylerle ve belirli antrenman türleri ve süreleri ile sınırlıdır. Katılımcıların çoğu rekreasyonel veya elit artistik cimnastikçiler olup, erkekler ve farklı yaş grupları yeterince temsil edilmemiştir. Ayrıca antrenman süresi ve yoğunluğu çalışmadan

çalışmaya farklılık göstermektedir, bu da sonuçların doğrudan tüm popülasyona uygulanabilirliğini sınırlamaktadır. Bu nedenle elde edilen bulgular, benzer yaş ve cinsiyetteki sporculara göre yorumlanmalıdır. Gelecekteki araştırmalarda, uzun vadeli etkilerin yanı sıra genetik ve çevresel faktörlerin kemik sağlığı üzerindeki etkileri de kapsamlı bir şekilde incelenmelidir.

KAYNAKLAR

- Aydın, S. (2023a). An evaluation of biomotor characteristics according to biological maturation level in 11–12 age soccer players. *Revista de Gestão e Secretariado*, 14(10), 19139–19149.
- Aydın, S. (2023b). The effect of smoking on respiratory functions in athletes. *Revista de Gestão e Secretariado*, 14(10), 19150–19158.
- Bailey, C. A., & Brooke-Wavell, K. (2010). Optimum frequency of exercise for bone health: Randomised controlled trial of a high-impact unilateral intervention. *Bone*, 46(4), 1043–1049. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2009.12.001>
- Bailey, D. A., McKay, H. A., Mirwald, R. L., Crocker, P. R., & Faulkner, R. A. (1999). A six-year longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual in growing children: The University of Saskatchewan Bone Mineral Accrual Study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 14(10), 1672–1679. <https://doi.org/10.1359/jbmr.1999.14.10.1672>
- Bass, S., Delmas, P. D., Pearce, G., Hendrich, E., Tabensky, A., & Seeman, E. (1999). The differing tempo of growth in bone size, mass, and density in girls is region-specific. *Journal of Clinical Investigation*, 104(6), 795–804. <https://doi.org/10.1172/JCI7060>
- Bassey, E. J., & Ramsdale, S. J. (1994). Increase in femoral bone density in young women following high-impact exercise. *Osteoporosis International*, 4(2), 72–75. <https://doi.org/10.1007/BF01623226>
- Bolam, K. A., van Uffelen, J. G., & Taaffe, D. R. (2013). The effect of physical exercise on bone density in middle-aged and older men: A systematic review. *Osteoporosis International*, 24(11), 2749–2762. <https://doi.org/10.1007/s00198-013-2346-1>
- Burt, L. A., Naughton, G. A., Greene, D. A., & Ducher, G. (2011). Skeletal differences at the ulna and radius between pre-pubertal non-elite female gymnasts and non-gymnasts. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 11(3), 227–233.

- Coşkunses, F., & Tuğcu, F. (2012). Distraksiyon osteogenezinde düşük yoğunlukta ultrason stimülasyonunun kemik mineral yoğunluğuna etkisinin DEXA ile incelemesi. *Cumhuriyet Dental Journal*, 15(3), 201–211. <https://doi.org/10.7126/cdj.2012.1228>
- Courteix, D., Lespessailles, E., Peres, S. L., Obert, P., Germain, P., & Benhamou, C. L. (1998). Effect of physical training on bone mineral density in prepubertal girls: A comparative study between impact-loading and non-impact-loading sports. *Osteoporosis International*, 8(2), 152–158. <https://doi.org/10.1007/BF02672512>
- Daly, R., Bass, S., & Finch, C. (2001). Balancing the risk of injury to gymnasts: How effective are the counter measures? *British Journal of Sports Medicine*, 35(1), 8–20. <https://doi.org/10.1136/bjbm.35.1.8>
- Duckham, R. L., Baxter-Jones, A. D., Johnston, J. D., Vatanparast, H., Cooper, D., & Kontulainen, S. (2014). Does physical activity in adolescence have site-specific and sex-specific benefits on young adult bone size, content, and estimated strength? *Journal of Bone and Mineral Research*, 29(2), 479–486. <https://doi.org/10.1002/jbmr.2055>
- Downs, S. H., & Black, N. (1998). The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 52(6), 377–384. <https://doi.org/10.1136/jech.52.6.377>
- Egan, E., Reilly, T., Giacomoni, M., Redmond, L., & Turner, C. (2006). Bone mineral density among female sports participants. *Bone*, 38(2), 227–233. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2005.08.024>
- Exupério, I. N., Agostinete, R. R., Werneck, A. O., Maillane-Vanegas, S., Luiz-de-Marco, R., Mesquita, E. D. L., Kemper, H. C. G., & Fernandes, R. A. (2019). Impact of artistic gymnastics on bone formation marker, density and geometry in female adolescents: ABCD-Growth Study. *Journal of Bone Metabolism*, 26(2), 75–82. <https://doi.org/10.11005/jbm.2019.26.2.75>
- Faienza, M. F., Lassandro, G., Chiarito, M., Valente, F., Ciaccia, L., & Giordano, P. (2020). How physical activity across the lifespan can reduce the impact of bone ageing: A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6), 1862. <https://doi.org/10.3390/ijerph17061862>

- Fuchs, R. K., Bauer, J. J., & Snow, C. M. (2001). Jumping improves hip and lumbar spine bone mass in prepubescent children: A randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research*, 16(1), 148–156. <https://doi.org/10.1359/jbmr.2001.16.1.148>
- Gruodyte, R., Jürimäe, J., Saar, M., Maasalu, K., & Jürimäe, T. (2009). Relationships between areal bone mineral density and jumping height in pubertal girls with different physical activity patterns. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(4), 474–479.
- Gruodyte-Raciene, R., Erlandson, M. C., Jackowski, S. A., & Baxter-Jones, A. D. (2013). Structural strength development at the proximal femur in 4- to 10-year-old precompetitive gymnasts: A 4-year longitudinal hip structural analysis study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 28(12), 2592–2600. <https://doi.org/10.1002/jbmr.1986>
- Gunter, K. B., Almstedt, H. C., & Janz, K. F. (2012). Physical activity in childhood may be the key to optimizing lifespan skeletal health. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 40(1), 13–21. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e318236e5ee>
- Haapala, E. A., Gråsten, A., Huhtiniemi, M., Ortega, F. B., Rantalainen, T., & Jaakkola, T. (2024). Trajectories of osteogenic physical activity in children and adolescents: A 3-year cohort study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 27(5), 319–325. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2024.02.005>
- Jakse, B., Sekulic, D., Jakse, B., Cuk, I., & Sajber, D. (2020). Bone health among indoor female athletes and associated factors: A cross-sectional study. *Research in Sports Medicine*, 28(3), 314–323. <https://doi.org/10.1080/15438627.2019.1696344>
- Kemper, H. C. G., Twisk, J. W. R., Koppes, L. L. J., van Mechelen, W., & Post, G. B. (2000). A 15-year physical activity pattern is positively related to bone mineral density in young adults. *Journal of Bone and Mineral Research*, 15(11), 2512–2521. <https://doi.org/10.1359/jbmr.2000.15.11.2512>
- Maïmoun, L., Coste, O., Philibert, P., Briot, K., Mura, T., Galtier, F., Mariano-Goulart, D., Paris, F., & Sultan, C. (2013). Peripubertal female athletes in high-impact sports show improved bone mass acquisition and bone geometry. *Metabolism*, 62(8), 1088–1098. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2012.11.010>
- Marin-Puyalto, J., Mäestu, J., Gomez-Cabello, A., Lätt, E., Rimmel, L., Purge, P., Vicente-Rodriguez, G., & Jürimäe, J. (2019). Frequency and duration of vigorous physical activity

- bouts are associated with adolescent boys' bone mineral status: A cross-sectional study. *Bone*, 120, 141–147. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2018.10.019>
- Markou, K. B., Mylonas, P., Theodoropoulou, A., Kontogiannis, A., Leglise, M., Vagenakis, A. G., & Georgopoulos, N. A. (2004). The influence of intensive physical exercise on bone acquisition in adolescent elite female and male artistic gymnasts. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 89(9), 4377–4383. <https://doi.org/10.1210/jc.2003-031865>
- McKay, H., Tsang, G., Heinonen, A., MacKelvie, K., Sanderson, D., & Khan, K. M. (2005). Ground reaction forces associated with an effective elementary school based jumping intervention. *British Journal of Sports Medicine*, 39(1), 10–14. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2003.008615>
- Milanese, C., Cavedon, V., Peluso, I., Toti, E., & Zancanaro, C. (2022). The limited impact of low-volume recreational dance on three-compartment body composition and apparent bone mineral density in young girls. *Children*, 9(3), 391. <https://doi.org/10.3390/children9030391>
- Nickols-Richardson, S. M., Modlesky, C. M., O'Connor, P. J., & Lewis, R. D. (1999). Premenarcheal gymnasts possess higher bone mineral densities than controls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(4), 658–663. <https://doi.org/10.1097/00005768-199904000-00011>
- Patel Nagaraja, M., & Jo, H. (2014). The role of mechanical stimulation in recovery of bone loss—High versus low magnitude and frequency of force. *Life*, 4(2), 117–130. <https://doi.org/10.3390/life4020117>
- Pollock, N. K., Laing, E. M., Modlesky, C. M., O'Connor, P. J., & Lewis, R. D. (2006). Former college artistic gymnasts maintain higher BMD: A nine-year follow-up. *Osteoporosis International*, 17(11), 1691–1697. <https://doi.org/10.1007/s00198-006-0181-3>
- Rico, H., Revilla, M., Villa, L. F., Hernandez, E. R., Alvarez de Buergo, M., & Villa, M. (1993). Body composition in children and Tanner's stages: A study with dual-energy X-ray absorptiometry. *Metabolism*, 42(8), 967–970. [https://doi.org/10.1016/0026-0495\(93\)90008-C](https://doi.org/10.1016/0026-0495(93)90008-C)

- Rikli, R. E., & McManis, B. G. (1990). Effects of exercise on bone mineral content in postmenopausal women. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 61(3), 243–249. <https://doi.org/10.1080/02701367.1990.10608686>
- Shipp, K. M. (2006). Exercise for people with osteoporosis: Translating the science into clinical practice. *Current Osteoporosis Reports*, 4(4), 129–133. <https://doi.org/10.1007/s11914-996-0020-7>
- Sollaci, L. B., & Pereira, M. G. (2004). The introduction, methods, results, and discussion (IMRAD) structure: A fifty-year survey. *Journal of the Medical Library Association*, 92(3), 364–371.
- Sööt, T., Jürimäe, T., Jürimäe, J., Gapeyeva, H., & Pääsuke, M. (2005). Relationship between leg bone mineral values and muscle strength in women with different physical activity. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 23(5), 401–406. <https://doi.org/10.1007/s00774-005-0620-9>
- Tamoliene, V., Rimmel, L., Gruodyte-Raciene, R., & Jürimäe, J. (2021). Relationships of bone mineral variables with body composition, blood hormones and training volume in adolescent female athletes with different loading patterns. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12), 6571. <https://doi.org/10.3390/ijerph18126571>
- Vainionpää, A., Korpelainen, R., Vihriälä, E., Rinta-Paavola, A., Leppäluoto, J., & Jämsä, T. (2014). Intensity of exercise is associated with bone density change in premenopausal women. *Osteoporosis International*, 25(4), 1409–1417. <https://doi.org/10.1007/s00198-014-2634-2>
- Vicente-Rodriguez, G., Dorado, C., Ara, I., Perez-Gomez, J., Olmedillas, H., Delgado-Guerra, S., & Calbet, J. A. (2007). Artistic versus rhythmic gymnastics: Effects on bone and muscle mass in young girls. *International Journal of Sports Medicine*, 28(5), 386–393. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924397>
- Weymar, M. K., Caputo, E. L., & Rombaldi, A. J. (2024). Effects of recreational artistic gymnastics on bone mineral density and content of school-age girls. *Science & Sports*, 39(8), 647–653. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2024.01.003>
- Xu, J., Lombardi, G., Jiao, E., & Banfi, G. (2016). Effect of exercise on bone status in female subjects, from young girls to postmenopausal women: An overview of systematic reviews

and meta-analyses. *Sports Medicine*, 46(8), 1165–1182. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0494-0>

Zanker, C. L., Osborne, C., Cooke, C. B., Oldroyd, B., & Truscott, J. G. (2004). Bone density, body composition and menstrual history of sedentary female former gymnasts, aged 20–32 years. *Osteoporosis International*, 15(2), 145–154. <https://doi.org/10.1007/s00198-003-1524-y>

Zhao, R., Zhao, M., & Zhang, L. (2014). Efficiency of jumping exercise in improving bone mineral density among premenopausal women: A meta-analysis. *Sports Medicine*, 44(10), 1393–1402. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0220-8>

Ek 1. İncelenen Çalışmaların Downs & Black Kontrol Listesine Göre Puan Dağılımları

Çalışma	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21	Q22	Q23	Q24	Q25	Q26	Q27	Skor
Gruodyte-Racine et al., 2013	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	20
Laing et al., 2005	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	24
Nickols-Richardson et al., 1999	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	NA	0	1	1	1	1	1	1	1	0	NA	1	1	0	21
Maimoun et al., 2013	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	20
Markou et al., 2004	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	21
Burt et al., 2011	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	21
Milanese et al., 2022	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	19
Exupério et al., 2019	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	22
Vicente-Rodriguez et al., 2007	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	19
Pollock et al., 2006	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	21
Weymar et al., 2024	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	19

N/A: not applicable; Uygulanamaz / Geçerli değil; Q: question/Soru. Downs & Black quality checklist (Downs and Black, 1998)

k 2. Appendix 12 (as supplied by the authors): Modified Downs and Black checklist for the assessment of the methodological quality of both randomized and non-randomized studies.

Item	Criteria	Possible Answers
Reporting		
1	<i>Is the hypothesis/aim/objective of the study clearly described?</i>	Yes = 1 No = 0
2	<i>Are the main outcomes to be measured clearly described in the Introduction or Methods section? If the main outcomes are first mentioned in the Results section, the question should be answered no.</i>	Yes = 1 No = 0
3	<i>Are the characteristics of the patients included in the study clearly described? In cohort studies and trials, inclusion and/or exclusion criteria should be given. In case-control studies, a case-definition and the source for controls should be given.</i>	Yes = 1 No = 0
4	<i>Are the interventions of interest clearly described? Treatments and placebo (where relevant) that are to be compared should be clearly described.</i>	Yes = 1 No = 0
5	<i>Are the distributions of principal confounders in each group of subjects to be compared clearly described? A list of principal confounders is provided.</i>	Yes = 2 Partially = 1 No = 0
6	<i>Are the main findings of the study clearly described? Simple outcome data (including denominators and numerators) should be reported for all major findings so that the reader can check the major analyses and conclusions. (This question does not cover statistical tests which are considered below).</i>	Yes = 1 No = 0
7	<i>Does the study provide estimates of the random variability in the data for the main outcomes? In non-normally distributed data the interquartile range of results should be reported. In normally distributed data the standard error, standard deviation or confidence intervals should be reported. If the distribution of the data is not described, it must be assumed that the estimates used were appropriate and the question should be answered yes.</i>	Yes = 1 No = 0
8	<i>Have all important adverse events that may be a consequence of the intervention been reported? This should be answered yes if the study demonstrates that there was a comprehensive attempt to measure adverse events. (A list of possible adverse events is provided).</i>	Yes = 1 No = 0
9	<i>Have the characteristics of patients lost to follow-up been described? This should be answered yes where there were no losses to follow-up or where losses to follow-up were so small that findings would be unaffected by their inclusion. This should be answered no where a study does not report the number of patients lost to follow-up.</i>	Yes = 1 No = 0
10	<i>Have actual probability values been reported (e.g. 0.035 rather than <0.05) for the main outcomes except where the probability value is less than 0.001?</i>	Yes = 1 No = 0
External validity		
11	<i>Were the subjects asked to participate in the study representative of the entire population from which they were recruited? The study must identify the source population for patients and describe how the patients were selected. Patients would be representative if they comprised the entire source population, an unselected sample of consecutive patients, or a random sample. Random sampling is only feasible where a list of all members of the relevant population exists. Where a study does not report the proportion of the source population from which the patients are derived, the question should be answered as unable to determine.</i>	Yes = 1 No = 0 Unable to determine = 0

12	<i>Were those subjects who were prepared to participate representative of the entire population from which they were recruited?</i> The proportion of those asked who agreed should be stated. Validation that the sample was representative would include demonstrating that the distribution of the main confounding factors was the same in the study sample and the source population.	Yes = 1 No = 0 Unable to determine = 0
13	<i>Were the staff, places, and facilities where the patients were treated, representative of the treatment the majority of patients receive?</i> For the question to be answered yes the study should demonstrate that the intervention was representative of that in use in the source population. The question should be answered no if, for example, the intervention was undertaken in a specialist centre unrepresentative of the hospitals most of the source population would attend.	Yes = 1 No = 0 Unable to determine = 0
Internal validity - bias		
14	<i>Was an attempt made to blind study subjects to the intervention they have received?</i> For studies where the patients would have no way of knowing which intervention they received, this should be answered yes.	Yes = 1 No = 0 Unable to determine = 0
15	<i>Was an attempt made to blind those measuring the main outcomes of the intervention?</i>	Yes = 1 No = 0 Unable to determine = 0
16	<i>If any of the results of the study were based on "data dredging", was this made clear?</i> Any analyses that had not been planned at the outset of the study should be clearly indicated. If no retrospective unplanned subgroup analyses were reported, then answer yes.	Yes = 1 No = 0 Unable to determine = 0
17	<i>In trials and cohort studies, do the analyses adjust for different lengths of follow-up of patients, or in case-control studies, is the time period between the intervention and outcome the same for cases and controls?</i> Where follow-up was the same for all study patients the answer should be yes. If different lengths of follow-up were adjusted for by, for example, survival analysis the answer should be yes. Studies where differences in follow-up are ignored should be answered no.	Yes = 1 No = 0 Unable to determine = 0
18	<i>Were the statistical tests used to assess the main outcomes appropriate?</i> The statistical techniques used must be appropriate to the data. For example nonparametric methods should be used for small sample sizes. Where little statistical analysis has been undertaken but where there is no evidence of bias, the question should be answered yes. If the distribution of the data (normal or not) is not described it must be assumed that the estimates used were appropriate and the question should be answered yes.	Yes = 1 No = 0 Unable to determine = 0
19	<i>Was compliance with the intervention/s reliable?</i> Where there was non-compliance with the allocated treatment or where there was contamination of one group, the question should be answered no. For studies where the effect of any misclassification was likely to bias any association to the null, the question should be answered yes.	Yes = 1 No = 0 Unable to determine = 0
20	<i>Were the main outcome measures used accurate (valid and reliable)?</i> For studies where the outcome measures are clearly described, the question should be answered yes. For studies which refer to other work or that demonstrates the outcome measures are accurate, the question should be answered as yes.	Yes = 1 No = 0 Unable to determine = 0
Internal validity - confounding (selection bias)		
21	<i>Were the patients in different intervention groups (trials and cohort studies) or were the cases and controls (case-control studies) recruited from the same population?</i> For example, patients for all comparison groups should be selected from the same hospital. The question should be answered unable to determine for cohort and case-control studies where there is no information	Yes = 1 No = 0 Unable to determine = 0
	concerning the source of patients included in the study.	

22	<i>Were study subjects in different intervention groups (trials and cohort studies) or were the cases and controls (case-control studies) recruited over the same period of time? For a study which does not specify the time period over which patients were recruited, the question should be answered as unable to determine.</i>	Yes = 1 No = 0 Unable to determine = 0
23	<i>Were study subjects randomized to intervention groups? Studies which state that subjects were randomized should be answered yes except where method of randomization would not ensure random allocation. For example alternate allocation would score no because it is predictable.</i>	Yes = 1 No = 0 Unable to determine = 0
24	<i>Was the randomized intervention assignment concealed from both patients and health care staff until recruitment was complete and irrevocable? All non-randomized studies should be answered no. If assignment was concealed from patients but not from staff, it should be answered no.</i>	Yes = 1 No = 0 Unable to determine = 0
25	<i>Was there adequate adjustment for confounding in the analyses from which the main findings were drawn? This question should be answered no for trials if: the main conclusions of the study were based on analyses of treatment rather than intention to treat; the distribution of known confounders in the different treatment groups was not described; or the distribution of known confounders differed between the treatment groups but was not taken into account in the analyses. In non-randomized studies if the effect of the main confounders was not investigated or confounding was demonstrated but no adjustment was made in the final analyses the question should be answered as no.</i>	Yes = 1 No = 0 Unable to determine = 0
26	<i>Were losses of patients to follow-up taken into account? If the numbers of patients lost to follow-up are not reported, the question should be answered as unable to determine. If the proportion lost to follow-up was too small to affect the main findings, the question should be answered yes.</i>	Yes = 1 No = 0 Unable to determine = 0
Power		
27*	<i>Did the study have sufficient power to detect a clinically important effect where the probability value for a difference being due to chance is less than 5%? Sample sizes have been calculated to detect a difference of x% and y%.</i>	Yes = 1 No = 0 Unable to determine = 0

*Item has been modified. Downs SH, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *J Epidemiol Community Health* 1998;52:377-84.