

Skolyozlu Bireyler İçin Ayakkabı Tasarımlarındaki Gelişmeler: Biyomekanik Hususlar, Malzemeler ve Tasarım Yenilikleri

Advances in Shoe Design for Individuals with Scoliosis: Biomechanical Considerations, Materials, and Design Innovations

Orkun Özçatalbaş¹, Berkay Menç²

1) Atılım Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı, 06830 Gölbaşı, Ankara, Türkiye

ORCID: 0009-0004-4810-4404, orkun.ozcatalbas@gmail.com

2) Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 06500 Beşevler, Ankara, Türkiye

ORCID: 0009-0004-2010-5720, berkaymenc@gmail.com

Geliş Tarihi: 26 Nis 2025 - **Kabul Tarihi:** 1 Tem 2025

DOI: 10.55205/joctensa.3120241684338

ATIF: Özçatalbaş, O., Menç, B., (2025). Skolyozlu Bireyler İçin Ayakkabı Tasarımlarındaki Gelişmeler: Biyomekanik Hususlar, Malzemeler ve Tasarım Yenilikleri. Cihannüma Teknoloji Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 3 (1), 54-75.

Öz

Anormal omurga eğriliği ile karakterize bir durum olan skolyoz, duruşu, dengeyi ve kas-iskelet fonksiyonunu etkileyerek yürüyüş anormalliklerine ve üst vücut asimetrisine yol açar. Skolyozun biyomekanik sonuçları omurganın ötesine uzanır, hem alt hem de üst ekstremitelerde disabiliteye sebep olur ve günlük yaşam aktivitelerini olumsuz etkiler. Adaptif ayakkabı kullanımı, dengeyi sağlayarak, ağırlık dağılımını iyileştirerek ve telafi edici yürüyüş kalıplarını hafifleterek skolyozla ilişkili duruş dengesizliklerini yönetmede önemli bir rol oynar. Bu inceleme, skolyozun hem alt hem de üst ekstremitelerdeki biyomekanik etkilerini, adaptif ayakkabı giymenin omurga hizalaması üzerindeki etkilerini ve ortopedik ayakkabı tasarımı için temel hususları inceler. Özel tabanlıklar, hareket kontrol özellikleri ve 3D yazdırılmış ortezler (omurgayı veya uzuvları desteklemek için destek aparatı) dahil olmak üzere adaptif ayakkabılardaki yenilikler, skolyozlu bireylerin hareketliliğini ve yaşam kalitesini iyileştirmek için umut verici yaklaşımlar sağlar. Skolyoz yönetiminde özel ayakkabı müdahalelerinin uzun vadeli etkinliğini değerlendirmek için daha fazla araştırma gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Skolyoz, Ayakkabı, Ayakkabı Malzemeleri, Eklemeli İmalat

*Sorumlu Yazar: berkaymenc@gmail.com

ABSTRACT

Scoliosis, a condition characterized by abnormal spinal curvature, affects posture, balance, and musculoskeletal function, leading to gait abnormalities and upper body asymmetries. The biomechanical consequences of scoliosis extend beyond the spine, resulting in disability in both lower and upper extremities and negatively impacting daily living activities. The use of adaptive footwear plays a significant role in managing posture-related imbalances associated with scoliosis by enhancing balance, improving weight distribution, and mitigating compensatory gait patterns. This review explores the biomechanical implications of scoliosis on both lower and upper extremities, the influence of adaptive footwear on spinal alignment, and key considerations in orthopedic footwear design. Innovations in adaptive footwear, including custom insoles, motion control features, and 3D-printed orthoses (devices designed to support the spine or limbs), offer promising approaches to improving mobility and quality of life in individuals with scoliosis. Further research is necessary to evaluate the long-term efficacy of tailored footwear interventions in scoliosis management.

Keywords: Scoliosis, Foot Wear, Shoe Materials, Additive Manufacturing

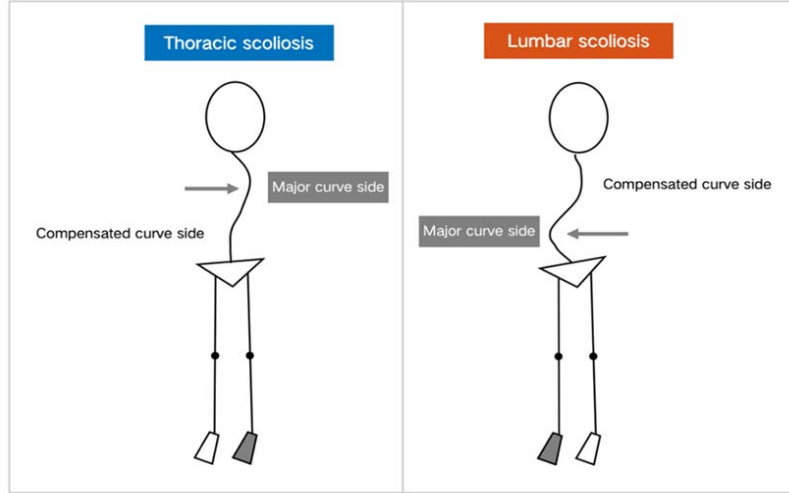
GİRİŞ

Skolyoz, omurganın 10 dereceden fazla yanıl eğriliğı ile karakterize edilen ve genellikle idiyoPATİK kökenli olan bir deformitedir. Toplumun yaklaşık %2–3'ünü etkileyen bu durum, sıklıkla ergenlik döneminde teşhis edilmekle birlikte, yaşa bağılı dejeneratif değışikliklere bağılı olarak erişkin bireylerde de ortaya çıkabilmektedir (Choudhry, 2016; Schwab et al., 2005). Skolyoz, postüral dengesizlik, yürüyüş anormallikleri ve kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları gibi çeşitli fonksiyonel bozukluklara yol açarak bireyin yaşam kalitesini olumsuz etkileyebilir (Sklenský et al., 2024).

Literatürde, skolyoz ile alt ekstremite biyomekaniğı arasındaki ilişki çeşitli yönleriyle ele alınmıştır. Skolyozlu bireylerde sıklıkla pelvik tilt, bacak uzunluğu farkı ve asimetrik ağırlık dağılımı gibi yapısal bozukluklara rastlanmakta, bu durumlar ise yürüyüş desenlerinde bozulmalara neden olmaktadır (Sèze et al., 2012). Hareket yakalama sistemleri ve basınç plakası analizleriyle yapılan çalışmalar, bu bireylerde asimetrik zemin reaksiyon kuvvetleri ve düzensiz plantar basınç dağılımı gibi parametrelerin dengesizlik ve düşme riskini artırdığını ortaya koymaktadır (Detrembleur et al., 2009). Ayrıca, skolyoza eşlik eden hizalanma problemleri, ayakta pronasyon veya supinasyon eğilimlerini artırarak eklem üzerine binen yükleri değıştirebilir (McGregor et al., 2009).

Skolyoz tedavisinde genellikle omurga hizalamasını hedefleyen orteZleme ve fizik tedavi gibi yöntemler kullanılmakla birlikte, ayakkabı modifikasyonları da invaziv olmayan destekleyici bir müdahale olarak dikkat çekmektedir (Rothschil et al., 2020). Özelleştirilmiş tabanlıklar, ortopedik ayakkabılar ve adaptif tasarımlar sayesinde alt ekstremite biyomekaniğı

optimize edilerek postüral stabilite artırılabilir ve bireyin fonksiyonel hareketliliği desteklenebilir (Özüdoğru et al., 2024).



Şekil 1. Statik plantar basınç sonuçlarının basitleştirilmiş bir gösterimi (Dongmei et al., 2025).

Bu inceleme, skolyozun alt ve üst ekstremitte biyomekaniği üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde incelemeyi ve skolyozlu bireyler için ayakkabı tasarımında dikkate alınması gereken temel unsurları analiz etmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, ortopedik ayakkabı teknolojisindeki güncel gelişmeler değerlendirilerek, skolyozdan etkilenen bireylerin yaşam kalitesini artırmaya yönelik yenilikçi çözümler ortaya konulacaktır.

SKOLYOZUN ALT EKSTREMİTELER ÜZERİNDEKİ BİYOMEKANİK ETKİLERİ

Skolyozlu bireyler genellikle alt ekstremiteleri etkileyen bir dizi biyomekanik sorun yaşarlar ve bu durum duruşu, hareketliliği ve genel kas-iskelet sağlığını etkileyebilir. Bu biyomekanik değişiklikler rahatsızlığa, dengesizliğe ve yaralanma riskinin artmasına neden olabilir (Ng, vd., 2018).

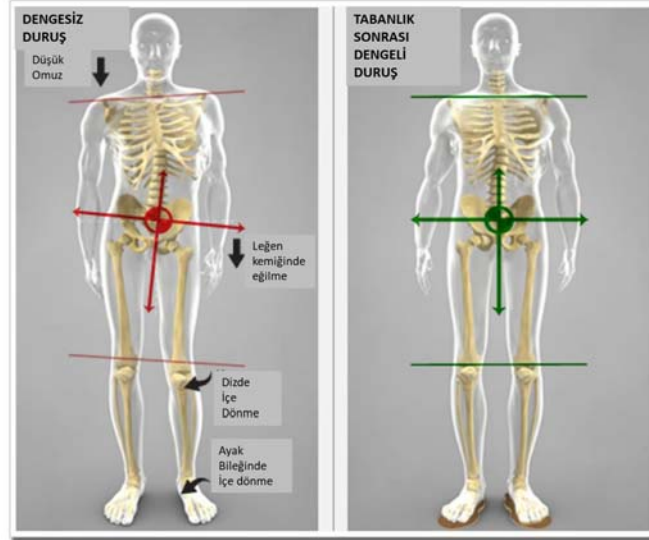
Bacak Uzunluğu Farklılıkları

Bacak uzunluğu farklılığı skolyoz hastalarında sıklıkla görülür ve dengesiz ağırlık dağılımında önemli bir faktördür. Bacak uzunluğundaki küçük farklılıklar bile omurga dizilimini kötüleştiren kompanzasyonlara yol açabilir. Bacak uzunluğu eşitsizliğinden kaynaklanan pelvik tilt, duruş bozukluğuna ve alt ekstremitelerin asimetrik yüklenmesine kümülatif olumsuz bir etki oluşturur (Kwon, 2015) (Şekil 2). Bu dengesizlik ele alınmazsa, kalça, diz ve ayak bileği ağrısı gibi ikincil kas-iskelet sistemi komplikasyonları görülebilir. Çalışmalar, 10 mm'den büyük bacak uzunluğu farklılıklarının kronik alt sırt ağrısına ve lomber omurga biyomekaniğinde değişikliğe neden olabileceğini göstermektedir (D'Amico vd., 2022).

Pelvik Eğim ve Duruş Bozukluğu

Skolyoz hastalarında sıklıkla görülen pelvik tilt, alt ekstremitte biyomekaniğini önemli ölçüde değiştirir. Bu durum ayak mekaniğini etkileyerek ayağın içe ve dışa basma durumunu etkiler ve bu da yürüyüş stabilitesini etkileyebilir (Betsch vd., 2012; ve Balcı vd., 2024). Pelvisin

yanlış hizalanması, ağırlık taşıma dağılımının değişmesine neden olur ve genellikle kalça, diz ve ayak bileği eklemlerinde artan strese yol açar. Zamanla, bu uyumsuzluk eklem dejenerasyonuna ve osteoartrit gibi rahatsızlıkların gelişme riskinin artmasına katkıda bulunabilir (McGregor vd., 2009).



Şekil 2. Bacak uzunluğu farklılığına bağlı pelvik eğim (Erbil Oğuz, drerbilloguz

(<https://drerbilloguz.com/Sayfalar/18/Skolyoz-ve-Duz-Tabanlik.html>) adresinden uyarlanmıştır. Telif hakkı Erbil Oğuz' a aittir. İzinle kullanılmıştır.)

Yürüyüş Anormallikleri

Yürüyüş bozuklukları, skolyozun iyi belgelenmiş klinik sonuçlarından biridir. Literatürdeki bulgular, skolyozlu bireylerin sıklıkla aşağıdaki özellikleri sergilediğini ortaya koymaktadır:• Azalmış adım uzunluğu

- Değişmiş kalça rotasyonu
- Asimetrik zemin reaksiyon kuvvetleri

Söz konusu yürüme anormallikleri, çoğu zaman postüral dengeyi koruma amacıyla gelişen kompensatuar hareket stratejileriyle ilişkilidir ve bu durum kas-iskelet sistemine binen yükü artırarak ikincil rahatsızlıkların ortaya çıkma riskini yükseltmektedir. (Detrembleur vd., 2009; Chockalingam vd. 2004; Kramers vd., 2004). Oluşan rahatsızlıklar kas yorgunluğuna, aşırı kullanım yaralanmalarına ve yürüme veya koşma aktiviteleri sırasında dengeyi korumada zorluklara yol açabilir. Ayrıca skolyozla ilişkili yürüyüş düzensizlikleri, özellikle yaşlı bireylerde veya ilerleyici omurga eğriliği olanlarda düşme ve hareket kabiliyeti bozuklukları olasılığını artırabilir (Karimi vd., 2016).

Biyomekanik Yönetimde Ayakkabı ve Ortezlerin Rolü

Uygun olmayan ayakkabı tasarımları, skolyozla ilişkili alt ekstremitte disfonksiyonlarını ağırlaştırarak vücuda yeterli destek ve denge sağlamada yetersiz kalabilir. Bu durum, artan pronasyon veya supinasyon gibi postüral hizalamayı daha da bozan anomalilere yol açabilir

(Cho, 2018; Yoon et al., 2010). Skolyozlu bireyler için geliştirilen ayakkabı modifikasyonları, alt ekstremitte biyomekaniğini iyileştirmeye yönelik etkili, invaziv olmayan müdahale yöntemleri sunmaktadır. Bu müdahaleler arasında:

- Ayak duruşunu düzeltmeyi amaçlayan ortopedik tabanlıklar,
- Bacak uzunluğu eşitsizliklerini dengelemek için kullanılan topuk yükselticiler,
- Ağırlık dağılımını optimize eden medial veya lateral kama destekleri

önemli yer tutmaktadır. Söz konusu müdahaleler, skolyoza bağlı olarak gelişen biyomekanik bozuklukların yönetiminde kritik rol oynar. Doğru şekilde tasarlanmış ayakkabılar ve ortez çözümleri, vücut ağırlığını daha dengeli bir şekilde yeniden dağıtarak yürüyüş verimliliğini artırabilir ve sekonder kas-iskelet sistemi sorunlarının gelişme riskini azaltabilir (Rothschil et al., 2020; Feilong et al., 2021). Nitekim, güncel çalışmalar ayak ortezlerinin skolyoz hastalarında hem dengeyi artırmada hem de ağrıyı azaltmada etkili olduğunu göstermektedir (Bonetti et al., 2010).

Bu tür hedefe yönelik biyomekanik müdahaleler yoluyla, sağlık hizmeti sağlayıcıları skolyozlu bireylerin fonksiyonel hareketliliğini ve konfor düzeyini artırarak genel yaşam kalitesine anlamlı katkılar sunabilir.

SKOLYOZUN ÜST EKSTREMİTELER ÜZERİNDEKİ BİYOMEKANİK ETKİLERİ

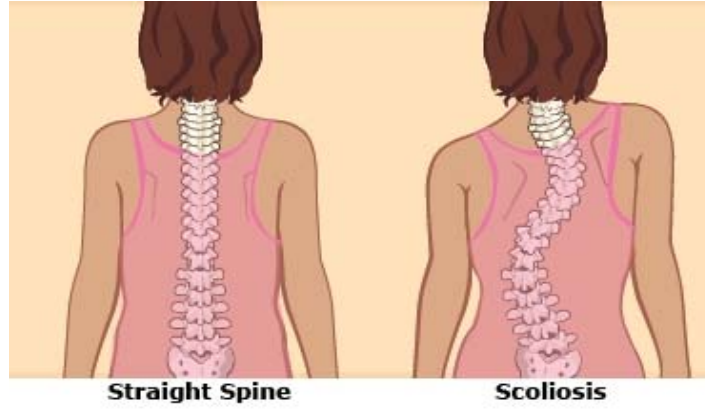
Skolyoz öncelikle omurga ve alt vücut rahatsızlığı olarak kabul edilse de, duruş bozuklukları ve kas dengesizlikleri nedeniyle üst ekstremiteleri de etkiler. Skolyozlu hastalar sıklıkla omuz pozisyonunda değişiklik, asimetrik kol hareketleri ve günlük aktiviteleri etkileyen nöromüsküler eksiklikler sergiler. Bu biyomekanik değişiklikler işlevsel kısıtlamalara, kronik ağrıya ve yaşam kalitesinin düşmesine yol açabilir (Ng vd., 2018).

Omuz Asimetrisi ve Skapular Diskinezi

Eşit olmayan omurga eğriliği genellikle omuz yüksekliği farklılıklarına yol açar, bu da skapular pozisyonunu etkiler ve skapular diskineziye katkıda bulunur (Şekil 3). Bu durum, omuz mekaniğinde bozulmaya, rotator manşet yaralanmaları riskinde artışa ve kas-iskelet ağrısına neden olabilir (Ng vd., 2018).

Değişen Üst Uzun Kinematiği

Araştırmalar, skolyoz hastalarının genellikle hareket sırasında kısıtlı omuz hareket aralığı ve asimetrik kol salınımları gösterdiğini ve bunun genel denge ve koordinasyonu etkileyebileceğini göstermiştir (Kramers vd., 2004). Değişen üst uzun kinematiği ayrıca nöromüsküler kontroldeki bozulmalarla ilişkilendirilmiştir, hareket verimliliğini etkilemiş ve ikincil yaralanma riskini artırmıştır (Bonetti vd., 2010).



Şekil 3. Omuz Asimetrisi ve Skapular Diskinezi

Nöromüsküler Dengesizlikler

Skolyozla ilişkili omurga eğriliği, üst vücut kaslarında dengesizlik oluşturarak vücudun bir tarafının diğerine göre daha fazla yük taşımasına neden olur. Bu yapısal asimetri, özellikle üst sırt, omuz ve kol bölgelerinde kronik ağrı, kas yorgunluğu ve gerginlik gibi semptomlara zemin hazırlayabilir (McGregor et al., 2009). Uzun süreli nöromüsküler dengesizliklerin ise proprioseptif algıyı ve sensörimotor kontrolü olumsuz etkileyerek postüral stabiliteyi bozduğu ve düşme riskini artırdığı çeşitli çalışmalarda ortaya konmuştur (Detrembleur et al., 2009; Chockalingam et al., 2004).

ADAPTİF AYAKKABI GİYMENİN SKOLYOZ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Adaptif ayakkabı tasarımları, skolyozlu bireylerin postür, denge ve yürüyüş paternleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olabilir. Yetersiz biyomekanik özelliklere sahip ayakkabılar, mevcut postüral bozuklukları ağırlaştırabilirken; işlevsel olarak optimize edilmiş modeller, ağırlık dağılımını dengeleyerek alt ekstremitte fonksiyonlarını destekler ve genel dengeyi iyileştirir. Böylece skolyozun neden olduğu biyomekanik dengesizliklerin yönetiminde önemli bir destek unsuru haline gelirler (Ng vd., 2018).

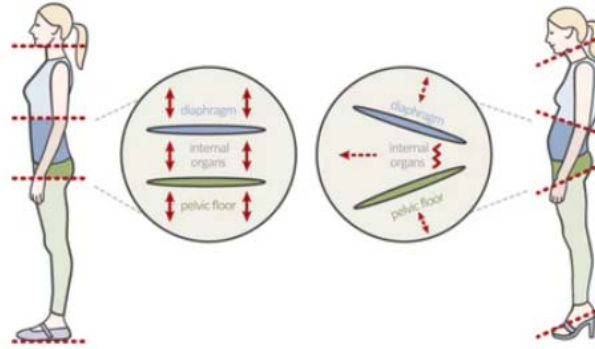
Omurga Hizalamasına Etki

Araştırmalar, yüksek topuklu veya destekleyici olmayan ayakkabılar gibi uygunsuz ayakkabıların, skolyoz hastalarında aşırı lomber lordoz oluşturarak veya lateral sapmaları artırarak omurga eğriliğini değiştirebileceğini göstermektedir (Şekil 4). Yeterli kemer desteğinden yoksun ayakkabılar ayrıca aşırı pronasyona neden olabilir, pelvik hizalamayı daha da kötüleştirebilir ve omurga deformitelerine zemin hazırlayabilir (Weitkunat vd., 2016).

Yürüyüş Stabilitesi Üzerindeki Etki

Araştırmalar, medial kemer desteği ve desteklemeli yastıklamalı ortopedik ayakkabıların, skolyozlu bireylerde yürüyüş simetrisini artırarak telafi edici hareketlerin azalmasına katkı sağladığını ortaya koymuştur (Rothschil et al., 2020; Feilong et al., 2021). Skolyozun neden olduğu yürüyüş mekaniğindeki bozulmalar, genellikle bir tarafta artan zemin

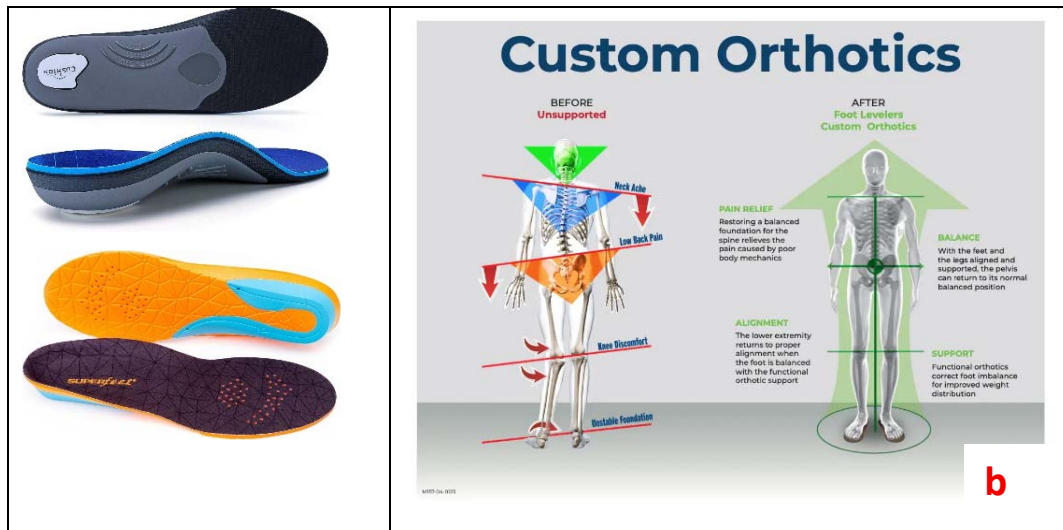
reaksiyon kuvvetlerine yol açmakta; bu durum, asimetrik kas aktivasyonu ile birlikte postüral instabilite riskini artırmaktadır (Detrembleur et al., 2009; Chockalingam et al., 2004).



Şekil 4. Uygunsuz ayakkabıların omurga eğriliği üzerindeki etkisi (Lukáš Klimpera, 2023, ahinsashoes (<https://ahinsashoes.com/blogs/news/why-high-heels-make-your-back-hurt>) adresinden uyarlanmıştır. Telif hakkı Lukáš Klimpera'ya aittir. İzinle kullanılmıştır.)

Özel Ayak Ortezleri ve Tabanlıklar

Ayak ve/veya ayak bileğine özel ortez müdahaleleri ve tabanlıklar, skolyozla ilişkili biyomekanik işlev bozukluklarını ele almada kritik öneme sahiptir (Şekil 5). Bunlar şunları içerir:



Şekil 5. Düzeltici ayakkabı tabanlıkları (a) ve skolyoz yürüyüş stabilitesi (b) (2025, stridesoles (<https://www.stridesoles.com/blogs/articles/7-best-orthotics-for-scoliosis/>) adresinden uyarlanmıştır. Telif hakkı Stridesoles şirketine aittir. İzinle kullanılmıştır.

- Bacak Uzunluğu Uyumsuzluklarının Düzeltilmesi: Skolyoz hastalarında yaygın olan bacak uzunluğu farklılıkları, pelvik tilte ve düzensiz omurga yüklenmesine sebep olur. Özel ortezler bu uyumsuzlukları hafifletmeye yardımcı olur ve duruş zorlanmasını azaltır (Özüdoğru vd., 2024; Betsch vd., 2012; Balci vd., 2024).

- Geliştirilmiş Ağırlık Dağılımı: Ortezler, yeterli kemer ve topuk desteği sağlayarak, ayaklar ve alt uzuvlar üzerindeki lokalize baskıyı hafifleterek ağırlık taşıma dağılımını iyileştirir (Dankerl vd. 2014)
- Ağrı Azaltma ve Hareket Kabiliyetinin Geliştirilmesi: Uygun şekilde tasarlanmış tabanlıklar, kuvvetlerin ayağa yeniden dağıtılmasına yardımcı olarak kas-iskelet rahatsızlığını azaltır ve genel hareket kabiliyetini artırır (Feilong vd., 2021).

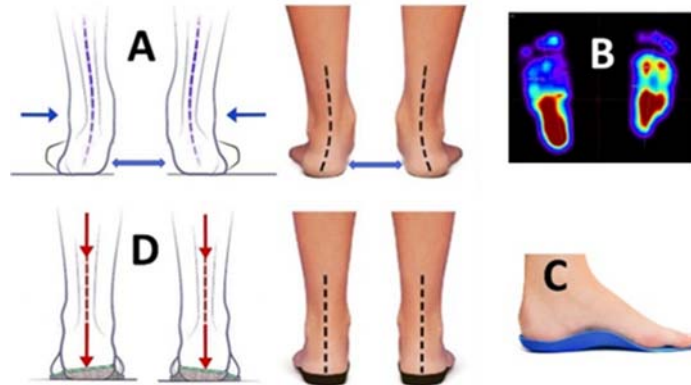
SKOLYOZLU BİREYLER İÇİN AYAKKABI TASARIMI VE MALZEMELERİNDEKİ ÖNEMLİ HUSUSLAR

Biyomekanik Tasarım

Skolyozlu bireyler için geliştirilecek ayakkabı tasarımlarının mevcut biyomekanik düzensizlikleri hedef olarak postüral stabiliteyi arttırması ve kas-iskelet sistemine bağlı semptomları hafifletmesi beklenir. Bu doğrultuda, biyomekanik temelli bir ayakkabı tasarımında dikkate alınması gereken temel faktörler şunlardır:

Kemer Desteği ve Medial-Lateral Stabilite

Skolyozlu bireyler genellikle omurga eğriliği ve pelvik hizalama bozukluğu nedeniyle aşırı ayak pronasyonu veya supinasyonu sergilerler (McGregor vd., 2009) (Şekil 6). Uygun kemer desteği medial-lateral stabiliteyi artırabilir, eşit ağırlık dağılımını teşvik edebilir ve omurgadaki telafi edici gerginliği azaltabilir (Rothschil vd., 2020).



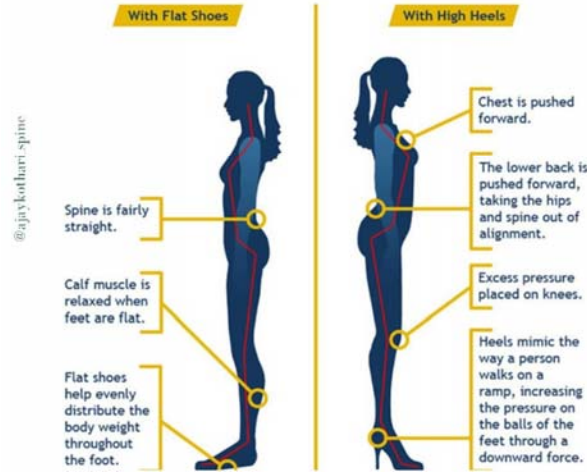
Skolyozlu hastalarımızın çoğunda rastlanan
A) «Ankle valgus» deformitesinde
B) «Taban basınç analizi» yapılarak;
C) kişiye özel tabanlık üretilir. Tabanlık ayakkabının içine yerleştirilir.
D) Yere basmadaki dengelenme sonrasında.
Omurga deformitesine bir miktar düzelme sağlanır.

Şekil 6. Skolyoz hastalarında ayak pronasyonu ve supinasyonu (Erbil Oğuz, drerbiloguz
(<https://drerbiloguz.com/Sayfalar/18/Skolyoz-ve-Duz-Tabanlik.html>) adresinden uyarlanmıştır. Telif
hakkı Erbil Oğuz' a aittir. İzinle kullanılmıştır.)

Topuk Yüksekliği ve Yastıklama

Yükseltilmiş topuklar, genellikle skolyoza eşlik eden bir durum olan lomber lordozu şiddetlendirebilir ve omurga stresinin artmasına neden olabilir. Alçak topuklu, yastıklı ayakkabılar nötr bir duruşu korumaya yardımcı olur ve darbe kuvvetlerini emerek eklem stresini azaltır (Özüdoğru T.Ç vd. 2024) (Şekil 7).

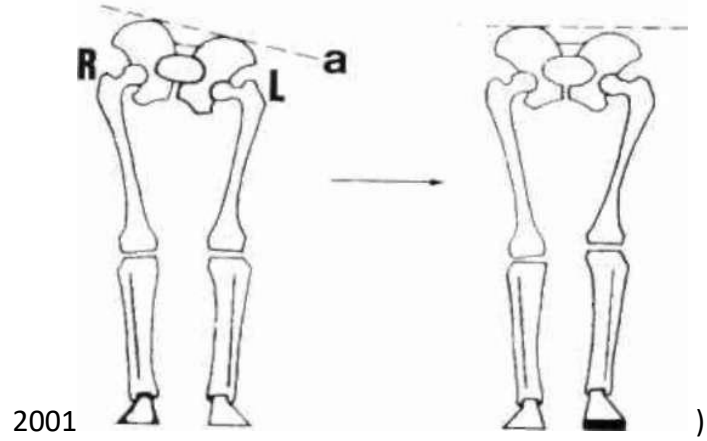
The right pair of heels may make your outfit, but break your back - wearing heels can drastically alter your posture.



Şekil 7. Farklı topuk yüksekliklerine sahip omurga duruşunun karşılaştırılması (Ajay Kothari, spinesurgeonpune (<https://www.spinesurgeonpune.co.in/spinesurgeonpune/terms/high-heels-pretty-but-painful/5179>) adresinden uyarlanmıştır. Telif hakkı Ajay Kothari'ye aittir. İzinle kullanılmıştır.

Bacak Uzunluğu Uyuşmazlığı Ayarlamaları

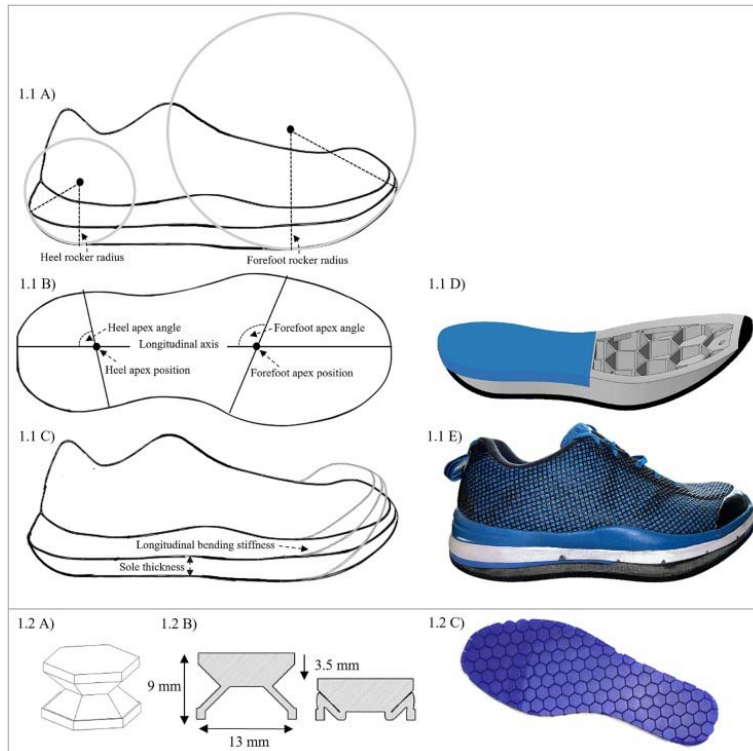
Birçok skolyoz hastası bacak uzunluğu uyumsuzlukları yaşar (Şekil 8) ve bu da pelvik eğime ve asimetric yürüyüşe sebep olur (Kwon, 2015). Topuk yükselticiler veya ayarlanabilir tabanlıklar gibi özel ayakkabı modifikasyonları bu uyumsuzlukları düzeltmeye ve simetrik ağırlık taşımayı teşvik etmeye yardımcı olabilir (Betsch vd., 2012, Balci A. vd 2024, Zabjek 2001).



Şekil 8. Topuk yükselticilerinin pelvik hizalama ve bacak uzunluğu farklılığı üzerindeki etkisi (Ohsawa vd., 1997)

Tabanlık Sertliği ve Şok Absorbsiyonu

Esnek fakat yeterli destek sağlayan tabanlık sistemleri (Şekil 9) değişken şok emilimi sunarak yürüyüş sırasında zeminden gelen reaksiyon kuvvetlerini azaltmaya yardımcı olur ve postüral dengesizliklerin ilerlemesini önlemeye yardımcı olmaktadır (Detrembleur vd., 2009; Chockalingam vd. 2004). Bu amaçla kullanılan ortopedik ayakkabılarda, etilen-vinil asetat (EVA) esaslı orta tabanlar veya jel dolgulu yapılar sayesinde gelişmiş konfor ve denge sağlanmakta; böylece skolyozlu bireylerde alt ekstremité stabilitesi artırılmaktadır.



Şekil 9. Skolyoz hastaları için şok emici ayakkabı tabanı tasarımı (Rocker parametrelerinin (1.1A-C), sert orta tabanın (1.1D) ve rocker ayakkabının (1.1E) şematik tasarımı. Sert orta tabanın ana gövdesi,

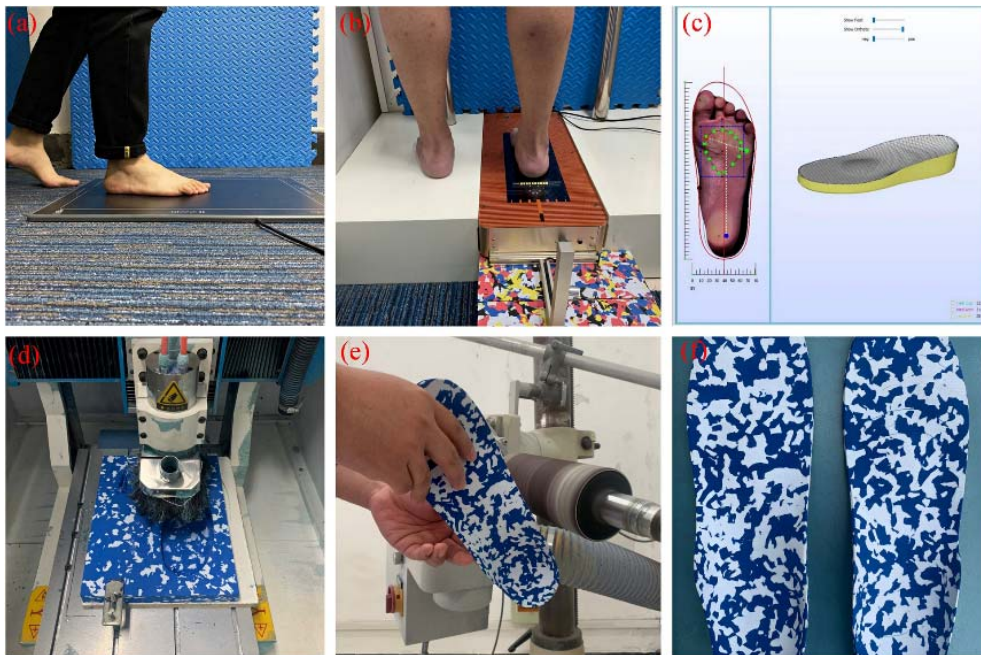
Şekil 1.1D'de gri olarak gösterilen Poliamid 12'de (Shore 80D) 3D yazdırılmıştır. Topuk dolgusu olarak ince bir 3, 5 veya 10 mm Multiform köpük tabakası (Shore 30A) eklenir (Şekil 1.1D'deki mavi tabaka) ve dış taban olarak 8 mm kauçuk tabakası (Shore 40A) eklenir (Şekil 1.1D'deki siyah tabaka). Şekil 1.2'de, 3D yazdırılmış (FDM) kendi kendini ayarlayan iç tabanın **(1.2C)** altıgen şekilli elemanlarının **(1.2A&B)** şematik bir gösterimi sunulmaktadır. Her altıgen elemanın genişliği 13 mm ve yüksekliği 9 mm'dir ve basınç yaklaşık 190 kPa'yı aştığında bükülmüş konumda yaklaşık 3,5 mm aşağı düşer **(1-2B)** (Malki vd., 2024)

Hareket Kontrol Özellikleri

Skolyozlu bireyler genellikle yürüyüş asimetrisi gösterir ve aşırı pronasyon veya supinasyonu önlemek için hareket kontrol özelliklerine sahip ayakkabılara ihtiyaç duyar. Çalışmalar, çift yoğunluklu orta tabanların ve güçlendirilmiş topuk desteklerinin ayak hareketini dengelemeye yardımcı olduğunu ve kas-iskelet sistemini zorlayan telafi edici hareketleri en aza indirdiğini göstermektedir (Kramers vd, 2004).

Özel Ortezler ve Tabanlıklar

Bireysel anatomik özelliklere göre kalıplanan özel ortez tabanlıklar, ayak hizalamasını optimize ederek omurgaya binen aşırı yükü azaltma potansiyeline sahiptir. Literatürde, kişiye özel ortez uygulamalarının skolyozlu bireylerde postüral stabiliteyi ve dengeyi artırdığı, aynı zamanda ağırlı düzeylerini azaltarak fonksiyonel hareketliliği anlamlı şekilde iyileştirdiği gösterilmiştir. (Şekil 10) (Wang vd., 2022). 3D tarayıcı ile baskılı tabanlıklar ve adaptif basınç algılayan ayakkabılar gibi ortopedik ayakkabı teknolojisindeki yenilikler, kişiselleştirilmiş skolyoz yönetimi için umut verici çözümler sunmaktadır (Rothschil vd. 2020, Ho vd. 2022). Şekil 10'da kişiye özel olarak eklemeli imalat ile üretilmiş bir tabanlık gösterilmiştir. Gelecekteki araştırmalar, skolyoz hastalarında özel ayakkabı müdahalelerinin omurga sağlığı ve genel yaşam kalitesi üzerindeki uzun vadeli etkisi araştırılabilir.



Şekil 10. 3D kişiselleştirilmiş tabanlık üretim süreci. **a)** Plantar basınç dağılımı ölçümü; **b)** 3D ayak tarayıcı ölçümü; **c)** Bilgisayar destekli tasarım (CAD); **d)** Tabanlık gravürü; **e)** Kaba tabanlıklar cilalandı; **f)** 3D kişiselleştirilmiş tabanlıklar (Wang vd., 2022).

Skolyoz Hastaları İçin Yenilikçi Ayakkabı ve Destek Tasarımı

Ayakkabı tasarımı ve malzeme seçimi, özellikle ergenlik dönemindeki bireyler için skolyozun yönetiminde önemli bir rol oynar. Bu alandaki yenilikler, konforu, uyumu ve terapötik etkinliği artırmaya odaklanır (Wang vd., 2022). Ortopedik ayakkabılar, ortez tabanları ve topuk yükselticiler gibi destekleyici cihazlar, skolyozlu bireylerde etkili olabilmesi için mutlaka kişiye özel tasarlanmalıdır. Aksi takdirde, uygun olmayan ürünler omurga eğriliğini daha da kötüleştirebilir veya ek ortopedik problemlere yol açabilir. Bu nedenle, skolyozun kapsamlı değerlendirmesi ve alt ekstremité fonksiyonlarının analizi için uzman bir skolyoz hekimine danışılması gerekmektedir. Skolyozun tipi ve şiddetine bağlı olarak, kişiye özel üretilen ortopedik ürünlerin kullanımı ile birlikte yapılandırılmış egzersiz programlarının uygulanması, skolyoz yönetiminde en etkili tedavi yaklaşımı olabilir.

Bilgisayar Destekli Teknoloji (CAD/CAM/AM) Kullanılarak Özelleştirilmiş Ayakkabı Tasarımı

Dünya Fizyoterapi Kongresi'nde sunulan bir çalışma, idiyopatik skolyozlu ergenlik dönemindeki bireylerde özelleştirilmiş ayakkabı tabanlıklarının omurga parametreleri üzerindeki etkisini araştırdı. Araştırmacılar, statik ve dinamik ayak basıncı ölçümlerine dayalı kişiselleştirilmiş tabanlık oluşturmak için Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) teknolojisini kullandı. Bu tabanlıkların üretimi, kişiye özel adaptasyona olanak tanıyan eklemeli imalat (3D baskı) kullanılarak gerçekleştirildi. Üç haftalık bir süre boyunca, bu özelleştirilmiş tabanlıkları giyen hastalar omurga hizalamasında önemli gelişmeler gösterdikleri görülmüştür. Bu şekilde dizayn ve imal edilen tabanlıkların kişiye özel omurga mekaniğini olumlu yönde etkileyebileceği düşünülmektedir (Shaikh vd., 2023) (Şekil 11).



Şekil 11. Farklı şekillerde ayakkabı ve tabanlıklar (Terrier vd. 2009)

Basıncın Yeniden Dağıtımı İçin Eklemeli İmalat ile Üretilmiş Tabanlıklar

Başka bir çalışmada, idiyoatik skolyozlu ergen bireylerde ortopedik tabanlıkların omurga deformitesi ve yürüyüş üzerindeki etkileri incelenmiştir. Eklemeli imalat yöntemiyle 3D baskı teknolojisi kullanılarak üretilen kişiye özel tabanlıklar, plantar basınç dağılımı temel alınarak ayağın kritik bölgelerindeki basıncı eşit şekilde dağıtmayı hedeflemektedir. EVA köpükten imal edilen bu tabanlıklar, yüksek uyum ve konfor sağlayarak hastaların adaptasyon sürecini desteklemektedir (Detrembleur vd., 2009).

- **Kavis (arch) desteği eklenmesi:**

Ayak kavisini destekleyerek düzgün postür gelişimini teşvik eder.

- **Topuk altına farklı yükseklikte kama blokları (wedge blocks) eklenmesi:**

Topuk nötr pozisyonda tutulur.

İnversiyon/everizyon (içe/dışa basma) kontrol edilir.

- **Ön ayak dönüş hareketlerinin kontrolü:**

Dengeyi iyileştirir, yürüme ve ayakta durma sırasında simetriyi artırır.

- **Bacak uzunluğu farkının telafisi (lower limb length compensation):**

Sıklıkla skolyozda görülen bacak boyu eşitsizliği giderilir, pelvik eğim azalır.

- **Plantar basıncın dağılımının düzeltilmesi:**

Dengesiz yüklemeleri düzeltir, skolyozla ilişkili pelvik asimetriyi dengelemeye yardımcı olur.

İç ve dış ayak basınçlarını dengeler.

Topuğun zemine iniş sırasında ayak tabanına yastıklama yapar.

İtiş gücüne yardımcı olabilir.

Yürüme sırasında ayak kontrolünü iyileştirebilir.

Anizotropik Tekstil Desteklerinin Geliştirilmesi

Hong Kong Politeknik Üniversitesi'ndeki araştırmada, AIS (Adolescent Idiopathic Scoliosis) hastaları için anizotropik bir tekstil destek tasarlama ve geliştirmeye odaklanıldı. Bu esnek destek, konfor ve giyilebilirlik unsurlarını ön planda tutarak, geleneksel sert desteklere kıyasla daha kullanıcı dostu bir alternatif sunmayı hedeflemiştir (Ham W.S., 2020, Iacob vd., 2024). Geliştirilen destek yapısı şunlardan oluşuyordu:

- Menteşeli yapay omurgaya sahip tek parça bir giysi
- Pedli düzeltici bantlar
- Pelvis kemeri

Malzeme seçimi, destek üretimi için uygun özellikleri sağlamak amacıyla bir dizi fiziksel test içerirken, ön denemeler, desteğin iyileştirilmiş konforu sayesinde hasta uyumunu artırırken omurga deformitesinin ilerlemesini etkili bir şekilde kontrol edebilir (He vd., 2021, Yick vd. 2013).

Ayakkabı Orta Tabanlarında Auxetic Kafes Yapıları

Orta taban tasarımında gerçekleştirilen yenilikler, plantar basıncı azaltma amacıyla auxetic kafes yapılarının kullanımını gündeme getirmiştir. Applied Sciences dergisinde yayımlanan bir çalışmada, auxetic geometrilere sahip 3D yazıcı ile eklemeli imalat yöntemiyle üretilen diyabetik ayakkabı orta tabanları incelenmiştir. Bu yapıların, aşağıdaki işlevleri yerine getirme potansiyeline sahip olduğu gösterilmiştir:

- Tepe temas basınçlarını azaltma
- Basınç dağılımının optimizasyonu

Bu, özellikle hareket koruması ve yastıklama gerektiren kişiler için faydalıdır. Auxetik orta tabanlar, tabanın kavisli yüzeyine daha iyi uyum sağlayarak temas alanını artırmış ve çeşitli plantar bölgelerdeki tepe basınçlarını azaltmıştır. Bu çalışma diyabet hastalarına odaklanmış olsa da ilkeler özel ayakkabılar gerektiren skolyoz hastaları için de geçerli olabilir.

Skolyoz Hastaları İçin Ayakkabı Malzemeleri

Ayakkabı malzemeleri, skolyoz hastalarına destek, konfor ve terapötik faydalar sağlamada önemli bir rol oynar. İdeal malzemeler hafif, şok emici, dayanıklı olmalı ve duruş düzeltmesine yardımcı olmak için basıncı yeniden dağıtabilmelidir. Aşağıda skolyoza özgü ayakkabılar için önemli malzeme seçimi kriterleri ve özel hususlar verilmiştir.

Şok Emilimi ve Denge için Orta Taban Malzemeleri

Skolyoz ayakkabılarının orta tabanı, omurgadaki stresi hafifletmek için yastıklama ve darbe azaltma sağlamalıdır. Aşağıdaki malzemeler yaygın olarak kullanılır (Wang vd., 2022):

- Etilen Vinil Asetat (EVA):

Hafiflik: Günlük kullanımda rahatlık sağlar.

Esneklik ve konfor: Ayak tabanına uyum sağlayan, esnek ve darbe emici özellikte.

Dayanıklılık: Uzun süreli kullanımda formunu koruyabilir.

Isı ile şekillendirme: Ayak yapısına uygun özel tasarımların üretilmesine imkân tanır.

Mükemmel şok Emilimi sağlar.

- Poliüretan (PU):

Yüksek dayanıklılık ve esneklik

EVA'ya kıyasla daha iyi enerji geri dönüşü sunar.

Yüksek destekli ortopedik ayakkabılarda kullanılır.

- Auxetic Köpük Yapıları:

Sıkıştırarak değil basınç altında genişler.

Ağırlığın eşit şekilde dağıtılmasına yardımcı olur.

Konforu artırır ve en yüksek plantar basınçlarını azaltır.

Tabanlık ve Kemer Destek Malzemeleri

Skolyozlu bireyler, eşit olmayan ağırlık dağılımı nedeniyle ayaklarında seviye farklılığı yaşayabileceğinden, tabanlıkların uygun kemer desteği ve düzeltmesi sağlaması gerekir (Huang vd., 2024; Zhao vd., 2019).

- Hafızalı Köpük:

Konfor için ayağın şekline uyum sağlar.

Basınç noktalarını azaltır ve dengeyi artırır.

Genellikle ekstra yastıklama için jel ekleriyle birleştirilir.

- Jel Bazlı Tabanlıklar:

Şoku etkili bir şekilde emer.

Yüksek basınçlı alanlar için lokal destek sağlar.

Hareket kontrollü ayakkabılarda faydalıdır.

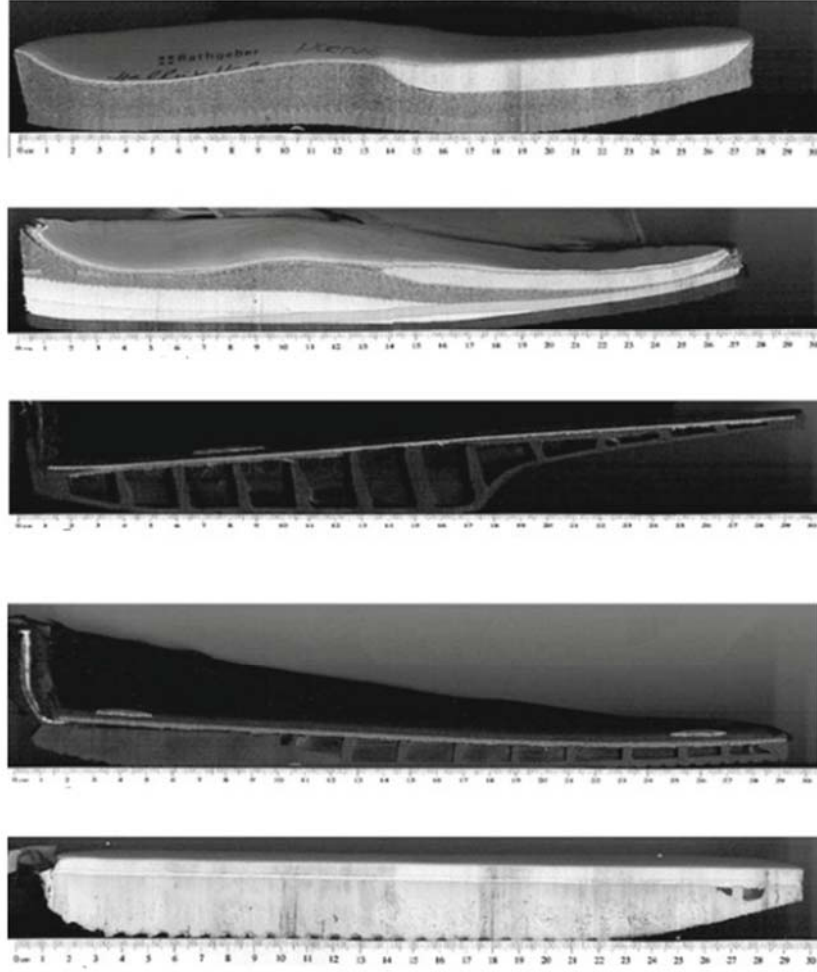
- Karbon Fiber Ekler:

Ultra hafif ve güçlü

Hacim eklemeden sağlam kemer desteği sağlar.

Genellikle yüksek performanslı ortopedik ayakkabılarda kullanılır.

Şekil 12' de farklı tür ve geometrilerde üretilen ortopedik ayakkabı iç tabanlıkları verilmiştir.



Şekil 12. Ortopedik ayakkabı tabanlıkları (Schuh vd., 2011)

Stabilite ve Çekiş için Dış Taban Malzemeleri

Sabit bir dış taban aşırı hareketi önler ve skolyoz hastaları için kritik olan dengeyi artırır. Aşağıdaki malzemeler yaygın olarak kullanılır:

- **Kauçuk Bazlı Bileşikler:**

Yüksek sürtünme ve yüksek çekiş özellikleri

Darbe emici ve sünektir

Genellikle terapötik ve ortopedik ayakkabılarda bulunur (Schuh vd., 2011).

- **Termoplastik Poliüretan (TPU):**

Kauçuktan daha sert olmasına rağmen iyi esnekliğe sahiptir.

Hareket sırasında ayağı sabitlemek için mükemmeldir

Duruş desteği için düzeltici ayakkabılarda kullanılır (Iacob vd., 2024).

Rahatlık ve Nefes Alabilirlik için Üst Malzemeleri

Skolyoza özgü ayakkabıların üst kısmı aşırı basınç olmadan güvenli bir uyum sağlamalıdır.

• Örgü ve File Kumaşlar:

Nefes alabilirliği artırır ve ayak terlemesini azaltır

Rahat bir uyum için hafif ve esnek

Genellikle atletik skolyoz ayakkabılarında kullanılır (Yick vd. 2013).

• Deri ve Sentetik Deri:

Dayanıklısıdır ve denge için sağlam bir yapı sunar

Uygun ayak hizalamasını korumaya yardımcı olur

Resmi veya günlük düzeltici ayakkabılar için uygundur.

Gelişmiş ve Akıllı Malzemeler

Malzeme bilimindeki son gelişmeler, ortopedik ayakkabılara akıllı malzemeleri getirerek skolyozu düzeltici yetenekleri geliştirmiştir:

• 3D Baskılı Termoplastikler:

Kişiselleştirilmiş ayak ortezleri için özel şekillendirme sağlar. Kişiye özel ayak ölçülerinde üretim imkânı

Hafiftir ve ayak şekil, biçim ve konturlarına iyi şekilde uygulanabilir.

Genellikle modern skolyoz ayakkabı prototiplerinde kullanılır

• Basınca Duyarlı Kumaşlar:

Ayak basıncını ve yürüyüş modellerini izler

Duruş düzeltme için gerçek zamanlı veri sağlar

Biyogeribildirim (Bio feedback) terapisi için akıllı tabanlıklara entegre edilmiştir (He vd., 2021).

SONUÇ

Skolyoz, kas-iskelet sistemini önemli ölçüde etkileyerek duruş bozukluğuna, yürüyüş anormalliklerine ve dengesiz ağırlık dağılımına yol açar. Bu biyomekanik zorluklar genellikle rahatsızlığı ve hareket kısıtlılıklarını daha da kötüleştirebilen telafi edici hareketlere neden olur. Uygun malzeme seçimi ve tasarım ile üretilen ortopedik ayakkabılar, stabiliteyi artırarak, duruşu destekleyerek ve omurga alt uzuvlardaki kas gerginliğini azaltarak bu etkileri minimize etmek de önemli bir rol oynar. Bu derleme, skolyozun alt ve üst ekstremitte biyomekaniği üzerindeki etkilerini kapsamlı biçimde ele alarak, uygun ayakkabı tasarımının klinik ve fonksiyonel önemini vurgulamaktadır. Literatürde sınırlı sayıda ele alınan ayakkabı tasarımı odaklı skolyoz çalışmaları arasında yer alan bu derleme, kişiye özel tabanlıklar, ortopedik

destek sistemleri ve yeni nesil malzeme teknolojilerinin entegrasyonunun skolyoz yönetimindeki potansiyel katkılarını bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirmektedir. Bu yönüyle, skolyozun multidisipliner tedavi yaklaşımlarına yenilikçi bir perspektif sunmakta; ayakkabı teknolojilerinin, postüral denge, yürüme simetrisi ve genel yaşam kalitesi üzerindeki etkilerini detaylandırarak literatüre özgün ve pratik bir katkı sağlamaktadır.

Özel tabanlıklar, kemer desteği ve hareket kontrol özellikleri gibi yenilikçi ayakkabı çözümlerinin, yürüyüş verimliliğini artırdığı, dengeli ağırlık dağılımını desteklediği ve skolyoz hastalarında ağrıyı hafiflettiği gösterilmiştir. 3D baskılı tabanlıklar ve basınca duyarlı ayakkabılar gibi son gelişmeler, kişiselleştirilmiş müdahale ve gelişmiş terapötik (belirli bir hastalığı tedavi etmek için kullanılan yöntem) sonuçlar için yeni olanaklar sunmaktadır.

Gelecekteki araştırmalar, skolyoz yönetimindeki rollerini iyileştirmek için klinik denemeleri ve biyomekanik değerlendirmeleri entegre ederek, uzmanlaşmış ayakkabı müdahalelerinin etkinliği üzerine uzun vadeli çalışmalara öncelik vermelidir. Ortopedik ayakkabı, fizik tedavi ve duruş eğitimi birleştiren multidisipliner bir yaklaşım, hareket kabiliyetini, konforu ve genel refahı daha da iyileştirebilir.

Eklenebilir imalat ile 3D baskı, akıllı tekstiller, giyilebilir ve uyarlanabilir malzemelerdeki devam eden yeniliklerle, skolyoz ayakkabılarının geleceği gelişmeye devam edecek, daha fazla özelleştirme, gelişmiş uyumluluk ve geliştirilmiş terapötik faydalar sunacaktır. Bu gelişmeler, skolyozla ilgili hareket kabiliyeti zorluklarının yönetiminde teknoloji odaklı, hasta merkezli çözümlerin artan önemini vurgulamaktadır.

Reçeteye uygun özel olarak tasarlanmayan ortopedik özellikli ayakkabılar, ortez tabanları ve topuk yükselticiler anormal omurga eğriliğine sahip bir birey için etkisiz olurlar. Bu nedenle, kişiye düzgün bir şekilde uyum sağlamayan ayakkabılar skolyozu daha da kötüleştirebilir veya başka ortopedik sorunlar yaratabilirler.

Ortopedik ayakkabılar ve ayak ortezleri, skolyozu olan veya skolyoz geliştirme riski taşıyan bir birey için kapsamlı bir tedavi programının sadece bir yönü olabilir. Tam bir skolyoz değerlendirmesi ve alt ekstremitelerin değerlendirilmesi için bir skolyoz uzmanına görünmek önemlidir. Skolyozun türüne ve şiddetine bağlı olarak, skolyoz için egzersiz tabanlı bir program skolyoz için en iyi tedavi olabilir.

KAYNAKLAR

- Balci A., Kocahan T., Akinoglu B., Yılmaz A.E. & Hasanoglu A. The immediate effect of simulating leg-length discrepancy on spinal posture and pelvic position: a cross-over designed study, *Research in Sports Medicine*, 2024. 32:1, 1-11, DOI:10.1080/15438627.2022.2079980
- Betsch M, Wild M, Große B, Rapp W, Horstmann T. The effect of simulating leg length inequality on spinal posture and pelvic position: a dynamic rasterstereographic analysis. *Eur Spine J*. 2012 Apr;21(4):691-7. doi: 10.1007/s00586-011-1912-5

- Bonetti F, Curti S, Mattioli S, Mugnai R, Vanti C, Violante FS, Pillastrini P. Effectiveness of a 'Global Postural Reeducation' program for persistent low back pain: a non-randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2010 Dec 16;11:285. doi: 10.1186/1471-2474-11-285
- Chang B. C., Wang J.Y., Huang B. S., Lin H. Y., Lee W. C. C., Dynamic impression insole in rheumatoid foot with metatarsal pain, *Clinical Biomechanics*, Volume 27, Issue 2, 2012, Pages 196-201, ISSN 0268-0033, <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2011.08.005>.
- Cho H. K., "Effect of Custom-Made Foot Orthosis for Scoliosis with Pelvic Malalignment in a Patient with Myelomeningocele of Partial Neurological Deficit: A Case Report, *J Case Rep*, 2018; 19: 1222-1226 DOI: 10.12659/AJCR.910963
- Chockalingam N, Dangerfield PH, Rahmatalla A, Ahmed el-N, Cochrane T. Assessment of ground reaction force during scoliotic gait. *Eur Spine J*. 2004 Dec;13(8):750-4. doi: 10.1007/s00586-004-0762-9.
- Choudhry MN, Ahmad Z, Verma R. Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Open Orthop J*. 2016 May 30;10:143-54. doi: 10.2174/1874325001610010143. PMID: 27347243; PMCID: PMC4897334.
- D'Amico M, Kinel E, Roncoletta P. Leg Length Discrepancy and Nonspecific Low Back Pain: 3-D Stereophotogrammetric Quantitative Posture Evaluation Confirms Positive Effects of Customized Heel-Lift Orthotics. *Front Bioeng Biotechnol*. 2022 Feb 10;9:743132. doi: 10.3389/fbioe.2021.743132.
- Dankerl P, Keller AK, Häberle L, et al. Effects on posture by different neuromuscular afferent stimulations and proprioceptive insoles: Rasterstereographic evaluation. *Prosthetics and Orthotics International*. 2014;40(3):369-376. doi:10.1177/0309364614554031
- Detrembleur, C. (2009). Gait in adolescent idiopathic scoliosis: kinematics and electromyographic analysis. *European Spine Journal*. *Eur Spine J* (2009) 18:512–521, DOI 10.1007/s00586-009-0899-7
- Dongmei Ai, Wei Jin, Jiyuan Li, Biyun Xu, Zheng Wang, Zaixing Liu, Ke Hu, Xiaofeng Han, Xiaojun Ye, Rong Xu, Influence of curve location and type of adolescent idiopathic scoliosis on static and dynamic plantar pressure, *Gait & Posture*, Volume 119, 2025, Pages 39-47, ISSN 0966-6362, <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2025.02.014>.
- Feilong Z., Ming Z., Yu W., Bin W., AND Wei C., Foot posture and gait in adolescent idiopathic scoliosis patients: three-dimensional morphological analysis and biomechanics evaluation, *Chinese Journal of Tissue Engineering Research* , 2021, Vol. 25 » Issue (33): 5294-5300. doi: 10.12307/2021.316
- Ham W.S., Design and Development of Anisotropic Textile Brace for Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS), The Hong Kong Polytechnic University Institute of Textiles and Clothing, A thesis of Master of Philosophy, December 2020

- He Y., Lin M., Wang X., Liu K., Liu H., He T., Zhou P., Textile-film sensors for a comfortable intelligent pressure-sensing insole, *Measurement*, Volume 184, 2021, 109943, ISSN 0263-2241, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109943>.
- Ho J. G., Kim Y., Se Min D., Customized Textile Capacitive Insole Sensor for Center of Pressure Analysis, December 2022, *Sensors*, 22(23):9390, DOI: 10.3390/s22239390
- Huang Y., Xu B., Wu H., Yan H., Wu J., and Cheng Y., Analysis of the Corrective Effects of 3D Printed Orthotic Insoles on Mild Compensatory Scoliosis, 2024 17th International Convention on Rehabilitation Engineering and Assistive Technology (i-CREATE) | 979-8-3503-5515-4/24/\$31.00 ©2024 IEEE | DOI: 10.1109/I-CREATE62067.2024.10776115
- Iacob M. C., Popescu D., Stochioiu C., Baciuc F., Hadar A., Compressive behavior of thermoplastic polyurethane with an active agent foaming for 3D-printed customized comfort insoles, *Polymer Testing*, Volume 137, 2024, 108517, ISSN 0142-9418, <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2024.108517>.
- Karimi MT, Kavyani M, Kamali M. Balance and gait performance of scoliotic subjects: A review of the literature. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2016;29(3):403-415. doi:10.3233/BMR-150641
- Kramers-de Quervain IA, Müller R, Stacoff A, Grob D, Stüssi E. Gait analysis in patients with idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 2004 Aug;13(5):449-56. doi: 10.1007/s00586-003-0588-x.
- Kwon Y-J., "The effect of simulating a leg-length discrepancy on pelvic position and spinal posture, March 2015, *Journal of Physical Therapy Science*, 27(3):689-91, DOI: 10.1589/jpts.27.689
- Malki A, Baltasar Badaya M, Dekker R, Verkerke GJ, Hijmans JM. Effects of individually optimized rocker midsoles and self-adjusting insoles on plantar pressure in persons with diabetes mellitus and loss of protective sensation. *Diabetes Res Clin Pract*. 2024 Jan;207:111077. doi: 10.1016/j.diabres.2023.111077. Epub 2023 Dec 26. PMID: 38154536.
- McGregor AH and Hukins DW. Lower limb involvement in spinal function and low back pain. *J Back Musculoskeletal Rehabil*. 2009;22(4):219-22. doi: 10.3233/BMR-2009-0239.
- Ng, S. Y., Ho, T. K. and Ng, Y. L., Physiotherapy- Physical Rehabilitation in the Management of Symptomatic Adult Scoliosis, Book Chapter, November 2018, DOI: 10.5772/intechopen.81184
- Noll C, Steitz V, Daentzer D. Influence of proprioceptive insoles on spinal curvature in patients with slight idiopathic scoliosis. *Technol Health Care*. 2017;25(1):143-151. doi: 10.3233/THC-161271. PMID: 27886017.

- Ohsawa S, Ueno R. Heel lifting as a conservative therapy for osteoarthritis of the hip: based on the rationale of Pauwels' intertrochanteric osteotomy. *Prosthet Orthot Int*. 1997 Aug;21(2):153-8. doi: 10.3109/03093649709164544. PMID: 9285960.
- Özüdoğru T.Ç., Şenlikci H. B., Koç S. S., Yalçın E., Gökkaya N., “Evaluation of Balance and Gait in Idiopathic Scoliosis”, *South. Clin. Ist. Euras*. 2024;35(3):213-218 DOI: 10.14744/scie.2024.71354
- Rothschil D., Yang S., Ling E. Y., Indications of sole lift and foot orthoses in the management of mild idiopathic scoliosis —a review, *J. Phys. Ther. Sci*. Vol. 32, No. 3, 2020
- Schuh R., Trnka H. J., Sabo A. Reichel M., Kristen K. H., Biomechanics of postoperative shoes: plantar pressure distribution, wearing characteristics and design criteria: a preliminary study, *Arch Orthop Trauma Surg* (2011) 131:197–203 DOI 10.1007/s00402-010-1127-y
- Schwab F, Dubey A, Gamez L, El Fegoun AB, Hwang K, Pagala M, Farcy JP. Adult scoliosis: prevalence, SF-36, and nutritional parameters in an elderly volunteer population. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005 May 1;30(9):1082-5. doi: 10.1097/01.brs.0000160842.43482.cd. .
- Sèze M, Cugy E. Pathogenesis of idiopathic scoliosis: a review. *Ann Phys Rehabil Med*. 2012 Mar;55(2):128-38. English, French. doi: 10.1016/j.rehab.2012.01.003. Epub 2012 Jan 27. PMID: 22321868.
- Shaikh, S.; Jamdade, B.; Chanda, A. Effects of Customized 3D-Printed Insoles in Patients with Foot-Related Musculoskeletal Ailments—A Survey-Based Study. *Prosthesis* 2023, 5, 550-561. <https://doi.org/10.3390/prosthesis5020038>
- Sklenský J, Švehlík M, Urbášek K, Macková P, Repko M. Analýza chůze u pacientů s adolescentní idiopatickou skoliózou, [Gait Analysis in Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2024;91(3):137-142. Czech. doi: 10.55095/achot2024/022.
- Terrier, P., Dériaz, O., Meichtry, A., & Luthi, F. Prescription footwear for severe injuries of foot and ankle: effect on regularity and symmetry of the gait assessed by trunk accelerometry. *Gait & posture*, (2009). 30(4), 492-496. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.07.122>
- Wang, B., Sun, Y., Guo, X. et al. The efficacy of 3D personalized insoles in moderate adolescent idiopathic scoliosis: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord* 23, 983 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05952-z>
- Weitkunat, T., Buck, F.M., Jentzsch, T. et al. Influence of high-heeled shoes on the sagittal balance of the spine and the whole body. *Eur Spine J* 25, 3658–3665 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00586-016-4621-2>
- Yick K.L., Tse C.Y., Textiles and other materials for orthopaedic footwear insoles, In Woodhead Publishing Series in Textiles, *Handbook of Footwear Design and Manufacture*,

Woodhead Publishing, 2013, Pages 341-371, ISBN 9780857095398, <https://doi.org/10.1533/9780857098795.4.341>.

Yoon Y.S., Kang J. Y., Yoon S. B., Choi J. S., and Kwak S.H., “Effect of the Foot Orthosis for Children Scoliosis Caused by Inequality of Resting Calcaneal Stance Position Angle”, J Korean Acad Rehab Med 2010; 34: 66-73)

Zabjek K.F, Leroux MA, Coillard C, Martinez X, Griffet J, Simard G, Rivard CH. Acute postural adaptations induced by a shoe lift in idiopathic scoliosis patients. Eur Spine J. 2001 Apr;10(2):107-13. doi: 10.1007/s005860000244. PMID: 11345630; PMCID: PMC3611489.

Yazar Katkısı

Tüm yazarlar literatür taramasına katkıda bulunmuştur. Orkun Özçatalbaş, skolyoz üzerine genel değerlendirmeyi gerçekleştirmiş ve makalenin büyük bir kısmını kaleme almıştır. Berkay Menç ise tasarım ve malzeme bölümüne fikir ve düzenlemelerle katkıda bulunmuş, ayrıca makalenin yazım üslubunun geliştirilmesine yardımcı olmuştur. Tüm yazarlar bulguları tartışmış, eleştirel geri bildirimde bulunmuş, araştırmanın şekillendirilmesine katkı sağlamış ve nihai makaleye katkıda bulunmuştur.

Etik Beyan

Derleme makaleleri için Etik Kurul Onayı gerekmemektedir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışması bulunmadığını beyan etmektedir.