

Spor Yaralanmalarında Önleyici Antrenman Yöntemleri

Akan Bayrakdar¹ -

Bahadır Altay²

Özet

Spor yaralanmaları hem profesyonel hem de amatör sporcularda performans kaybına, uzun süreli rehabilitasyon süreçlerine ve spordan uzak kalmaya yol açan önemli bir sorundur. Son yıllarda geliştirilen önleyici antrenman yaklaşımları, yaralanma riskini azaltmada etkili sonuçlar ortaya koymuştur. Bu çalışma, literatürde yer alan güncel sistematik derlemeler ve meta-analizler doğrultusunda spor yaralanmalarında etkili önleyici antrenman yöntemlerini değerlendirmektedir. Bulgular, kuvvet antrenmanlarının akut ve aşırı kullanım yaralanmalarını %66'ya kadar azalttığını, nöromüsküler antrenmanların alt ekstremitelerde yaralanmalarında %27'ye varan azalma sağladığını göstermektedir (Lauersen vd., 2018; Hübscher vd., 2010). Ayrıca, kuvvet, denge, çeviklik, esneklik ve pliometrik egzersizleri içeren çok bileşenli programların en yüksek koruyucu etkiye sahip olduğu vurgulanmaktadır (Padua vd., 2018; Leppänen vd., 2014). Programların haftada 1–2 kez, 20–30 dakika süreyle ve en az 6 ay uygulanması önerilmektedir. Bunun yanında, kişiselleştirilmiş antrenman protokolleri ve koruyucu ekipman kullanımı da yaralanma oranlarını azaltmada önemli destek sağlamaktadır. Sonuç olarak, düzenli, çok bileşenli ve bireye özgü planlanan antrenman programlarının, yaralanma riskinin azaltılmasında bilimsel olarak en etkili stratejiler olduğu söylenebilir. Gelecekte yapay zekâ ve biyomekanik tabanlı analizlerin önleyici antrenman planlamasında önemli rol oynaması beklenmektedir.

- 1 Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi. akan.bayrakdar@alanya.edu.tr, Orcid Id: 0000-0002-3217-0253
- 2 Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, bahadir@mu.edu.tr, Orcid Id: 0000-0002-2532-2140

Giriş

Spor yaralanmaları hem profesyonel hem de amatör sporcularda fiziksel kapasiteyi, performans sürekliliğini ve kariyer devamlılığını tehdit eden en önemli sağlık sorunlarından biridir. Yaralanmaların neden olduğu performans kaybı, rehabilitasyon süresi ve psikolojik etkiler, bireysel düzeyde spordan uzaklaşmaya ve organizasyonel düzeyde ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Vriend vd., 2017). Özellikle alt ekstremité yaralanmaları, futbol, basketbol, voleybol gibi çeviklik ve sıçrama gerektiren branşlarda yüksek sıklıkta görülmektedir. Bu durum, sadece tedavi odaklı yaklaşımların yetersizliğini, bunun yerine önleyici antrenman programlarının sistematik biçimde uygulanması gerektiğini göstermektedir.

Önleyici antrenman programları, kas-iskelet sistemi dayanıklılığını, nöromüsküler koordinasyonu, dengeyi ve biyomekanik kontrolü geliştirmeyi amaçlayan çok bileşenli müdahalelerdir (Padua vd., 2018). Bu programlar, bireyin zayıf halkalarını hedefleyerek hem performansı artırmakta hem de yaralanma riskini azaltmaktadır.

Tablo 1. Farklı önleyici antrenman yöntemlerinin etkinliği ve kanıt düzeyi

Yöntem	Etki Mekanizması ve Sonuçlar	Kanıt Düzeyi	Kaynaklar
Güç Antrenmanı	Akut ve aşırı kullanım yaralanmalarını %66'ya kadar azaltır. Antrenman hacmi arttıkça koruyucu etki artar. Güvenli ve doz bağımlı etki gösterir.	Yüksek	Lauersen, Bertelsen & Andersen (2018); Beato et al. (2021)
Nöromüsküler Antrenman (NMT)	Alt ekstremité yaralanmalarını %27 azaltır. Özellikle 12–18 yaş erkeklerde haftada 1–2 kez, 20–30 dk ve ≥ 6 ay uygulandığında en etkilidir.	Yüksek	Hübscher et al. (2010); Li et al. (2025)

Çok Bileşenli Programlar	Kuvvet, denge, pliometrik, çeviklik ve esneklik egzersizlerini içerir. Özellikle diz ve ayak bileği yaralanmalarında etkilidir.	Yüksek	Padua et al. (2018); Leppänen et al. (2014)
Fonksiyonel Antrenman	Propriyosepsiyon ve entegre nöromüsküler fonksiyonu geliştirir, performansı artırırken yaralanma riskini azaltır.	Orta	Andersson (2021)
Kişiselleştirilmiş Programlar	Gerçek zamanlı veriyle uyarlanan programlar, sakatlık oranını %10 azaltabilir.	Orta	Huang (2025)
Koruyucu Ekipman (Ağızlık, Destek)	Eklem destekleri ve ağız koruyucular, belirli yaralanma türlerinde etkilidir.	Orta	Saritekin et al. (2018); Leppänen et al. (2014)

Uygulama ve Program Tasarımı

En etkili önleyici programlar, kuvvet, denge, çeviklik, pliometrik ve esneklik egzersizlerini bir arada içeren çok bileşenli yapılardır (Padua vd., 2018; Leppänen vd., 2014). Nöromüsküler antrenman protokollerinin haftada 1–2 kez, 20–30 dakika süreyle ve en az 6 ay uygulanması önerilmektedir (Li vd., 2025; Hübscher vd., 2010). Bu süre hem motor kontrolün hem de kas iskelet adaptasyonlarının kalıcı hale gelmesi için yeterlidir.

Programların hedef grubu genellikle genç sporculardır, çünkü gelişim döneminde nöromüsküler kontrol ve kas kuvveti dengesizliği yaralanma riskini artırmaktadır (Padua vd., 2018). Özellikle futbol, basketbol ve hentbol gibi yüksek temaslı ve yön değiştirme gerektiren branşlarda bu protokoller büyük önem taşır (Leppänen vd., 2014).

Koruyucu ekipman kullanımı, özellikle travmatik yaralanmaların önlenmesinde destekleyici bir unsurdur. Ağız koruyucular, diş ve çene yaralanmalarında etkili koruma sağlar (Saritekin vd., 2018). Eklem destekleri (brace veya taping), temas sporlarında diz ve ayak bileği stabilitesine katkı sağlayabilir (Leppänen vd., 2014).

Spor Yaralanmalarında Kuvvet Antrenmanlarının Rolü

Literatürde özellikle kuvvet antrenmanlarının, spor yaralanmalarının önlenmesinde en etkili ve bilimsel olarak en güçlü kanıta sahip yöntem olduğu bildirilmektedir (Lauersen, Bertelsen & Andersen, 2018). Kuvvet antrenmanının yaralanma önleme üzerindeki koruyucu etkisi birkaç temel biyomekanik ve fizyolojik mekanizma ile açıklanmaktadır. Öncelikle, kas kuvvetinin artması, eklemleri stabilize eden dinamik yapıların etkinliğini artırır. Güçlü kas dokusu, eklem yüklenmesini azaltarak aşırı kullanım kaynaklı yaralanma riskini düşürür (Beato vd., 2021). İkinci olarak, kuvvet antrenmanı tendon ve bağ dokularının mekanik dayanıklılığını artırır; bu da mikrotravmalara karşı daha yüksek direnç kazandırır (Leppänen vd., 2014). Son olarak, kuvvet artışı proprioseptif geri bildirimi geliştirir ve motor kontrol doğruluğunu yükselterek yaralanma anında koruyucu reflekslerin daha hızlı devreye girmesini sağlar (Hübscher vd., 2010). Lauersen ve arkadaşları (2018) tarafından gerçekleştirilen geniş kapsamlı bir meta-analiz çalışması, kuvvet antrenmanının hem akut hem de aşırı kullanım yaralanmalarını %66'ya kadar azaltabildiğini göstermiştir. Aynı çalışmada, antrenman hacminde %10'luk bir artışın, yaralanma riskini yaklaşık %4 oranında düşürdüğü belirlenmiştir. Bu bulgu, kuvvet antrenmanının doz-bağımlı ve güvenli bir koruyucu etki yarattığını ortaya koymaktadır. Dahası, kuvvet çalışmaları diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında —örneğin esneklik ya da stretching programları— anlamlı düzeyde daha yüksek koruma sağlamıştır (Lauersen vd., 2018). Bu nedenle kuvvet antrenmanı, önleyici programların merkezinde yer alması gereken temel bir bileşen olarak kabul edilmektedir.

Güncel yaklaşımlar, kuvvet antrenmanının izole biçimde değil, nöromüsküler, denge, pliometrik ve çeviklik egzersizleriyle birlikte uygulanmasını önermektedir. Bu çok bileşenli antrenman modelleri, özellikle diz ve ayak bileği yaralanmalarının önlenmesinde etkili bulunmuştur (Padua vd., 2018). Padua ve arkadaşları (2018), ön çapraz bağ (ACL) yaralanmalarının önlenmesine yönelik çok bileşenli programların, kas aktivasyonu, alt ekstremité biyomekaniği ve fonksiyonel performansı geliştirdiğini bildirmiştir. Bu tür programlar, kuvvet antrenmanının nöromüsküler kontrolü destekleyen yönünü daha da güçlendirmektedir.

Kuvvet antrenmanının uygulama parametreleri, koruyucu etkinin

derecesini belirleyen en önemli unsurlardandır. Beato ve arkadaşları (2021), futbolcularda yapılan derleme çalışmasında, haftada 2–3 kez uygulanan direnç antrenmanlarının, özellikle eksantrik kasılmaları içeren egzersizlerin yaralanma oranlarını anlamlı şekilde azalttığını belirtmiştir. Ayrıca, flywheel ve eksantrik kuvvet antrenmanlarının kas-tendon kompleksinin enerji emme kapasitesini artırarak, ani yön değiştirme veya zemin teması sırasında oluşabilecek travmaları azalttığı gösterilmiştir. Bu nedenle antrenman yoğunluğunun kademeli olarak artırılması hem adaptasyonun güvenli ilerlemesini sağlar hem de aşırı yüklenmeye bağlı yeni yaralanmaların önüne geçer. Kuvvet antrenmanının koruyucu etkisi yalnızca alt ekstremitayla sınırlı değildir. Üst ekstremita yaralanmaları, özellikle hentbol, voleybol ve yüzme sporcularında sık görülmekte olup, düzenli kuvvetlendirme egzersizleri omuz kompleksinin stabilitesini ve hareket açıklığını korumaktadır (Kılıç vd., 2014). Scapular stabilizatör kasların güçlendirilmesi, rotator manşet kas dengesinin sağlanması, tekrarlayan atış hareketlerinden kaynaklanan mikrotravmaları önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu bağlamda, kuvvet antrenmanının branşa ve sporun hareket paternine göre fonksiyonel biçimde planlanması gerekmektedir (Andersson, 2021).

Yaralanma önleyici kuvvet antrenmanları genellikle üç temel prensibe dayanmaktadır: yüklenmenin kademeli artırılması (progressive overload), spora özgü hareket paternlerinin taklit edilmesi ve denge–kontrol egzersizleriyle entegrasyon. Bu prensipler doğrultusunda geliştirilen nöromüsküler eğitim protokolleri, alt ekstremita yaralanmalarında %27'ye varan azalmalar sağlamaktadır (Hübscher vd., 2010; Li vd., 2025). Özellikle genç sporcularda (12–18 yaş), haftada 1–2 kez, 20–30 dakikalık seanslar ve en az 6 ay süreyle uygulanan nöromüsküler kuvvet programlarının diz ve ayak bileği yaralanmalarını anlamlı düzeyde azalttığı bildirilmiştir.

Bireysel farklılıkların göz önünde bulundurulması da önleyici etkinliği artıran bir diğer faktördür. Huang (2025), kişiselleştirilmiş, veri temelli önleyici antrenmanların sakatlık oranını %10 oranında azaltabildiğini göstermiştir. Bu bulgu, özellikle yapay zekâ destekli hareket analizi sistemlerinin, bireye özgü zayıf kas gruplarını tespit ederek hedefe yönelik kuvvetlendirme programları oluşturabileceğini göstermektedir. Böylece önleyici antrenmanlar, sadece genel bir koruma yaklaşımı değil, aynı zamanda kişiselleştirilmiş performans optimizasyonu aracına dönüşmektedir.

Spor Yaralanmalarında Nöromüsküler Antrenmanların Rolü

Kas kuvveti veya esnekliğe odaklanan klasik antrenman yaklaşımları yerine, nöromüsküler kontrol, denge ve koordinasyon gibi motor bileşenleri geliştirmeye

odaklanan nöromüsküler antrenman (NMT) programları son yıllarda giderek önem kazanmıştır (Myer vd., 2006). Nöromüsküler antrenman, kas-sinir sistemi arasındaki iletişimi geliştirerek hareket kalitesini, postural stabiliteyi ve proprioseptif farkındalığı artırmayı amaçlar (McGill, 2010). Bu tür programlar genellikle denge, sıçrama-iniş kontrolü, yön değiştirme, çeviklik (agility) ve “core” stabilite egzersizlerinden oluşur (Herman vd., 2008). Temel amaç, kas kuvvetinin uygun zamanda ve uygun açısal konumda devreye girmesini sağlayarak ani yüklenmelere karşı eklem stabilitesini korumaktır (Zebis vd., 2009).

Literatürdeki meta-analiz bulguları, nöromüsküler antrenmanların özellikle alt ekstremité yaralanmalarını anlamlı düzeyde azalttığını göstermektedir. Sugimoto ve arkadaşları (2015), 14 randomize kontrollü çalışmayı içeren bir meta-analizde, genç kadın sporcularda NMT uygulamalarının ön çapraz bağ (ACL) yaralanma riskini %50 oranında azalttığını bildirmiştir. Benzer şekilde Taylor et al. (2015), nöromüsküler programların genel alt ekstremité yaralanmalarını %27 oranında azalttığını ve özellikle futbol, hentbol ve basketbol gibi pivot hareketlerin yoğun olduğu sporlarda etkili olduğunu göstermiştir.

Bu olumlu etkiler, NMT’nin çeşitli mekanizmalarla yaralanma riskini azaltmasından kaynaklanmaktadır. Öncelikle, proprioseptif reseptörlerin etkinliği artarak eklem pozisyon duygusu gelişir ve böylece beklenmedik yön değişimlerinde daha hızlı kas aktivasyonu gerçekleşir (Benis vd., 2016). İkinci olarak, dinamik denge ve postural kontrolün gelişmesi, özellikle iniş-sıçrama sırasında diz valgus momentini azaltarak ACL üzerindeki yüklenmeyi düşürür (Hewett vd., 2006). Üçüncü olarak, core kaslarının kuvvetlenmesi, alt ekstremité segmentlerinin daha iyi hizalanmasını sağlar ve hareket sırasında enerjinin daha verimli aktarılmasına katkı sunar (Zazulak vd., 2007).

FIFA 11+ gibi nöromüsküler temelli ısınma programları, pratikte yaygın olarak kullanılmakta ve çok sayıda çalışmada yaralanma insidansını anlamlı biçimde düşürmektedir. Soligard et al. (2008) tarafından yapılan bir saha çalışmasında, FIFA 11+ programına katılan genç kadın futbolcularda yaralanma oranlarının %35 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Benzer şekilde, Bizzini ve Dvorak (2015), bu programın düzenli uygulanmasıyla akut ve aşırı kullanım yaralanmalarında anlamlı azalma olduğunu bildirmiştir.

Nöromüsküler antrenmanların etkinliği, yalnızca program içeriğine değil, aynı zamanda uygulama sıklığına, antrenman süresine ve sporcuların programa uyum düzeyine bağlıdır (Steffen vd., 2013). Haftada 2–3 kez, her biri 20–30 dakika süren ve en az 8–10 hafta boyunca sürdürülen programlar, yaralanma önleme açısından en yüksek verimliliği sağlamaktadır (Grooms vd., 2013). Bununla birlikte, koç veya fizyoterapist rehberliğinde teknik doğruluğun sağlanması, nöromüsküler adaptasyonun kalıcılığı için kritik önemdedir (Myer vd., 2011).

Nöromüsküler antrenmanlar, spor yaralanmalarının önlenmesinde etkili, düşük maliyetli ve uygulanabilir bir stratejidir. Bu antrenmanlar, sporcuların biomekanik kontrolünü, proprioseptif farkındalığını ve motor koordinasyonunu artırarak hem performans gelişimi hem de yaralanma riskinin azaltılmasına katkı sağlar. Gelecekteki çalışmaların, farklı yaş gruplarında ve branşlarda bu programların uzun vadeli etkilerini incelemesi, literatüre önemli katkılar sağlayacaktır.

Yöntemsel Yaklaşımlar ve Antrenman Protokolleri

Nöromüsküler antrenman programlarının etkinliği, sadece hangi egzersizlerin uygulandığına değil, bu egzersizlerin yoğunluğu, sıklığı, süresi ve ilerleme düzeyi gibi parametrelere de bağlıdır. Uygulamalı araştırmalar, programların en az 6–8 hafta süreyle ve haftada 2–3 seans olarak yürütülmesinin, nöromüsküler adaptasyonların gelişmesi açısından kritik olduğunu ortaya koymuştur (Steffen vd., 2013; Sugimoto vd., 2015). Program içeriği genellikle dört temel bileşenden oluşur: denge ve propriosepsiyon, pliometrik egzersizler, core stabilizasyon ve teknik hareket eğitimi (Myer vd., 2011; Herman vd., 2008).

Denge ve Propriosepsiyon Eğitimi: Denge egzersizleri, kas içicikleri ve eklem reseptörlerinden gelen duyuşal bilgilerin entegrasyonunu geliştirerek hareket sırasında eklem stabilitesini artırır. Özellikle tek ayak üzerinde denge, salınım tahtası egzersizleri ve gözler kapalı postüral kontrol çalışmaları, ayak bileği ve diz çevresindeki kasların refleks aktivasyonunu güçlendirir (Zebis vd., 2009). Benis ve arkadaşları (2016), denge temelli 6 haftalık bir NMT programının elit basketbolcularda postural kontrolü anlamlı biçimde geliştirdiğini bildirmiştir. Ek olarak yüzücü çocuklarda yapılan eğitimlerde dinamik ve statik dengede artış olduğu gözlenmiştir (Kılınç vd. 2018). Ayrıca, proprioseptif eğitimin ACL yaralanmalarında önleyici etkisi olduğu birçok sistematik derlemede vurgulanmıştır (Hewett vd., 2006; Taylor vd., 2015).

Pliometrik ve Çeviklik Egzersizleri: Pliometrik çalışmalar, kas-tendon ünitesinin elastik özelliklerini güçlendirir ve eksantrik kasılma sonrası hızlı konsantrik kasılma yeteneğini geliştirir. Bu adaptasyon, sıçrama ve yön değiştirme hareketlerinde daha kontrollü iniş ve daha az diz valgus momenti sağlar (Myer vd., 2006). Hewett ve ark. (2005), nöromüsküler içerikli pliometrik programların, genç kadın sporcularda ACL yaralanma oranını %72'ye kadar azalttığını rapor etmiştir. Ayrıca çeviklik (agility) antrenmanları, ani yön değişimi sırasında nöromüsküler yanıt hızını artırarak biomekanik dengeyi destekler (Padua vd., 2018; Atıcı & Bayrakdar, 2025).

Core Stabilizasyon Eğitimi: Core bölgesi, gövde stabilitesinin korunmasında ve alt ekstremité hareketlerinin kontrolünde merkezi bir rol oynar

(McGill, 2010). Zazulak ve arkadaşları (2007), gövde kontrolündeki zayıflığın diz yaralanması riskini öngörebileceğini belirtmiştir. Bu nedenle plank, bridge, side plank, bird-dog ve medicine ball rotasyon egzersizleri gibi stabilizasyon çalışmaları, nöromusküler antrenmanların vazgeçilmez bir bileşenidir (Bayrakdar vd., 2020). Core kaslarının kuvvetlenmesi, alt ekstremité hareket zincirinin koordinasyonunu artırarak performans gelişimine de katkı sağlar (Benis vd., 2016).

Teknik ve Motor Kontrol Eğitimi: Teknik hareket eğitimi, sporcuların sıçrama, iniş, kesme (cutting) ve yön değiştirme sırasında doğru mekanik kalıpları benimsemesini amaçlar. Video geri bildirimi, ayna çalışması veya koç eşliğinde düzeltici antrenman uygulamaları, motor öğrenmeyi destekleyerek hatalı hareket alışkanlıklarını düzeltir (Herman vd., 2008). Grooms ve arkadaşları (2013), video temelli motor kontrol eğitimi uygulanan sporcularda nöromusküler tepkilerin daha hızlı ve güvenli hale geldiğini göstermiştir.

Uygulama Sıklığı ve İzleme: En etkili programlar, haftada 2–3 gün, her biri 20–30 dakikalık seanslar halinde düzenlenmelidir (Steffen vd., 2013). Süreklilik, nöromusküler adaptasyonların kalıcılığını sağlamada anahtar rol oynar. Ayrıca, antrenörlerin veya fizyoterapistlerin program süresince hareket kalitesini gözlemlemesi, teknik doğruluğu sürdürmek açısından önemlidir (Myer vd., 2011). Objektif ölçümler (ör. denge platformu, video analizi, EMG) ile düzenli değerlendirmeler, bireysel ilerlemenin izlenmesine katkı sağlar (Padua vd., 2018).

Branşa ve Yaş Grubuna Göre Uyarılma: Nöromusküler programlar, sporcunun branşına ve yaşına göre özelleştirilmelidir. Örneğin futbol ve hentbol gibi pivot hareketlerin yoğun olduğu sporlarda diz çevresine odaklanılırken, voleybol veya basketbolda sıçrama-iniş kontrolü ön plandadır (Soligard vd., 2008). Genç sporcularda ise temel motor kontrol ve denge egzersizleri önceliklidir (Myer vd., 2011). Padua ve ark. (2018), yaşa göre uyarlanmış programların ACL yaralanmalarında daha yüksek koruyucu etki gösterdiğini vurgulamaktadır.

Nöromusküler antrenman protokollerinin etkili biçimde uygulanabilmesi için çok bileşenli, ilerlemeli ve bireye özgü bir yaklaşım gereklidir. Bu tür programlar hem performans artışı hem de yaralanma önleme açısından sporda sürdürülebilirlik sağlamaktadır. Literatür, özellikle düzenli uygulandığında bu yöntemlerin güçlü kanıta dayalı koruyucu etkiler oluşturduğunu göstermektedir (Sugimoto vd., 2015; Bizzini & Dvorak, 2015).

Spor Yaralanmalarını Önlemede Fonksiyonel Antrenmanlar

Fonksiyonel antrenman, bireyin günlük yaşam veya sportif aktivite gereksinimlerine özgü hareket kalıplarını geliştirmeyi hedefleyen çok eklemlî,

çok düzlemli ve dinamik egzersizleri içeren bir yaklaşımdır (Boyle, 2016). Bu antrenman türü yalnızca kas kuvvetini değil, aynı zamanda denge, koordinasyon, esneklik, stabilite ve hareket kontrolünü geliştirerek yaralanma riskini azaltır (Behm & Chaouachi, 2011). Fonksiyonel antrenmanlar, klasik kuvvet antrenmanlarından farklı olarak, izolasyon yerine bütüncül hareket paternlerine odaklanır. Bu sayede vücut segmentleri arasındaki sinerjiyi güçlendirir ve nöromüsküler sistemin çevresel uyaranlara daha hızlı ve kontrollü yanıt vermesini sağlar (Cook vd., 2014). Özellikle diz ve ayak bileği gibi yaralanmaya açık eklemlerde kas grupları arasındaki koordinasyonu artırarak, ön çapraz bağ (ACL) yaralanmaları gibi travmatik durumların önlenmesinde önemli rol oynar (Myer vd., 2008). Bunun yanı sıra, fonksiyonel egzersizlerin proprioseptif duyuyu geliştirmesi, denge reaksiyonlarını hızlandırarak düşme ve burkulma gibi yaralanma risklerini azaltır (Hewett vd., 2013).

Güncel literatürde, fonksiyonel antrenman temelli önleme programlarının hem kadın hem de genç sporcularda yaralanma oranlarını anlamlı biçimde düşürdüğü gösterilmiştir. Örneğin, Myklebust ve ark. (2003) tarafından yapılan uzun dönemli bir müdahale çalışmasında, fonksiyonel denge ve çeviklik temelli egzersizler içeren programın diz yaralanmalarını %50 oranında azalttığı rapor edilmiştir. Benzer şekilde, Mandelbaum ve ark. (2005) tarafından geliştirilen FIFA 11+ programı, alt ekstremitte yaralanmalarında %30–40 oranında düşüş sağlamıştır. Bu tür programların en etkili yönü, çok bileşenli yapısıdır; çünkü kuvvet, denge, pliometrik ve esneklik antrenmanlarının birlikte uygulanması, hem kas-iskelet sisteminin dayanıklılığını hem de nöromüsküler kontrolü güçlendirir (Soligard vd., 2008).

Fonksiyonel antrenmanların önleyici etkisi, aynı zamanda hareket kalitesiyle yakından ilişkilidir. Gray Cook'un geliştirdiği Functional Movement Screen (FMS) gibi testler, sporcuların hareket paternlerindeki dengesizlikleri veya kısıtlılıkları belirleyerek bireye özgü düzeltici egzersizlerin planlanmasına olanak tanır (Cook vd., 2006). Bu sayede antrenmanlar yalnızca performans odaklı değil, aynı zamanda yaralanma riskini azaltacak şekilde optimize edilir. Ayrıca, fonksiyonel antrenmanların farklı yüzeylerde, değişken dirençlerle ve çok yönlü hareketlerle yapılması, sporcuların stabilite kapasitesini artırarak oyun veya müsabaka sırasında oluşabilecek ani yüklenmelere karşı vücudu daha dirençli hale getirir (Kibele & Behm, 2009). Fonksiyonel antrenmanlar spor yaralanmalarının önlenmesinde bütüncül bir yaklaşım sunar. Kas kuvvetinin yanı sıra denge, koordinasyon ve nöromüsküler kontrolün geliştirilmesiyle hem performans artışı sağlanmakta hem de yaralanma riski azaltılmaktadır. Bilimsel kanıtlar, bu antrenmanların düzenli, bireyselleştirilmiş ve disipline uygun biçimde uygulandığında yaralanma önleme stratejilerinde etkili bir araç olduğunu göstermektedir. Gelecekte, hareket analizi teknolojileri ve yapay zekâ destekli

izleme sistemleriyle entegre fonksiyonel antrenman programlarının, kişiye özel yaralanma önleme uygulamalarında daha yaygın kullanılması beklenmektedir.

Fonksiyonel Egzersiz Protokollerinden Örnekler

Fonksiyonel antrenman temelli yaralanma önleme programları, günümüzde spor bilimlerinde en çok incelenen uygulamalardan biridir. Bu programlar, kas kuvveti, denge, koordinasyon ve pliometrik kapasiteyi geliştirmek amacıyla tasarlanmıştır ve çoğu zaman alt ekstremitte yaralanmalarını önlemeye odaklanır (Myer vd., 2008). Literatürde öne çıkan protokoller arasında FIFA 11+, Prevent Injury and Enhance Performance (PEP) programı ve HarmoKnee yer almaktadır.

FIFA 11+, Uluslararası Futbol Federasyonları Birliği (FIFA) tarafından geliştirilmiş, özellikle genç futbolcular için tasarlanmış bir ısınma ve önleyici programdır. Program üç ana bölümden oluşur: düşük yoğunluklu koşu ve dinamik ısınma, kuvvet, denge ve plyometrik egzersizler, son olarak tekrar koşu ve hareket kontrolü çalışmaları (Soligard vd., 2008). Araştırmalar, FIFA 11+ uygulayan takımlarda alt ekstremitte yaralanmalarının %30–40 oranında azaldığını ve özellikle diz ile ayak bileği travmalarında anlamlı düşüş sağladığını göstermektedir (Bizzini & Dvorak, 2015).

Prevent Injury and Enhance Performance (PEP) programı ise kadın futbolcular arasında ACL yaralanmalarını önlemeye yönelik geliştirilmiştir. Program, kuvvet, denge, plyometrik ve core stabilizasyon egzersizlerini içerir ve düzenli olarak uygulanması durumunda diz yaralanmalarını belirgin biçimde azaltır (Hewett vd., 2013). PEP'in etkinliği, özellikle diz ve çevresindeki kas gruplarının koordinasyonunu artırarak, ani yüklenmeler ve yön değişikliklerine karşı vücudu daha dayanıklı hâle getirmesiyle ilişkilendirilmiştir. Buna ek olarak, HarmoKnee programı diz eklem stabilitesini geliştirmeye odaklanan bir protokoldür. Plyometrik ve kuvvet egzersizlerinin yanı sıra proprioseptif ve denge çalışmaları içerir. Çeşitli çalışmalarda, HarmoKnee programını uygulayan sporcularda ACL ve menisküs yaralanmalarında anlamlı düşüşler rapor edilmiştir (Chaudhari vd., 2014). Programın temel yaklaşımı, eklem çevresindeki kas gruplarının senkronizasyonunu artırarak, ani yön değişimlerine karşı koruyucu bir mekanizma oluşturmaktır.

Bu programların ortak özelliği, çok bileşenli ve fonksiyonel egzersizleri birleştirmeleridir. Kuvvet, denge, pliometrik hareket ve core stabilizasyonu içeren kombinasyonlar, sadece performans artışı sağlamaz, aynı zamanda yaralanma riskini azaltır. Ayrıca, bu protokoller bireyselleştirilebilir ve sporcuların hareket kalitesi değerlendirilerek, eksikliklere yönelik modifikasyonlar yapılabilir (Cook vd., 2006). Bu sayede, fonksiyonel antrenmanlar, genel spor performansını desteklerken aynı zamanda sistematik bir yaralanma önleme stratejisi sunar.

Fonksiyonel egzersiz protokolleri, modern spor biliminde yaralanma önleyici yaklaşımların merkezini oluşturmaktadır. FIFA 11+, PEP ve HarmoKnee gibi programlar, farklı spor branşlarına uyarlanabilir ve hem genç hem de profesyonel sporcularda güvenli bir şekilde uygulanabilir. Bu programların etkili olabilmesi için disiplinli uygulama, düzenli takip ve bireysel hareket değerlendirmesi kritik öneme sahiptir. Gelecekte teknolojik izleme sistemleri ve yapay zekâ destekli hareket analizleri ile entegre edilerek, fonksiyonel antrenman protokollerinin etkinliği daha da artırılabilir.

Spor Yaralanmalarında Önleyici Esneklik Antrenmanları

Spor yaralanmalarının önlenmesinde esnekliğin rolü, performans geliştirme ve kas iskelet sistemi sağlığını koruma açısından kritik bir faktör olarak kabul edilmektedir. Esneklik, eklemlerin belirli bir hareket aralığında (ROM – Range of Motion) rahat ve kontrollü bir şekilde hareket etme kapasitesi olarak tanımlanır ve kas-tendon ünitelerinin elastik özellikleri ile yakından ilişkilidir (Behm & Chaouachi, 2011). Sporcularda yeterli esneklik seviyesinin bulunması, ani kuvvet uygulamaları ve yön değişiklikleri sırasında kas ve tendon yaralanmalarının riskini azaltır (Witvrouw et al., 2004). Önleyici esneklik antrenmanları, genellikle aktif ve pasif germe teknikleri, PNF (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation), dinamik ve statik germe yöntemlerini içerir. Statik germe, kasların yavaş ve kontrollü bir şekilde belirli bir pozisyonda uzatılması esasına dayanırken; dinamik germe, hareketli ve kontrollü salınımlarla ROM artırmayı hedefler (Behm et al., 2016). Literatürde, statik germe özellikle antrenman sonrası kas gerginliğini azaltmak için kullanılırken, dinamik germe ısınma sürecinde performans ve hareket kontrolünü optimize etmek için tercih edilmektedir (Shrier, 2004).

PNF germe teknikleri, kasın hem aktif hem de pasif kasılma ve germe döngüsünü kullanarak ROM'u artırmayı hedefler. Bu yöntemler, özellikle sporcularda diz, omuz ve hamstring bölgesinde yaralanmaları önlemede etkili bulunmuştur (Hindle et al., 2012). PNF, kas tonusunu düzenleyerek eklem stabilitesini artırır ve ani kuvvet uygulamalarına karşı koruyucu bir mekanizma oluşturur. Esneklik antrenmanlarının yaralanma önleme etkisi, özellikle alt ekstremité sporlarında öne çıkar. Futbol, basketbol ve hentbol gibi spor dallarında, yeterli hamstring ve quadriceps esnekliği, ACL (Anterior Cruciate Ligament) yaralanmaları ve kas zorlanmalarının sıklığını azaltır (Witvrouw et al., 2004). Ayrıca, omuz ve kol bölgesinin esnekliği, yüzme, voleybol ve tenis gibi spor dallarında tendon yaralanmalarını minimize etmektedir (Page, 2012).

Tablo 2. Spor Yaralanmalarında Önleyici Esneklik Antrenmanları ve Yöntemleri				
Esneklik Antrenmanı Türü	Uygulama Yöntemi	Hedef Kas/ Eklemler	Yaralanma Önleme Etkisi	Kaynak
Statik Germe	Kasları yavaş ve kontrollü şekilde belirli pozisyonda tutma (15–60 sn)	Hamstring, Quadriceps, Gastrocnemius, Omuz kasları	Kas gerginliğini azaltır, kas zorlanmalarını ve tendon yaralanmalarını önler	Behm & Chaouachi, 2011; Shrier, 2004
Dinamik Germe	Kontrollü salınımlarla ROM artırma, ısınma sırasında uygulanır	Alt ekstremité: Quadriceps, Hamstring, Kalça fleksörleri; Üst ekstremité: Omuz, Kol kasları	Eklemlerde hareket açıklığını artırır, ani kuvvet uygulamalarına karşı korur, performansı destekler	Behm et al., 2016; Page, 2012
PNF (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation)	Kasın aktif ve pasif kasılma-germe döngüsü ile ROM artırma	Hamstring, Quadriceps, Omuz ve Triceps bölgesi	Kas tonusunu düzenler, eklemlerin stabilitesini artırır, ACL ve tendon yaralanmalarını önler	Hindle et al., 2012; Konrad et al., 2017

Spor yaralanmalarının önlenmesinde esneklik antrenmanları kritik bir rol oynamaktadır. Statik germe çalışmaları, kasların yavaş ve kontrollü bir şekilde belirli pozisyonda tutulmasıyla uygulanır ve genellikle 15–60 saniye arasında sürer. Bu yöntem, başta hamstring, quadriceps, gastrocnemius ve omuz kasları olmak üzere ilgili kas gruplarının gerginliğini azaltarak kas zorlanmaları ve tendon yaralanmaları riskini düşürür (Behm & Chaouachi, 2011; Shrier, 2004).

Dinamik germe antrenmanları ise kontrollü salınımlar ve hareketli ısınmalar ile eklem hareket açıklığını artırmayı hedefler. Alt ekstremitede quadriceps, hamstring ve kalça fleksörlerini, üst ekstremitede ise omuz ve kol kaslarını kapsayan dinamik germe çalışmaları, ani kuvvet uygulamalarına karşı kas ve eklemleri hazırlayarak yaralanma riskini azaltır (Behm et al., 2016; Page, 2012). Öte yandan proprioseptif nöromüsküler fasilitasyon (PNF) germe teknikleri, kasın aktif ve pasif kasılma-germe döngüsü ile uygulanmakta olup, hamstring, quadriceps, omuz ve triceps bölgelerinde eklem stabilitesini artırır ve kas tonusunu düzenler. Bu sayede özellikle diz ön çapraz bağ (ACL) ve tendon yaralanmalarına karşı önleyici etki sağlanmaktadır (Hindle et al., 2012; Konrad et al., 2017). Genel olarak, esneklik antrenmanlarının sistematik ve düzenli uygulanması, sporcuların performansını desteklerken, kas ve eklem yaralanmalarını önlemede etkili bir strateji olarak kabul edilmektedir.

Son yıllarda yapılan sistematik derlemeler, esneklik antrenmanlarının sadece yaralanma önleyici etkisi olmadığını, aynı zamanda spor performansını da desteklediğini göstermektedir. Örneğin, dinamik germe ve PNF kombinasyonu ile uygulanan programlar, hem sprint ve sıçrama performansını artırmakta hem de kas çekme ve bağ yaralanmalarının önüne geçmektedir (Behm & Chaouachi, 2011; Konrad et al., 2017). Bunun nedeni, esnekliğin kas-tendon birimlerinin elastik enerji depolama kapasitesini artırması ve eklem hareketliliğini optimize etmesidir. Buna ek olarak, esneklik antrenmanlarının bireyselleştirilmesi büyük önem taşır. Sporcuların yaş, cinsiyet, spor branşı ve önceki yaralanma öyküleri dikkate alınarak programlar tasarlanmalıdır. Bu sayede, kas ve eklem sistemleri üzerindeki yük optimum seviyede tutulur ve yaralanma riski minimize edilir (Shrier, 2004). Esneklik antrenmanları, sporcuların hem performansını artıran hem de yaralanma riskini azaltan temel stratejiler arasında yer almaktadır. Statik, dinamik ve PNF germe teknikleri, sistematik ve disiplinli bir şekilde uygulandığında kas-tendon sağlığını destekler ve spor yaralanmalarına karşı koruyucu bir etki oluşturur. Gelecekte, teknolojik izleme sistemleri ve biyomekanik analizlerle bireyselleştirilmiş esneklik programlarının etkinliği daha da artırılabilir.

Sonuç

Spor yaralanmalarını önlemede en güçlü bilimsel desteğe sahip yöntemler, kuvvet antrenmanı, nöromüsküler antrenman ve çok bileşenli programlardır. Programların düzenli, uzun süreli ve hedefe yönelik uygulanması, yaralanma riskini anlamlı şekilde azaltır. Ek olarak, kişiselleştirilmiş antrenman protokolleri ve uygun koruyucu ekipman kullanımı da yaralanma oranlarını düşürmede önemli katkılar sağlamaktadır.

Yaralanma önleme programlarının başarısı yalnızca uygulanan egzersiz tipine değil, aynı zamanda sporcunun katılım düzeyine (adherence), antrenörün eğitimine ve programın sürekliliğine bağlıdır (Beato vd., 2021). Gelecekte, yapay zekâ tabanlı veri analizi ve sensör destekli biyomekanik geri bildirim sistemleri sayesinde, yaralanma riskine özgü daha kişiselleştirilmiş antrenman protokollerinin geliştirilmesi beklenmektedir (Huang, 2025).

Kaynaklar

- Andersson, O. (2021). *Sports injury prevention and functional training: A literature review. Journal of Sports Science and Medicine*, 20(3), 245–258.
- Atıcı, M., & Bayrakdar, A. (2025). Effects of plyometric and agility-based training on physical performance in adolescent male volleyball players: a controlled experimental study. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*, 29(4), 297–307. <https://doi.org/10.15561/26649837.2025.0407>
- Bayrakdar, A., Kılınç Boz, H., & Işıldar, Ö. (2020). The investigation of the effect of static and dynamic core training on performance on football players. *Turkish Journal of Sport and Exercise*, 22(1), 87–95.
- Beato, M., Maroto-Izquierdo, S., Turner, A. N., & Bishop, C. (2021). Implementing strength training strategies for injury prevention in soccer: Scientific rationale and methodological recommendations. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(3), 831–839. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2020-0251>
- Behm, D. G., & Chaouachi, A. (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European Journal of Applied Physiology*, 111(11), 2633–2651.
- Behm, D. G., Blazevich, A. J., Kay, A. D., & McHugh, M. (2016). Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(1), 1–11.
- Benis, R., Bonato, M., & La Torre, A. (2016). Elite female basketball players' body weight and postural control: the role of visual information. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1620–1626.
- Bizzini, M., & Dvorak, J. (2015). FIFA 11+: an effective programme to prevent football injuries in various player groups worldwide—a narrative review. *British Journal of Sports Medicine*, 49(9), 577–579.
- Boyle, M. (2016). *New Functional Training for Sports*. Human Kinetics.
- Chaudhari, A. M., Hearn, B. C., & Andriacchi, T. P. (2014). Knee joint biomechanics during injury prevention exercises: implications for HarmoKnee program. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 44(1), 1–12.
- Cook, G., Burton, L., & Hoogenboom, B. (2006). Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function—part 1. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 1(2), 62–72.
- Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B. J., & Voight, M. (2014). Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(5), 603–621.

- Grooms, D. R., Palmer, T., Onate, J. A., Myer, G. D., & Grindstaff, T. (2013). Soccer-specific warm-up and lower extremity injury rates in collegiate male soccer players. *Journal of Athletic Training*, 48(6), 782–789.
- Herman, D. C., Onate, J. A., Weinhold, P. S., Guskiewicz, K. M., Garrett, W. E., Yu, B., & Padua, D. A. (2008). The effects of feedback with and without strength training on lower extremity biomechanics. *American Journal of Sports Medicine*, 37(7), 1301–1310.
- Hewett, T. E., et al. (2006). Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: cutting-edge concepts. *Orthopedic Clinics of North America*, 37(4), 513–528.
- Hewett, T. E., Ford, K. R., & Myer, G. D. (2013). Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(3), 490–498.
- Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2005). Reducing knee and anterior cruciate ligament injuries among female athletes: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 40(9), 742–748.
- Hindle, K. B., Whitcomb, T. J., Briggs, W. O., & Hong, J. (2012). Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF): Its Mechanisms and Effects on Range of Motion and Muscular Function. *Journal of Human Kinetics*, 31, 105–113.
- Huang, T. (2025). Effectiveness of a preventive training program in reducing injury rates in college athletics. *Molecular & Cellular Biomechanics*, 22(1), 45–56.
- Hübscher, M., Zech, A., Pfeifer, K., Hänsel, F., Vogt, L., & Banzer, W. (2010). Neuromuscular training for sports injury prevention: A systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(3), 413–421. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181b88d37>
- Kılıç, B., Yücel, A. S., & Tamer, K. (2014). Spor yaralanmaları üst ekstremité yaralanmaları kapsamında omuz yaralanmaları ve tedavi yöntemleri. *Spor Hekimliği Dergisi*, 49(2), 65–72.
- Kılınç, H., Günay, M., Kaplan, Ş., & Bayrakdar, A. (2018). 7-12 yaş arası çocuklarda yüzme egzersizi ve thera-band çalışmalarının dinamik ve statik dengeye etkisinin incelenmesi. *Journal of Human Sciences*, 15(3), 1443–1452.
- Kibele, A., & Behm, D. G. (2009). Seven weeks of instability and traditional resistance training effects on strength, balance and functional performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2443–2450.
- Konrad, A., Gabler, M., & Tilp, M. (2017). Neuromuscular and performance adaptations to PNF stretching in athletes: A systematic review. *Sports Medicine*, 47(11), 2273–2286.

- Lauersen, J. B., Bertelsen, D. M., & Andersen, L. B. (2018). Strength training as superior, dose-dependent and safe prevention of acute and overuse sports injuries: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 52(24), 1557–1563. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099078>
- Leppänen, M., Aaltonen, S., Parkkari, J., Heinonen, A., & Kujala, U. M. (2014). Interventions to prevent sports-related injuries: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Sports Medicine*, 44(4), 473–486. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0138-8>
- Li, Y., Zhang, H., & Wang, J. (2025). The preventive effects of neuromuscular training on lower extremity sports injuries in adolescent and young athletes: A systematic review and meta-analysis. *The Knee*, 45(1), 33–41.
- Mandelbaum, B. R., Silvers, H. J., Watanabe, D. S., Knarr, J. F., Thomas, S. D., Griffin, L. Y., ... & Garrett, W. (2005). Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(7), 1003–1010.
- McGill, S. M. (2010). *Core training: Evidence translating to better performance and injury prevention*. *Strength and Conditioning Journal*, 32(3), 33–46.
- Myer, G. D., Faigenbaum, A. D., Ford, K. R., Best, T. M., Bergeron, M. F., & Hewett, T. E. (2011). When to initiate integrative neuromuscular training to reduce sports-related injuries and enhance health in youth. *Current Sports Medicine Reports*, 10(3), 155–166.
- Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2006). Methodological approaches and rationale for training to prevent anterior cruciate ligament injuries in female athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14(5), 275–285.
- Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2008). Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 34(9), 502–520.
- Myklebust, G., Engebretsen, L., Brækken, I. H., Skjølberg, A., Olsen, O. E., & Bahr, R. (2003). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13(2), 71–78.
- Padua, D. A., DiStefano, L. J., Hewett, T. E., Garrett, W. E., Marshall, S. W., & Sigward, S. M. (2018). National Athletic Trainers' Association position statement: Prevention of anterior cruciate ligament injury. *Journal of Athletic Training*, 53(1), 5–19. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-99-16>
- Page, P. (2012). Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(1), 109–119.

- Saritekin, A., Ünal, H., & Eroğlu, M. (2018). Spor lisesi öğrencilerinin, beden eğitimi öğretmenlerinin ve dış hekimlerinin ağız koruyucular hakkındaki düşünceleri. *Selçuk Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 20(2), 121–132.
- Shrier, I. (2004). Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 14(5), 267–273.
- Soligard, T., Myklebust, G., Steffen, K., Holme, I., Silvers, H., Bizzini, M., ... & Bahr, R. (2008). Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ*, 337, a2469.
- Steffen, K., Bakka, H. M., Myklebust, G., & Bahr, R. (2013). Performance aspects of an injury prevention program: a ten-week intervention in adolescent female football players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(5), 609–618.
- Sugimoto, D., Myer, G. D., Foss, K. D., & Hewett, T. E. (2015). Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females: meta-analysis and subgroup analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(5), 282–289.
- Taylor, J. B., Waxman, J. P., Richter, S. J., & Shultz, S. J. (2015). Evaluation of the effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention programme training components: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(2), 79–87.
- Vriend, I., Gouttebarge, V., van Mechelen, W., & Finch, C. F. (2017). Intervention strategies used in sport injury prevention studies: A systematic review identifying studies applying the Haddon Matrix. *Sports Medicine*, 47(6), 1197–1213.
- Witvrouw, E., Mahieu, N., Danneels, L., & McNair, P. (2004). Stretching and injury prevention: An obscure relationship. *Sports Medicine*, 34(7), 443–449.
- Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. P., Goldberg, B., & Cholewicki, J. (2007). Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk. *American Journal of Sports Medicine*, 35(7), 1123–1130.
- Zebis, M. K., Andersen, L. L., Bencke, J., Kjær, M., & Aagaard, P. (2009). Identification of athletes at future risk of anterior cruciate ligament ruptures by neuromuscular screening. *American Journal of Sports Medicine*, 37(10), 1967–1973.