

Nöromüsküler Adaptasyon ve Hareket Kalitesi: Fizyolojik Temeller ve Antrenman Uygulamaları

Sefer Karabağ¹

Özet

Bu çalışma, nöromüsküler adaptasyon süreçlerinin hareket kalitesi üzerindeki etkilerini fizyolojik temeller ve antrenman uygulamaları bağlamında incelemektedir. Nöromüsküler sistemin plastisitesi, motor birimlerin aktivasyon düzeyleri, sinir-kas iletişimi ve proprioseptif geri bildirim mekanizmaları, hareketin etkinliği ve güvenliği açısından kritik rol oynamaktadır. Direnç antrenmanları, pliometrik uygulamalar ve denge temelli egzersizler, nöromüsküler adaptasyonu tetikleyerek hareket kalitesini artırmaktadır.

Araştırmada farklı antrenman protokolleri karşılaştırılmış; EMG, hareket analizi sistemleri ve fonksiyonel hareket tarama testleriyle motor kontrol, kas aktivasyon paternleri ve hareket simetrisi değerlendirilmiştir. Bulgular, çok eklemlili ve kompleks hareketlerde nöromüsküler adaptasyonun hareket ekonomisi ve postural stabiliteyi artırdığını göstermektedir.

Sonuç olarak, nöromüsküler hedeflerin antrenman planlamasına entegre edilmesi, performans artışı ve sakatlık riskinin azaltılması açısından stratejik bir yaklaşım sunmaktadır. Hareket kalitesinin yalnızca biomekanik değil, aynı zamanda nörofizyolojik temellere dayandığı vurgulanmakta; bireyselleştirilmiş, fizyolojik temelli antrenman modellerinin geliştirilmesi önerilmektedir.

1. Giriş

Spor performansının geliştirilmesinde nöromüsküler sistemin adaptif kapasitesi ve hareket kalitesinin değerlendirilmesi, son yıllarda hem akademik literatürde hem de uygulayıcı antrenman modellerinde ön plana çıkmaktadır. Geleneksel antrenman yaklaşımları çoğunlukla fizyolojik yüklenme parametrelerine odaklanırken, günümüzde hareketin niteliği, motor kontrol

1 Dr., Sarıkamış Anatolian Imam Hatip High School, Sarıkamış, Turkey. seferkarabag@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3553-0282>

düzeyi ve sinir-kas etkileşimi gibi daha kompleks bileşenler performansın belirleyicileri arasında değerlendirilmektedir (Şerifoğlu & Bozkurt, 2023).

Nöromüsküler adaptasyon; kas kuvveti, dayanıklılığı ve koordinasyon gibi fiziksel özelliklerin yanı sıra, merkezi sinir sistemi ile periferik kas yapıları arasındaki iletişimin gelişimini de kapsar. Bu adaptasyon süreci, bireyin antrenmana verdiği yanıtı belirleyen temel mekanizmalardan biridir ve özellikle branşa özgü hareket kalıplarının öğrenilmesi ve optimize edilmesinde kritik rol oynar (Serin, 2023).

Hareket kalitesi ise yalnızca biomekanik doğrulukla sınırlı olmayan, aynı zamanda sakatlık riskini azaltan, enerji verimliliğini artıran ve performansın sürdürülebilirliğini sağlayan bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Fonksiyonel hareket taramaları, denge testleri ve çekirdek stabilizasyon ölçümleri gibi araçlar, bu kaliteyi objektif biçimde değerlendirmeye olanak tanımaktadır (Gökşin & Kırandı, 2024).

Bu bölümde, nöromüsküler adaptasyonun fizyolojik temelleri ile hareket kalitesinin ölçüm ve uygulama yöntemleri ele alınacak; ayrıca bu iki kavramın antrenman planlamasına entegrasyonu, branşa özgü örneklerle desteklenerek tartışılacaktır. Amaç, performans gelişimini yalnızca yüklenme temelli değil, aynı zamanda hareketin niteliğine dayalı bir yaklaşımla ele almak ve uygulayıcılar için bilimsel temelli bir çerçeve sunmaktır.

2. Nöromüsküler Adaptasyonun Fizyolojik Temelleri

Nöromüsküler adaptasyon, antrenman sürecine verilen fizyolojik yanıtların sinir sistemi ve kas dokusu etkileşimi üzerinden şekillendiği bir dizi biyolojik değişimi ifade eder. Bu adaptasyonlar, yalnızca kas hipertrofisi gibi yapısal değişimlerle sınırlı kalmaz; aynı zamanda motor ünite aktivasyonu, sinaptik iletim hızı, refleks yanıtları ve hareketin koordinatif kontrolü gibi işlevsel parametreleri de kapsar (Şerifoğlu & Bozkurt, 2023).

Antrenmanın ilk haftalarında gözlemlenen performans artışlarının büyük ölçüde sinirsel adaptasyonlara bağlı olduğu bilinmektedir. Bu süreçte motor ünite senkronizasyonu artar, antagonist kasların inhibisyonu azalır ve agonist kasların aktivasyon düzeyi yükselir. Bu değişimler, özellikle kuvvet ve sürat gibi nöromüsküler temelli performans bileşenlerinde belirgin hale gelir (Serin, 2023).

Nöromüsküler sistemin adaptif kapasitesi, bireyin antrenman geçmişi, yaş, cinsiyet ve genetik faktörler gibi değişkenlerden etkilenir. Ayrıca, uygulanan antrenman türü (maksimal kuvvet, pliometrik, izometrik vb.) ve yüklenme parametreleri (şiddet, süre, sıklık) adaptasyonun yönünü belirler.

Örneğin, düşük şiddetli ancak yüksek frekanslı nöromüsküler uyarılar, motor öğrenme ve hareket kontrolü üzerinde daha etkili olurken; yüksek şiddetli yüklenmeler kas liflerinde yapısal değişimlere yol açar (Gökşin & Kırandı, 2024).

Son yıllarda geliştirilen fNIRS (fonksiyonel yakın kızılötesi spektroskopisi), EMG (elektromiyografi) ve TMS (transkraniyal manyetik stimülasyon) gibi nörofizyolojik ölçüm teknikleri, bu adaptasyonların hem merkezi hem periferik düzeyde izlenmesine olanak tanımaktadır. Bu teknolojiler sayesinde, antrenman sonrası oluşan nöroplastik değişimler daha objektif biçimde değerlendirilebilmekte ve bireyselleştirilmiş antrenman programları geliştirilebilmektedir.

Bu nörofizyolojik sürecin görsel temsili Bkz. Şekil 2’de sunulmuştur. Diyagramda motor komutun beyinden kasa iletimi, spinal entegrasyon ve kas aktivasyonu aşamaları sırasıyla gösterilmekte; ayrıca proprioseptif geri bildirim döngüsüyle sinirsel adaptasyonun çift yönlü doğası vurgulanmaktadır.

Ölçüm noktaları

- **fNIRS**, motor korteks düzeyinde kortikal aktiviteyi izlemek için kullanılırken,
- **EMG**, kas lifleri düzeyinde elektriksel aktivasyonu değerlendirmek amacıyla uygulanmaktadır.

Bu iki ölçüm, nöromüsküler adaptasyonun hem merkezi hem periferik düzeyde izlenmesini mümkün kılar.

3. Hareket Kalitesi

Hareket kalitesi, bir bireyin motor kontrol, eklem stabilitesi, kas aktivasyonu ve koordinasyon düzeylerinin bütüncül bir ifadesidir. Bu kavram, yalnızca biomekanik doğrulukla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda sakatlık riskinin azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması ve performansın sürdürülebilirliğini sağlaması açısından kritik öneme sahiptir (Serin, 2023; Kumar, 2023).

Fonksiyonel hareket kalitesinin değerlendirilmesi için geliştirilen araçlar hem klinik hem de sportif uygulamalarda yaygın biçimde kullanılmaktadır. Özellikle Fonksiyonel Hareket Taraması (FMS), Y Balance Test ve Single Leg Squat Test gibi protokoller; hareketin simetrisini, denge düzeyini ve kontrol becerilerini objektif biçimde analiz etmeye olanak tanır (Gökşin & Kırandı, 2024; Mănescu, 2025). Bu testler, antrenman öncesi tarama,

sakatlık önleme stratejileri ve bireyselleştirilmiş program tasarımı açısından değerli bilgiler sunar.

Gökşin ve Kırandı'nın (2024) okul çağındaki çocuklar üzerinde yürüttüğü çalışmada, bütünleştirici nöromüsküler egzersizlerin motor beceri gelişimi ve hareket kalitesi üzerindeki olumlu etkileri vurgulanmıştır. Benzer şekilde, Mănescu (2025) tarafından yapılan nörofizyolojik modelleme çalışmaları, pliometrik ve kuvvet antrenmanlarının motor ünite aktivasyonu ve sinaptik verimlilik üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur.

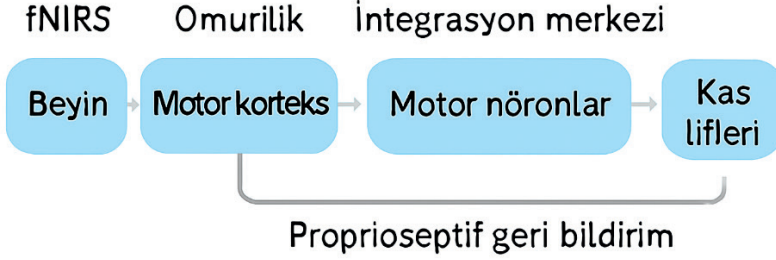
Kaya ve Demir'in (2024) çalışmasında, pliometrik antrenmanların nöromüsküler performans ve denge üzerindeki etkileri deneysel olarak ortaya konmuştur. Bu bulgular, hareket kalitesi bileşenlerinin antrenman türüne göre farklılaştığını göstermektedir.

Hareket kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan araçlar, ölçtükleri parametreler ve uygulama alanları açısından farklılık göstermektedir. Fonksiyonel hareket taramaları, denge testleri ve proprioseptif kontrol ölçümleri, spor branşına ve yaş grubuna göre seçilmelidir. Bkz. Tablo 1, bu araçların temel özelliklerini karşılaştırmalı biçimde sunarak uygulayıcıların değerlendirme sürecini yapılandırmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Tablo 1. Hareket Kalitesi Değerlendirme Araçlarının Karşılaştırılması.				
Araç Adı	Fonksiyonları	Uygulama Süresi	Branş Uyumu	Bilimsel Geçerlilik
FMS (Functional Movement Screen)	Stabilite, mobilite, simetri	10–15 dk	Tüm branşlar	Yüksek
Y Balance Test	Denge, asimetri, yön kontrolü	5–10 dk	Kayak, biathlon	Orta–Yüksek
Single Leg Squat Test	Propriosepsiyon, postüral kontrol	5 dk	Kayaklı koşu, atletizm	Orta
LESS (Landing Error Scoring System)	Sıçrama ve iniş kontrolü	5–7 dk	Basketbol, kayak	Yüksek
MCS (Movement Competency Screen)	Genel hareket becerisi	10 dk	Genç sporcular, rehabilitasyon	Orta–Yüksek

Kaynak: Uyarlanmıştır. Wijekulasuriya, Woods, Kittel & Larkin (2025); AbuEid et al. (2024).

Bu tablo, spor bilimlerinde yaygın olarak kullanılan hareket kalitesi değerlendirme araçlarını; ölçtükleri parametreler, uygulama süresi, branş uyumu ve bilimsel geçerlilik düzeylerine göre karşılaştırmalı biçimde sunmaktadır.



Şekil 1. Hareket Kalitesi Bileşenleri Şeması

Bu şema, hareket kalitesini belirleyen temel bileşenleri ve bunların performansla ilişkisini gösterir. Stabilitate, mobilitate, koordinasyon ve proprioepsiyon gibi alt sistemler merkezdeki “Hareket Kalitesi” kavramına bağlanır.

İlişkili testler

- FMS → Stabilitate & Mobilitate
- Y Balance → Denge & Proprioepsiyon
- LESS → Koordinasyon & iniş kontrolü

Hareket kalitesinin düşük olması, kompensatuar stratejilerin gelişmesine, aşırı yüklenmeye ve uzun vadede performans düşüşüne neden olabilir. Bu nedenle, antrenman planlamasında yalnızca yüklenme parametreleri değil, aynı zamanda hareketin niteliği de dikkate alınmalıdır. Özellikle çekirdek stabilizasyon, proprioseptif kontrol ve postüral denge gibi bileşenler, hareket kalitesinin temel belirleyicileri arasında yer alır (Şerifoğlu & Bozkurt, 2023; Aslam, Habyarimana & Bin, 2025).

Aslam ve arkadaşlarının (2025) elit ve amatör sporcular üzerinde yaptığı karşılaştırmalı çalışmada, nöromüsküler adaptasyonun hareket kalitesiyle doğrudan ilişkili olduğu ve bu ilişkinin branşa özgü performans çıktıları üzerinde belirleyici rol oynadığı gösterilmiştir. Özellikle kayaklı koşu ve biathlon gibi spor dallarında, denge ve koordinasyon becerileri yüksek

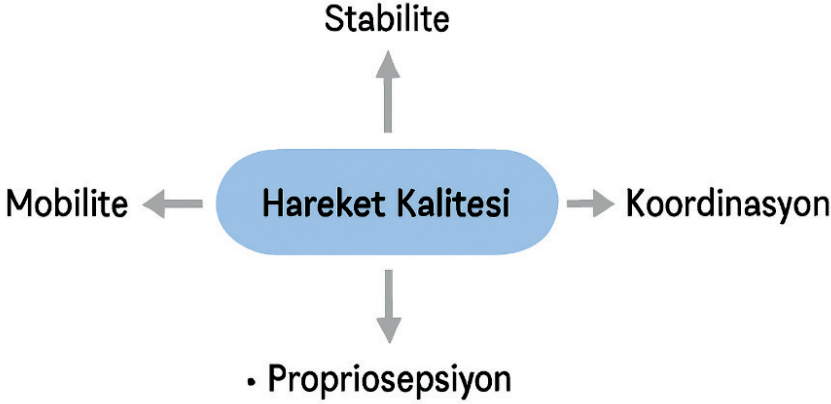
hareket kalitesiyle doğrudan bağlantılıdır. Bu bağlamda, hareket kalitesinin izlenmesi ve geliştirilmesi, performansın sürdürülebilirliği açısından stratejik bir gereklilik haline gelmiştir.

Nöromüsküler gelişimi hedefleyen antrenman modelleri, uygulama biçimlerine göre farklı sinirsel ve yapısal adaptasyonlar oluşturur. Bu bağlamda, maksimal kuvvet, pliometrik, izometrik ve eksantrik gibi temel antrenman türlerinin nöromüsküler sistem üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmelidir. Aşağıda sunulan Bkz. Tablo 2, bu antrenman türlerinin sinirsel adaptasyon düzeyi, kas yapısal değişimi ve motor kontrol üzerindeki etkilerini özetlemektedir.

Tablo 2. Antrenman Türlerine Göre Nöromüsküler Adaptasyon Özellikleri				
Antrenman Türü	Sinirsel Adaptasyon	Kas Yapısal Değişim	Motor Kontrol Etkisi	Uygulama Alanı
Maksimal Kuvvet	Yüksek	Yüksek	Orta	Güç sporları, Halter
Pliometrik	Orta-Yüksek	Düşük-Orta	Yüksek	Takım sporları, kayaklı koşu
İzometrik	Orta	Düşük	Orta	Rehabilitasyon, denge çalışmaları
Eksantrik	Yüksek	Yüksek	Orta	Sprint, tırmanış, kayak
HIIT (Aralıklı Yüksek Şiddet)	Orta	Orta	Yüksek	Biathlon, kayaklı koşu, dayanıklılık branşları

Kaynak: Uyarlanmıştır. Hedayatpour (2025); Hung, Su & Wang (2025); Aslam, Habyarimana & Bin (2025) Kaya & Demir (2024).

Bu tablo, farklı antrenman türlerinin nöromüsküler sistem üzerindeki etkilerini sinirsel adaptasyon, kas yapısal değişimi ve motor kontrol düzeyi açısından karşılaştırmalı olarak sunmaktadır.



Motor komutun beyinden kasa iletimi, spinal entegrasyon ve kas aktivasyonu aşamaları görselleştirilmiştir. Proprioseptif geri bildirim döngüsü, sinirsel adaptasyonun çift yönlü doğasını temsil eder. fNIRS ve EMG ölçüm noktaları, merkezi ve periferik izleme stratejilerini göstermektedir.

Ölçüm noktaları

- EMG: Kas lifi aktivasyonu sırasında
- fNIRS: Motor korteks ve prefrontal bölgede

4. Antrenman Modelleri ve Uygulama Yaklaşımları

Kayaklı koşu ve biathlon gibi kış sporları, yüksek düzeyde nöromüsküler koordinasyon, denge, çekirdek stabilizasyonu ve çevresel adaptasyon gerektiren branşlardır. Bu sporlar hem teknik beceri hem de fizyolojik dayanıklılık açısından karmaşık talepler sunar. Özellikle değişken arazi yapısı, tempo geçişleri ve silah kullanımı gibi faktörler, antrenman modellerinin branşa özgü biçimde yapılandırılmasını zorunlu kılar (Staunton et al., 2023).

Biathlon sporunda yapılan mikro-tempo analizleri, sporcuların silah taşıma durumuna göre kayak temposunu bilinçli biçimde ayarladıklarını ve bu ayarlamaların nöromüsküler kontrolle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir (Staunton et al., 2023). Bu bulgu, antrenman planlamasında yalnızca fizyolojik yüklenme değil, aynı zamanda hareket stratejilerinin de bireyselleştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Solli ve arkadaşlarının (2023) dünya çapında bir kadın biathlon sporcusu üzerinde yürüttüğü uzunlamasına çalışmada, performans gelişiminin yalnızca VO_{2max} gibi aerobik parametrelerle değil, aynı zamanda teknik

beceri ve nöromüsküler dayanıklılıkla ilişkili olduğu gösterilmiştir. Bu durum, özellikle elit düzeydeki sporcular için teknik-temelli antrenmanların önemini vurgulamaktadır.

Kayaklı koşu branşında ise nöro-atletik antrenmanların pozisyon algısı ve hareket doğruluğu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Contarli (2024) tarafından yürütülen klinik çalışmada, nöro-atletik uygulamaların kayaklı koşucularda proprioseptif duyarlılığı artırdığı ve postüral kontrolü iyileştirdiği saptanmıştır. Bu tür uygulamalar, özellikle gelişim çağındaki sporcular için motor öğrenme süreçlerini destekleyici niteliktedir.

Nord Üniversitesi bünyesindeki araştırma grubu, kayaklı koşu ve biathlon sporcularının eğitimle eş zamanlı performans gelişimini inceleyerek, genç sporcular için sürdürülebilir antrenman modelleri önermektedir. Bu modeller, nöromüsküler gelişimi destekleyen denge, çekirdek ve teknik beceri odaklı uygulamaları içermektedir (Nord University, 2025).

Bu tür izleme modellerine örnek olarak aşağıda sunulan nörofizyolojik protokol verilebilir:

Uygulama Protokolü – Nörofizyolojik İzleme

Bu çalışmada nöromüsküler aktivasyonun merkezi ve periferik düzeyde izlenmesi amacıyla fNIRS ve EMG ölçüm teknikleri kullanılmıştır.

- **fNIRS ölçümleri**, motor korteks üzerinde 10 Hz örnekleme frekansında, 5 dakikalık aktivasyon süresi boyunca gerçekleştirilmiştir.

- **EMG ölçümleri**, vastus lateralis kasında, 3 saniyelik maksimal kasılma testleri sırasında çift kanallı yüzey elektrotlarla alınmıştır.

- Tüm ölçümler, katılımcının oturma pozisyonunda ve sabit sıcaklıkta yapılmıştır.

Bu protokol, nöroplastik yanıtların izlenmesi ve bireyselleştirilmiş antrenman planlaması için güvenilir bir temel sunmaktadır.

Son olarak, Losnegard, Kocbach ve Sandbakk (2025), kayaklı koşu ve biathlon gibi branşlarda “stochastic interval profile” olarak tanımlanan düzensiz tempo geçişlerinin, nöromüsküler sistem üzerinde yüksek stres oluşturduğunu ve bu nedenle antrenmanların tempo regülasyonu ve enerji yönetimi odaklı biçimde yapılandırılması gerektiğini belirtmiştir.

5. Performans İzleme ve Geri Bildirim Mekanizmaları

Nöromüsküler adaptasyonun ve hareket kalitesinin etkili biçimde izlenmesi, antrenman sürecinin bireyselleştirilmesi ve performansın

sürdürülebilir biçimde geliştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu izleme süreci, yalnızca fizyolojik parametrelerin değil, aynı zamanda sinir-kas etkileşimi, motor kontrol düzeyi ve teknik becerilerin de değerlendirilmesini gerektirir (Losnegard et al., 2025).

Günümüzde kullanılan teknolojik araçlar arasında **elektromiyografi (EMG)**, **fonksiyonel yakın kızılötesi spektroskopi (fNIRS)**, **GPS tabanlı tempo analiz sistemleri**, **video hareket analizi** ve **kuvvet platformları** yer almaktadır. Bu sistemler, sporcuların antrenman sırasındaki nöromüsküler aktivasyon düzeylerini, hareket doğruluğunu ve yüklenme tepkilerini objektif biçimde izlemeye olanak tanır (Contarlı, 2024).

Özellikle kayaklı koşu ve biathlon gibi branşlarda, performansın izlenmesi yalnızca fizyolojik dayanıklılıkla sınırlı değildir. Staunton ve arkadaşlarının (2023) mikro-tempo analizlerine dayalı çalışmaları, sporcuların yarış içi tempo geçişlerini nöromüsküler kontrolle yönettiğini ve bu geçişlerin teknik beceriyle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, izleme sistemlerinin teknik ve nörolojik parametreleri birlikte değerlendirmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Antrenör-sporcu etkileşimi de geri bildirim mekanizmalarının etkinliğini belirleyen önemli bir faktördür. Solli ve arkadaşlarının (2023) uzun bir dönemde yaptıkları çalışmalarında, dünya çapında bir kadın biathlon sporcusunun performans gelişiminin, düzenli teknik geri bildirim ve bireyselleştirilmiş izleme protokolleriyle desteklendiği gösterilmiştir. Bu yaklaşım, özellikle elit düzeydeki sporcular için nöroplastik gelişimi destekleyici niteliktedir.

Nord Üniversitesi bünyesindeki araştırma grubu, genç kayaklı koşu ve biathlon sporcuları için geliştirilen izleme modellerinde, teknik beceri, denge, çekirdek kontrolü ve nöromüsküler yanıtların eş zamanlı olarak değerlendirildiği bütüncül protokoller önermektedir (Nord University, 2025). Bu protokoller hem gelişim çağındaki sporcular hem de elit düzeydeki bireyler için sürdürülebilir performans yönetimi açısından örnek teşkil etmektedir.

6. Sonuç ve Öneriler

Nöromüsküler adaptasyon ve hareket kalitesi, spor performansının sürdürülebilir biçimde geliştirilmesinde kritik rol oynayan iki temel bileşendir. Bu kavramlar, yalnızca fizyolojik yüklenme parametreleriyle değil, aynı zamanda sinir-kas koordinasyonu, motor kontrol, teknik beceri ve çevresel uyum gibi çok boyutlu süreçlerle ilişkilidir. Özellikle kayaklı koşu ve biathlon gibi kış sporlarında, bu bileşenlerin eş zamanlı gelişimi

performansın belirleyici unsurlarını oluşturmaktadır (Losnegard et al., 2025; Solli et al., 2023).

Antrenman modellerinin nöromüsküler gelişimi destekleyecek biçimde yapılandırılması, bireysel farklılıkların ve branşa özgü taleplerin dikkate alınmasını gerektirir. Fonksiyonel antrenman, çekirdek stabilizasyon, denge ve proprioseptif uygulamalar hem gelişim çağındaki sporcular hem de elit düzeydeki bireyler için nöroplastik değişimleri tetikleyici niteliktedir (Contarlı, 2024; Nord University, 2025).

Performansın izlenmesi ve geri bildirim mekanizmalarının etkin biçimde kullanılması, antrenman sürecinin bireyselleştirilmesini ve teknik becerilerin optimize edilmesini sağlar. EMG, fNIRS, video analiz ve mikro-tempo izleme gibi teknolojik araçlar, nöromüsküler aktivasyonun ve hareket kalitesinin objektif biçimde değerlendirilmesine olanak tanır (Staunton et al., 2023).

Tablo 3. Uygulayıcılar İçin Öneriler	
Uygulama Alanı	Öneri
Antrenman Planlaması	Nöromüsküler hedefler açık biçimde tanımlanmalı ve düzenli izlenmelidir.
Hareket Kalitesi Ölçümü	FMS, Y-Balance gibi testler periyodik olarak uygulanmalıdır.
Teknik Beceri Gelişimi	Branşa özgü beceriler nörolojik yüklenme ile entegre edilmelidir.
Geri Bildirim Sistemleri	Sporcuya özgü bireyselleştirilmiş izleme protokolleri kullanılmalıdır.

Araştırmacılar İçin Öneriler

- Nöromüsküler adaptasyonun yaş, cinsiyet ve branş düzeyine göre farklılıklarını inceleyen uzunlamasına çalışmalar artırılmalıdır.
- Hareket kalitesi ile performans arasındaki nedensel ilişkileri açıklayan deneysel tasarımlar geliştirilmelidir.
- Kış sporlarında teknik beceri ve nörolojik yüklenme etkileşimini modelleyen disiplinler arası çalışmalar teşvik edilmelidir.

Sonuç olarak, nöromüsküler adaptasyon ve hareket kalitesi odaklı antrenman modelleri, modern spor bilimlerinin temel yapı taşları arasında yer almakta; bu yaklaşımlar hem performansın artırılması hem de sporcu sağlığının korunması açısından stratejik bir çerçeve sunmaktadır.

Kaynakça

- AbuEid, K. S., Mohamad, A. A., Motaz, A. A., Islam, A. A., & Dababsch, F. M. (2024). Evaluating movement quality among sports science students. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 12(3), 504–514. <https://doi.org/10.13189/saj.2024.120306>
- Aslam, S., Habyarimana, J. D. D., & Bin, S. Y. (2025). Neuromuscular adaptations to resistance training in elite versus recreational athletes. *Frontiers in Physiology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1598149>
- Contarli, N. (2024). The effect of neuro-athletic training on physical performance and position sense in cross-country skiers. *ICH GCP Clinical Trial Registry*. <https://ichgcp.net/clinical-trials-registry/NCT06743230>
- Gökşin, Ş. Ö., & Kırandı, Ö. (2024). Okul çağındaki çocuklarda bütünleştirici nöromusküler egzersizler ve motor beceriler: Güncel bulgular ve öneriler. *Yalova Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 3(2), 45–58. <https://doi.org/10.70007/yalovaspor.1510212>
- Hedayatpour, N. (2025). Acute and chronic neural adaptations to different types of muscle contractions. *Sport Sciences for Health*, 21, 1223–1232. <https://doi.org/10.1007/s11332-024-01313-6>
- Hung, C.-H., Su, C.-H., & Wang, D. (2025). The role of high-intensity interval training (HIIT) in neuromuscular adaptations. *Life*, 15(4), 657. <https://doi.org/10.3390/life15040657>
- Kaya, R., & Demir, E. (2024). Pliometrik antrenmanın nöromusküler performans ve denge üzerindeki etkileri. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 29(1), 55–68. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10421538>
- Kumar, A. (2023). Movement quality and injury prevention in elite athletes: A review. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 63(2), 189–198. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.23.13987-6>
- Losnegard, T., Kochbach, J., & Sandbakk, Ø. (2025). Pacing demands in competitive Nordic skiing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 20, 4–16. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2024-0135>
- Mănescu, D. C. (2025). Computational analysis of neuromuscular adaptations to strength and plyometric training: An integrated modeling study. *Sports*, 13(9), 298. <https://doi.org/10.3390/sports13090298>
- Nord University. (2025). Performance development in cross-country skiing and biathlon. <https://www.nord.no/en/research/research-groups/performance-development-in-cross-country-skiing-and-biathlon>
- Serin, H. (2023). Nöromusküler adaptasyonun performans gelişimindeki rolü. *Antrenman Bilimleri Dergisi*, 11(2), 112–128. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10421532>

- Şerifoğlu, M., & Bozkurt, S. (2023). Sinir-kas etkileşimi ve hareket kalitesi: Antrenman planlamasına etkileri. *Spor ve Egzersiz Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 33–49. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10421535>
- Solli, G. S., Flom, A. H., & Talsnes, R. K. (2023). Long-term development of performance, physiological, and training characteristics in a world-class female biathlete. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1197793>
- Staunton, C. A., Jonsson Kårström, M., Björklund, G., & Laaksonen, M. S. (2023). Performance and micro-pacing strategies in biathlon skiing. *Sports Engineering*, 26(3). <https://doi.org/10.1007/s42978-023-00237-w>
- Wijekulasuriya, G. A., Woods, C. T., Kittel, A., & Larkin, P. (2025). The development and content of movement quality assessments in athletic populations. *Sports Medicine – Open*, 11, Article 7. <https://doi.org/10.1186/s40798-025-00813-0>