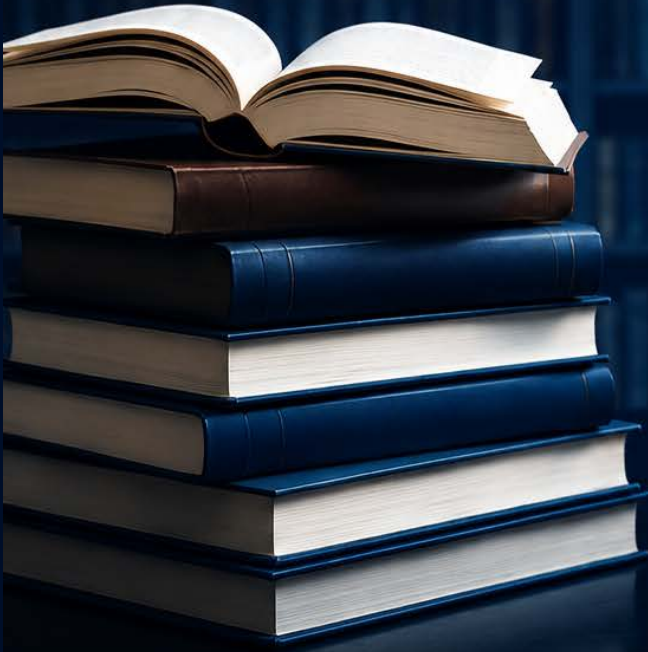


FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ALANINDA GÜNCEL KONULAR VE AKADEMİK DEĞERLENDİRMELER

Editör: Doç. Dr. Hayriye KUL KARAALİ

Doç. Dr. Özlem ÖZCAN



yaz
yayınları

**Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Alanında
Güncel Konular ve Akademik Değerlendirmeler**

Editör

Doç. Dr. Hayriye KUL KARAALİ

Doç. Dr. Özlem ÖZCAN

yaz
yayınları

2026

**Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Alanında
Güncel Konular ve Akademik
Değerlendirmeler**

Editör: Doç. Dr. Hayriye KUL KARAALI

Doç. Dr. Özlem ÖZCAN

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-5450-16-6

Ekim 2026 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

İÇİNDEKİLER

Yanıkta Hipertrofik Skar ve Rehabilitasyonu.....1

Özden ÖZKAL DEĞİRMENCİ

**Multipl Skleroz Rehabilitasyonunda Propriyoseptif
Nöromusküler Fasilitasyon: Güncel Kanıtlar ve Klinik
Uygulamalar 13**

Mustafa Deniz ÇOLAK, Hayriye KUL KARAALİ

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

YANIKTA HİPERTROFİK SKAR VE REHABİLİTASYONU

Özden ÖZKAL DEĞİRMENCİ¹

1. GİRİŞ

Yanık yaralanması birçok fiziksel ve psikososyal komplikasyonlara yol açan, morbidite ve mortalite oranı yüksek olan travmatik bir doku yaralanmasıdır. Hipertrofik skar doku oluşumu yanık yaralanmasını takiben yaygın görülen bir durumdur. Yanık yaralanması sonrası yaklaşık %70-80 oranında hipertrofik skar doku gelişimi görüldüğü bildirilmiştir. Yanık şiddeti, yanık derinliği, yanık lokalizasyonu ve toplam yanık yüzey alanı gibi etmenler hipertrofik skar doku gelişimini ve skar dokunun şiddetini etkiler. Hipertrofik skar doku oluşumuna bağlı, skar doku kontraktürü, ilgili eklemde hareket açıklığında kısıtlılık, artmış ağrı şiddeti ve kaşıntı bireyin hem fiziksel fonksiyonlarını hem de sağlıkla ilişkili yaşam kalitesini olumsuz etkiler. Bu bölümde hipertrofik skar doku gelişimi ve rehabilitasyon süreci ele alınacaktır (Bharadia, Burnett, & Gabriel, 2023).

2. HİPERTROFİK SKAR OLUŞUMU

Yanık yaralanması sonrası yaralanan dokunun iyileşme süreci vücudun koruyucu ve doğal bir reaksiyonudur. Yanığın şiddeti, derinliği, lokalizasyonu, tipi (elektrik, termal, alev), bireyin iyileşme sürecini etkileyecek ek kronik hastalıklarının

¹ Doçent, Bursa Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, ORCID: 0000-0002-8826-9930.

(diyabet vb.) bulunması, bireyin beslenme durumu, kullanılan ilaçlar, sigara varlığı gibi etmenler yanık yaralanmasında doku iyileşme sürecini etkiler. Yanık yaralanmasını takiben oluşan primer iyileşmede dokunun her iki kenarı sütür ile birbirine yaklaştırılır. Bu iyileşme tipinde iyileşme süreci hızlıdır; oluşan granülasyon doku miktarı daha azdır. Sekonder iyileşme sürecinde oluşan granülasyon dokusu oldukça fazladır. İyileşme sürecinde fibroblastik aktivite yoğunudur. Sekonder iyileşmede oluşan yoğun granülasyon dokusu, olduğu bölgede hipertrofik skar doku oluşma riskini ve şiddetini artırır. Etkilenen bölgede konnektif dokuda kısılmalara yol açarak ilgili eklemde hareket açıklığında limitasyonlara ve fonksiyon kaybına neden olur (Bharadia, Burnett, & Gabriel, 2023, Rowan, vd. 2015).

Yanık yaralanmasında doku iyileşmesi 3 ana evreden oluşur: i)inflamasyon evresi, ii)proliferasyon evresi, iii)yeniden şekillenme (maturasyon) evresi (Bharadia, Burnett, & Gabriel, 2023, Rowan, vd. 2015).

2.1. Hemostaz ve İnflamasyon Evresi

Hemostaz evresi, yanık iyileşmesinin en kısa fazı olup burada temel amaç kanamanın durdurulmasıdır. Proinflamasyon evresi de denir. Bu evrede en hızlı yanıt kanamayı durdurmak için oluşan vazokonstriksiyon yanıtıdır. Dokuda hemostaz sağlandıktan sonra inflamasyon evresi başlar. İnflamasyon, optimal bir yanık iyileşmesi için hayati öneme sahiptir. İnflamasyon mediatörleri (sitokinler, kininler, lipidler vb.) lökositleri ve makrofajları çekmek için bağışıklık sinyalleri sağlar; bu da proliferasyon fazını başlatmada rol oynar. İnflamasyon yara iyileşmesi için gerekli olsa da, inflamasyon sürecinin uzadığı veya enfeksiyon eklendiği durumlarda yara iyileşme süreci uzayabilir ve kötü bir skar dokusu ile maturasyon gerçekleşebilir. Bu evrenin en önemli belirtisi de ödemin varlığıdır. Vazodilatasyon, ekstrasvasküler osmotik aktivite ve

mikrovasküler geçirgenlikte artış gibi faktörler ödem oluşumunu etkiler. Aşırı ve uzun süredir devam eden ödem yara iyileşme sürecini bozar ve ağrı şiddetini artırır. Mikrovasküler geçirgenlikteki artışla birlikte inflamatuvar hücreler yanık yarasına doğru göç eder. Nötrofiller bu bölgeye gelen ilk hücreler olup yabancı cisimleri bölgeden uzaklaştırır. Nötrofilleri takiben makrofajlar ve lenfositler bölgeye göç eder. Bu evrede hasarlı/ölü dokunun fagositozu ile yanık dokusu temizlenir (Abazari, vd. 2022; Burgess, vd. 2022; Oryan, Alemzadeh, & Moshiri, 2017, Rowan, vd. 2015).

2.2. Proliferasyon Evresi

Proliferasyon evresi 3-4. Günde başlar ve 21. Güne kadar devam eder. Bu evrede vasküler ağrı onarmak ve granülasyon dokusu oluşturmak için birçok farklı süreç (anjiogenezis, reepitelizasyon, ekstrasellüler matriks oluşumu, kollajen sentezi) gerçekleşir. Yara iyileşme süreci için gerekli olan besin ve oksijenin taşınması için yeni kan damarlarının oluşumu (anjiogenezis) gerçekleşir. Reepitelizasyon, yara kenarının bazal tabakasındaki mevcut keratinositlerin ve çevresindeki kıl folikülleri veya ter bezlerinden epitelyal kök hücrelerin göçü ve farklılaşması ile meydana gelir. Yaralanmadan yaklaşık 2 ila 3 gün sonra keratinositlerin çoğalması ve granülasyon dokusunun oluşması, yara ile çevre arasında bir bariyer oluşturur (reepitelizasyon) ve homeostaz aşamasında oluşan matriksin yerini alır. Fibroblastlar bu evrenin en önemli hücrelerindendir. Yanık yarasının daha derin kısımlarında çoğalarak kollajen sentezler ve üretilen bu kollajen ekstrasellüler matriks üretimi için yapı taşı oluşturur. Fibroblastlar bu evrede Tip III kollajen sentezine katkıda bulunur. Artan kollajen sentezi ile birlikte derinin gerilim direnci de artar. Myofibroblastların oluşumuyla birlikte yarada kontraksiyon sonucu küçülme gerçekleşir. Bu evrede oluşan granülasyon dokusu inflamasyon fazında oluşan

geçici dokunun yerini alır (Abazari, vd. 2022; Burgess, vd. 2022; Oryan, Alemzadeh, & Moshiri, 2017; Rowan, vd. 2015).

2.3. Yeniden Şekillenme (Maturasyon) Evresi

Yeniden şekillenme veya maturasyon evresi yaklaşık 21. Günde başlar, aylar ve yıllar boyunca devam edebilir. Proliferasyon fazındaki oluşan granülasyon dokusu bu evrede skar doku ile yer değiştirir. Bu evre Tip III kollajen Tip I kollajene dönüşür. Kollajen fibrilleri arasındaki çapraz köprüler ise oluşan skar dokunun gerilim direncini artırır. Anjiyogenezis azaldığı için oluşan skar doku matur ancak avasküler bir yapıdır. İyilişemenin 1. Yılında dahi oluşan dokunun gerilim direnci yarananma öncesi halinin ancak %80'ine ulaşabilir. Yanık yarananmasının yeniden şekillenme evresinde ortaya çıkan hipertrofik skar oluşumu tüm rehabilitasyon ve tedavi sürecini şekillendiren/değiştiren en önemli olaydır. Yanık şiddeti, derinliği ve toplam yanık yüzey alanı (TYYA) hipertrofik skar doku oluşumunun en önemli belirleyicilerindendir. Ekleme içeren yanık yarananmasını takiben oluşan hipertrofik skar dokusu ilgili eklem hareket açıklığında limitasyonlara ve fiziksel fonksiyonlarda kayıplara neden olarak bireyin sağlıkla ilgili yaşam kalitesini olumsuz yönde etkiler (Abazari, vd. 2022; Burgess, vd. 2022; Oryan, Alemzadeh, & Moshiri, 2017, Rowan, vd. 2015).

3. HİPERTROFİK SKARDA DEĞERLENDİRME

Hipertrofik skar gelişimi bireyde fiziksel fonksiyon kayıplarının yanında estetik, psikolojik sağlık sorunlarına da yol açar. Hipertrofik skar konnektif dokuda kısalmaya yol açarak kontraktürlere, ağrıya ve kaşıntıya sebebiyet verir. Özellikle yüz bölgesi gibi görünen yerlerde oluşan hipertrofik skarlar bireyin sosyal hayatını, toplumsal katılımını ve yaşam kalitesini olumsuz yönde etkiler. Bu durum bireyin kendini toplumdan izole etmesine ve ileri düzeyde depresyona yol açabilir. Hipertrofik

skar değerlendirmesinde objektif ve subjektif yöntemler kullanılabilir. Klinikte en yaygın ve pratik olarak kullanılan yöntemler skar dokuyu değerlendiren anket/ölçeklerdir. Vancouver Skar Skalası hipertrofik skar değerlendirmek için klinikte yaygın olarak kullanılır. Bu skala vaskülarite, pigmentasyon, esneklik ve yükseklik olmak üzere hipertrofik skarın 4 temel bileşenini değerlendirir. Skalanın 0-13 puan aralığında bir skarlama sistemi vardır. Düşük puan normal bir dokuyu ifade ederken yüksek puanlar sert ve yüksek bir hipertrofik skarı ifade etmektedir. Bu skala klinisyen tarafından doldurulmaktadır. Modifiye Vancouver Skar Skalası, Seattle Ölçeği, Hamilton Ölçeği, Manchester Yara İzi Ölçeği gibi skar dokuyu değerlendiren farklı ölçekler de bulunmaktadır. 2004 yılında Hasta ve Gözlemci Skar Değerlendirme Ölçeği'nin geliştirilmesi bu alanda bir dönüm noktası olmuştur. Bu ölçek hem hasta hem de klinisyen bakış açısından hipertrofik skar dokuyu değerlendirmektedir. Hasta Skar Değerlendirme Ölçeği bölümünde ağrı, kaşıntı, cilt rengi, cilt sertliği, cilt yüksekliği, cildin düzensizliği ve skar dokusu hakkındaki genel düşüncüyü değerlendirir. Gözlemci Skar Değerlendirme Ölçeği vaskülarite, pigmentasyon, kabarıklık, kalınlık, esneklik, yüzey alanı ve genel düşünce parametrelerini değerlendirir. Ölçeklerin her bir maddesi “1” ile “10” arasında puanlanır. “1” normal cilt dokusunu, “10” ise en kötü skar görünümünü ifade eder. Klinikte hasta ve klinisyen görüşünü pratik olarak değerlendiren bir ölçek olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Finnerty vd. 2016; Di Serio, vd. 2025).

Subjektif ölçümlerin yanı sıra hipertrofik skarı değerlendiren objektif ölçüm yöntemleri de bulunmaktadır. Ustrasonografi bunlardan en yaygın kullanılanı ve en ulaşılabilir olanıdır. Ultrasonografi ile hipertrofik skarın kalınlığı, derinliği ve indirekt olarak hacmi değerlendirilebilir. Tonometri/cutometer gibi sistemlerle hipertrofik skarın sertliği ve elastikyeti

değerlendirilir. Spektrofotometre ile skar dokusundaki kızarıklık, pigmentasyon ve vaskülarizasyon derecesi de ölçülebilir (Finnerty vd. 2016; Di Serio, vd. 2025).

4. HİPERTROFİK SKAR REHABİLİTASYONU

Hipertrofik skarın önlenmesi ve tedavisi yanık rehabilitasyonunun en önemli konularıdır. Erken ve agresif tedavi seçenekleriyle bu süreç başarıyla yönetilebilir. Hipertrofik skar dokusunun, özellikle eklemi içeren bölgede gelişimi, eklem hareket açıklığında limitasyonlara ve kontraktürlere yol açabilir. Bireyin fiziksel fonksiyonları ve yaşam kalitesi doğrudan olumsuz etkilenir. Özellikle yüz ve el gibi görünür bölgelerde oluşan hipertrofik skarlar yalnızca fiziksel değil, estetik sorunları da beraberinde getirmektedir. Özellikle eklem bölgesi üzerinde yer alan hipertrofik skar tedavisinde egzersiz ve silikonlu bası giysisi kullanımı ana tedavi seçeneğini oluşturur. Bunun yanında, skar doku masajı ve elektroterapi modaliteleri hipertrofik skarın en önemli komplikasyonlarından olan ağrı ve kaşıntıyı yönetmek için uygulanabilir (Di Serio, vd. 2025; Markiewicz-Gospodarek, vd. 2022; Finnerty, vd. 2016)

4.1. Egzersiz

Hipertrofik skar doku oluşumunun erken dönemlerinde eklem hareket açıklığı egzersizleri mevcut eklem fonksiyonunu korumak ve eklemdaki limitasyonları önlemek için önemlidir. Yaralanmanın erken dönemlerinde aktif şekilde uygulanan eklem hareket açıklığı egzersizleri kronik döneme doğru ilerledikçe pasif eklem hareket açıklığı egzersizlerine doğru geçiş gösterir. Skar doku oluşumuna bağlı limitasyonlarda germe egzersizleri ve proprioseptik nöromusküler teknikler sıklıkla önerilir. Orta/ciddi düzeyde eklem kontraktürü olan bireylerde egzersizlerin kontraktür ortezleri ile birlikte kombinlenmesi önemlidir. Egzersizle açığa çıkan kazanımlar (doku boyunda uzama,

kollajen dizilimi vb.) ortez kullanımı ile korunur. Egzersizlerin süresi, şiddeti ve tekrar sayısı hastanın egzersize uyumu ve ağrı şiddeti ile yakından ilişkilidir. Bu yüzden egzersiz programı her hastanın klinik durumuna uygun olarak düzenlenmelidir. Egzersiz yaralanmayı takiben erken dönemden itibaren düzenli bir şekilde uygulandığında, ileride hipertrofik skar dokuya bağlı oluşabilecek komplikasyonları önlemede en etkili yöntemlerden biridir (Edger-Lacoursière, vd. 2025).

4.2. Bası Giysisi

Hipertrofik skarın basınçla tedavisi 1800'lerin başlarına ve hatta 16. Yüzyıla kadar uzansa da, basınç giysileri 1970'lerin başlarından itibaren profilaktik olarak veya hipertrofik skarda tedavi amaçlı kullanılmaya başlanmıştır. Bası/kompresyon giysileri kullanılarak uygulanan basınç tedavisi yanık yaralanmasını takiben oluşan hipertrofik skar tedavisinde kullanılan ilk ve önemli basamaktır. Dünya çapında yaygın olarak kullanılmaktadır ve kanıt düzeyi yüksektir. Mekanizması hâlâ tam olarak anlaşılamamıştır, ancak skar üzerine uygulanan basıncın bölgeye ulaşan kan akışını azalttığı, kollajen de dahil olmak üzere protein birikimini sınırladığı ve lizisi desteklediği düşünülmektedir. Bası giysilerinin kullanımı genellikle epitelizasyonun gerçekleşmesinin ardından uygulanır. İyileşme süreci 14-21 günü aşan yaralarda da kullanımı tercih edilir. Tedavi süresi, hipertrofik skarın lokalizasyonuna, şiddetine ve hastanın giysiye uyum sağlamasına göre 3-24 ay arasında değişkenlik gösterebilir. Hipertrofik skarın önlenmesi ve yönetimi için bası giysilerinin hangi basınç aralığında daha güvenli ve etkili olduğuna dair henüz bir fikir birliği yoktur. Bazı çalışmalar basınç düzeyi ne kadar yüksekse (20-25 mmHg) tedavi başarısının da o kadar yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Çoğu araştırma, kılcal damar basıncının periferik kan dolaşımını azaltacak olandan daha düşük olan 20-30 mmHg arasındaki basıncın kullanılmasını önermektedir. Bununla birlikte, 30-40

mmHg'yi aşan yüksek basınçların ciddi rahatsızlığa neden olduğuna ve potansiyel olarak zararlı olduğuna dair kanıtlar vardır. Uygulamadan kısa bir süre sonra, yüksek basınç (40 mmHg'nin üzerinde) maserasyona ve paresteziye neden olabilir.

Bası giysilerin etkili bir şekilde kullanılabilmesi ve hasta uyumunun yüksek olması için kişiye özel ölçü alınarak dikilmesi gerekir. Bası giysilerinin iç kısımları silikonlu olarak dikilir. İç kısmında bulunan silikon sayesinde basınç skar doku üzerine eşit bir şekilde yayılır ve cilt yüzeyi nemli kalır. Silikonlu bası giysilerinin günlük 23 saat boyunca kullanılması önerilir (Edger-Lacoursière, vd. 2025; Ai, vd. 2017).

4.3. Skar Doku Masajı

Hipertrofik skar doku masajı rehabilitasyonun bir parçası olarak önerilmektedir. Bu masajın uygulama teknikleri anatomik lokalizasyona göre değişkenlik göstermektedir. Losyon, krem veya bazı yağlarla uygulanan skar doku masajının kaşıntıyı ve ağrıyı azalttığını gösteren araştırmalar mevcuttur. Hipertrofik skar doku masajı ile skarın esnekliğinde ve eklem hareket açıklığında artış, ciltteki hipersensitivitede ve kaşıntıda azalma olduğu bildirilmiştir. Skar doku masajına en erken epitelizeasyon oluşumuyla birlikte, yani yaklaşık yaralanmadan 21 gün sonra başlanması önerilir. Masaja 2 yıla kadar devam edilebilir. Hipertrofik skar doku masajı gün içerisinde 2-3 kez tekrarlanabilir. Silikonlu bası giysisinin kullanımı ve egzersize ek bir yöntem olarak uygulanması önerilir (Ault, Plaza A, & Paratz, 2018; Edger-Lacoursière, vd. 2025)

4.4. Ortezler

Yanık yaralanmasını takiben pozisyonlama ve ortez kullanımı, hipertrofik skara bağlı oluşabilecek eklem kontraktürlerini önlemek için uygulanan koruyucu bir rehabilitasyon yaklaşımıdır. Yanık yaralanmasını takiben en erken dönemde başlaması, hem ödem kontrolünü sağlamak hem

de doku kontraksiyonunu önlemek açısından önemlidir. Hipertrofik skar lokalizasyonu açısından, ortez kullanımı gerektiren en yaygın bölgeler el-el bileği, dirsek, boyun, aksilla, diz ve ayak bileği bölgeleridir. Bunun nedeni, bu eklemlerde özellikle dirsek ve dizde kontraktür ve heterotopik ossifikasyon gelişme olasılığının daha yüksek olmasıdır. Ortezin tipi hastanın ihtiyacına göre belirlenir. Tedavinin ilk aşamalarında statik ortezler tercih edilirken, hipertrofik skara bağlı kontraktür oluşumunun etkili olduğu döneme gelindiğinde dinamik veya eklemli (kontraktür) ortezlerine geçiş yapılabilir. Ortezler, silikonlu bası giysileriyle birlikte kullanılacak şekilde tasarlanabilir. Ortezin kullanım süresi skar yeri, derinliği, skarın esnekliği, eklem fonksiyonunun türü, hastanın fiziksel ve psikolojik toleransı ve etkilenen bölgeyi aktif olarak hareket ettirebilme yeteneği gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Hastanın egzersize uyumu da ortez kullanım süresini belirlemede önemlidir (Di Serio, vd. 2025;Edger-Lacoursière, vd. 2025).

4.5. Elektroterapi Modaliteleri

Hipertrofik skar dokuyu ve skar dokuya bağlı oluşan ağrı, kaşıntı gibi semptomları tedavi etmek için farklı elektroterapi modaliteleri tedaviye ek olarak kullanılabilir. Hipertrofik skar dokuya bağlı gelişen ağrı ve kaşıntıda transkutanöz elektriksel sinir stimülasyonu (TENS) kullanımı sıklıkla önerilir. Hipertrofik skar doku tedavisinde ultrason, ritim matrix terapisi ve lazer gibi modalitelerin kullanımı rutin tedavilere ek olarak önerilmektedir (Di Serio, vd. 2025).

Lazer tedavisi, hipertrofik skar doku görünümünü tedavi etmek ve skar dokuya bağlı olarak ortaya çıkan ağrı ve kaşıntı gibi semptomları kontrol altına almak için uygulanabilen non-invaziv bir tedavi seçeneğidir. CO₂, erbium ve YAG lazer gibi fraksiyonel ablatif lazerler skar dokusundaki kollajen yapılanmasını uyarak, skar dokusundaki sertlik yüksekliğini

azaltır. Pulsed dye gibi vasküler lazerler ise skar dokusundaki damar yapılarını hedefleyerek eritemi azaltır. Bu alanda yapılan araştırmalar, lazer tedavilerinin hipertrofik skar doku esnekliğini, pigmentasyon tonunu ve skar dokuya bağlı ortaya çıkan kaşıntı, eritem gibi semptomları iyileştirdiğini göstermektedir. Standart tedavilere ek olarak uygulanması önerilir (Di Serio, vd. 2025; Hinson, Green,& Sheckter, 2025).

KAYNAKÇA

- Abazari, M., Ghaffari, A., Rashidzadeh, H., Badeleh, S. M., & Maleki, Y. (2022). A systematic review on classification, identification, and healing process of burn wound healing. *The international journal of lower extremity wounds*, 21(1), 18-30.
- Ai, J. W., Liu, J. T., Pei, S. D., Liu, Y., Li, D. S., Lin, H. M., & Pei, B. (2017). The effectiveness of pressure therapy (15–25 mmHg) for hypertrophic burn scars: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 7(1), 40185.
- Ault, P., Plaza, A., & Paratz, J. (2018). Scar massage for hypertrophic burns scarring-A systematic review. *Burns*, 44(1), 24-38.
- Bharadia, S. K., Burnett, L., & Gabriel, V. (2023). Hypertrophic scar. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*, 34(4), 783-798.
- Burgess, M., Valdera, F., Varon, D., Kankuri, E., & Nuutila, K. (2022). The immune and regenerative response to burn injury. *Cells*, 11(19), 3073.
- Di Serio, S., Congiu, M., Minnucci, S., Scalise, V., & Mourad, F. (2025). Current physical therapy for skin scar management: a scoping review. *Journal of clinical medicine*, 14(17), 5920.
- Edger-Lacoursière, Z., Zhu, M., Jean, S., Marois-Pagé, E., & Nedelec, B. (2025). Evidence supporting conservative scar management interventions following burn injury: a review article. *Journal of Burn Care & Research*, 46(3), 504-514.
- Finnerty, C. C., Jeschke, M. G., Branski, L. K., Barret, J. P., Dziewulski, P., & Herndon, D. N. (2016). Hypertrophic

scarring: the greatest unmet challenge after burn injury. *The Lancet*, 388(10052), 1427-1436.

Hinson, C., Green, A., & Sheckter, C. (2025). Access to laser therapy for treatment of hypertrophic scars after burn injury. *Burns*, 107714.

Markiewicz-Gospodarek, A., Koziół, M., Tobiasz, M., Baj, J., Radzikowska-Büchner, E., & Przekora, A. (2022). Burn wound healing: clinical complications, medical care, treatment, and dressing types: the current state of knowledge for clinical practice. *International journal of environmental research and public health*, 19(3), 1338.

Oryan, A., Alemzadeh, E., & Moshiri, A. (2017). Burn wound healing: present concepts, treatment strategies and future directions. *Journal of wound care*, 26(1), 5-19.

Rowan, M. P., Cancio, L. C., Elster, E. A., Burmeister, D. M., Rose, L. F., Natesan, S., ... & Chung, K. K. (2015). Burn wound healing and treatment: review and advancements. *Critical care*, 19(1), 243.

MULTİPL SKLEROZ REHABİLİTASYONUNDA PROPRİYOSEPTİF NÖROMUSKÜLER FASİLİTASYON: GÜNCEL KANITLAR VE KLİNİK UYGULAMALAR

Mustafa Deniz ÇOLAK¹

Hayriye KUL KARAALİ²

1. GİRİŞ

Multipl skleroz (MS), merkezi sinir sisteminde inflamasyon, demiyelinizasyon, gliosis ve nöroaksonal hasarın değişen oranlarda bir arada bulunduğu kronik, immün aracılı bir hastalıktır. Klinik görünüm; lezyonların yerleşimi, hastalık fenotipi ve inflamatuvar-nörodejeneratif süreçlerin göreceli ağırlığına bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik gösterebilir. Bu heterojenlik, rehabilitasyonun yalnızca kas kuvveti veya yürüme gibi tek bir alana değil; motor, duysal, bilişsel ve hasta merkezli fonksiyonel hedeflere göre bireyselleştirilmesini gerektirir (Filippi et al., 2018; Reich, Lucchinetti, & Calabresi, 2018).

Propriyoseptif nöromusküler fasilitasyon (PNF), çok düzlemlili hareket paternleri, manuel direnç, duysal girdiler ve tekrarlı motor uygulamayı bir arada kullanan bir rehabilitasyon yaklaşımıdır. MS’de PNF, hastalığın seyrini değiştiren bağımsız bir tedavi olarak değil, bireysel fonksiyonel hedeflere yönelik kapsamlı rehabilitasyon programının bir bileşeni olarak

¹ Fzt., Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, ORCID: 0009-0001-5719-5190.

² Doç. Dr., Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, ORCID: 0000-0003-1535-3012.

değerlendirilmelidir. Son yıllarda yayımlanan randomize kontrollü çalışmalar; kuvvet, denge, yürüme, yorgunluk, solunum-yutma işlevleri ve yaşam kalitesi gibi farklı sonuçlarda potansiyel yararlar bildirmiştir. Bununla birlikte örneklem büyüklüklerinin küçük, müdahale protokollerinin heterojen ve takip sürelerinin kısa olması, sonuçların genellenmesini sınırlandırmaktadır (Hindle, Whitcomb, Briggs, & Hong, 2012; Katırcı Kırmacı et al., 2025; Kesebir et al., 2024; Ögüt, Polat, Ekmekyapar Fırat, & Ergun, 2026; Yücekaya et al., 2025).

2. MULTİPL SKLEROZUN REHABİLİTASYONLA İLİŞKİLİ ÖZELLİKLERİ

2.1. Multipl Sklerozun Tanımı ve Patofizyolojisi

MS'nin temel patolojik özellikleri inflamasyon, demiyelinizasyon, reaktif gliosis ve nöroaksonal hasardır. Bu süreçler hastalığın farklı dönemlerinde farklı ağırlıklarda bulunur ve birbirleriyle etkileşim hâlinindedir. MS yalnızca beyaz cevherin demiyelinizan bir hastalığı değildir; kortikal ve derin gri cevher, aksonlar, oligodendrositler ve geniş sinir ağı bağlantıları da etkilenebilir (Filippi et al., 2018; Reich et al., 2018).

Özellikle relapslarla seyreden dönemde periferik immün hücrelerin kan-beyin bariyerini aşarak merkezi sinir sistemine geçişi ve akut inflamatuvar lezyon oluşumu daha belirgindir. T hücreleri, B hücreleri ve miyeloid hücreler inflamatuvar yanıtın oluşması ve sürdürülmesinde rol oynar; B hücrelerinin etkileri antikor üretimiyle sınırlı değildir ve antikor bağımsız immünolojik işlevleri de içerir (Duddy et al., 2007; Kasper & Shoemaker, 2010). Demiyelinizasyon, aksiyon potansiyeli iletimini bozarken aksonların metabolik kırılganlığını artırabilir; nöroaksonal hasar hastalığın erken dönemlerinden itibaren

başlayabilir ve zaman içinde kalıcı engelliliğe katkıda bulunabilir (Filippi et al., 2018; Reich et al., 2018).

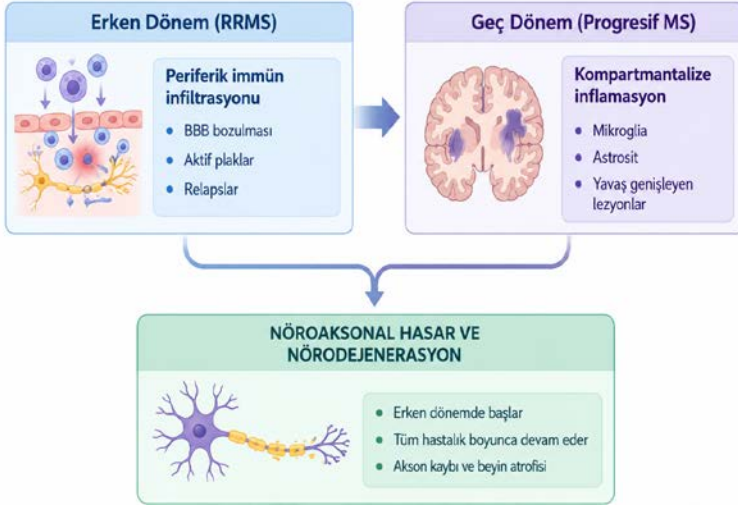
Progresif dönemde yeni kontrastlanan akut lezyonların göreceli sıklığı azalabilirken merkezi sinir sistemi içinde kompartmantalize kronik inflamasyon, mikrogliyal aktivasyon ve kronik aktif/yavaş genişleyen lezyonlar daha belirgin hâle gelebilir. Mikroglia ve astrositler yalnızca inflamasyonun pasif eşlikçileri değildir; kronik lezyon çevresinin sürdürülmesi, doku homeostazı ve nöroaksonal hasarın gelişimi ile ilişkilidir (Vainchtein & Molofsky, 2020; Zrzavy et al., 2017). Bu nedenle inflamasyon ve nörodejenerasyon birbirini izleyen keskin iki evre olarak değil, hastalık boyunca değişen oranlarda örtüşen süreçler olarak değerlendirilmelidir.

Rehabilitasyon açısından önemli olan, bu patolojik süreçlerin klinik düzeyde kas güçsüzlüğü, spastisite, duyu ve propriyosepsiyon bozuklukları, ataksi, postüral kontrol kaybı, yürüme bozukluğu, yorgunluk ve bilişsel etkilenme gibi çok boyutlu sorunlara dönüşebilmesidir. Bu nedenle rehabilitasyon programı, duyuşal girdinin işlevsel kullanımını, gövde ve ekstremiteler kontrolünü, dengeyi, yürüme kapasitesini ve görev odaklı performansı birlikte ele almalıdır (Cifu & Eapen, 2021; Jankovic, Mazziotta, Pomeroy, Newman, & Bradley, 2022).

Remiyelinizasyon kapasitesi ve sinir ağlarının işlevsel yeniden organizasyonu bireyler arasında değişebildiğinden, benzer lezyon yüküne sahip kişilerde klinik performans aynı olmayabilir. Bu durum rehabilitasyon planlamasında yalnız görüntüleme bulgularına değil, doğrudan aktivite ve katılım düzeyine odaklanmayı gerektirir. Klinik değerlendirmede kas kuvveti veya tonus gibi tekil bozuklukların yanında, bu bozuklukların transfer, denge, yürüme ve günlük yaşam görevlerine nasıl yansıdığı belirlenmelidir. Böyle bir yaklaşım, hastalık patolojisi ile gözlenen fonksiyonel sonuçlar arasındaki

ilişkiyi daha gerçekçi biçimde kurar (Filippi et al., 2018; Reich et al., 2018).

Özellikle progresif hastalıkta nöroaksonal kayıp ve kronik inflamasyonun birikmesi, rehabilitasyon hedeflerinin yalnızca performans artışı üzerinden tanımlanmasını yetersiz kılabilir. Bazı bireylerde amaç mevcut kapasiteyi artırmak iken, bazı bireylerde enerji maliyetini azaltmak, güvenli mobilitayı sürdürmek veya yardımcı cihazla bağımsızlığı korumak daha gerçekçi olabilir. Bu nedenle tedavi hedeflerinin hastalık evresi, engellilik düzeyi ve bireyin öncelikleriyle birlikte belirlenmesi önem taşır (Cifu & Eapen, 2021).



Şekil 1. Multipl sklerozda inflamatuvar ve nörodejeneratif süreçlerin hastalık seyri boyunca değişen ağırlığı.

Not: Şekil, yazarlar tarafından Filippi et al. (2018), Reich et al. (2018), Vainchtein ve Molofsky (2020) ve Zrzavy et al. (2017) temel alınarak hazırlanmıştır.

2.2. Klinik ve Fonksiyonel Özellikler

MS'nin klinik görünümü heterojendir ve aynı bireyde zaman içinde değişebilir. Duyusal, motor, görsel, serebellar, bilişsel, otonomik ve psikolojik bulgular farklı kombinasyonlarda

görülebılır. Rehabilitasyon açısından özellikle kas kuvveti ve tonusu, propriyosepsiyon, koordinasyon, postüral kontrol, denge, yürüme, yorgunluk ve bilişsel kapasitenin birlikte değerlendirilmesi önem taşır (Cifu & Eapen, 2021; Jankovic et al., 2022; Ropper, Samuels, Klein, & Prasad, 2023).

Tablo 1. Multipl sklerozun başlıca klinik özellikleri ve rehabilitasyon açısından önemi

Klinik özellik	Başlıca bulgular	Rehabilitasyon açısından önemi
Duyusal	Parestezi, hipoestezi, vibrasyon ve pozisyon duyusunda azalma	Duyu girdisinin kullanımı, denge ve güvenli mobilitayı etkileyebilir.
Motor	Kas güçsüzlüğü, spastisite, üst motor nöron bulguları	Kuvvet, hareket kontrolü, transfer ve yürüme eğitimini etkiler.
Görsel	Optik nörit, diplopi ve diğer okülomotor bulgular	Görsel geri bildirim ve güvenli mobilité açısından önemlidir.
Serebellar	Ataksi, dismetri, tremor ve koordinasyon bozukluğu	Koordinasyon, denge ve görev odaklı hareket eğitimini etkiler.
Yürüme/mobilité	Hız ve adım uzunluğunda azalma, ayak düşmesi, denge kaybı	Yürüme analizi, yardımcı cihaz ve görev odaklı eğitimin planlanmasını gerektirebilir.
Yorgunluk/ısı	Fiziksel-bilişsel yorgunluk; sıcaklıkla belirtilerde geçici kötüleşme	Egzersiz dozu, dinlenme aralıkları ve çevresel koşulların düzenlenmesini gerektirir.
Bilişsel	Bilgi işleme hızı, dikkat, bellek ve yürütücü işlevlerde etkilenme	Motor öğrenme, yönerge ve çift görev stratejileri buna göre uyarlanır.
Otonomik	Mesane-barsak sorunları, ortostatik yakınmalar, sıcaklık intoleransı	Egzersiz toleransı ve günlük yaşam planlamasında dikkate alınır.
Konuşma/yutma	Disartri ve disfaji	Gerektiğinde multidisipliner değerlendirme ve yönlendirme gerekir.
Psikolojik	Depresyon, anksiyete ve emosyonel değişiklikler	Katılım, yaşam kalitesi ve hedef belirleme açısından önemlidir.

Duyusal kayıplar, özellikle vibrasyon ve pozisyon duyusundaki bozulma, hareket sırasında görsel geri bildirimle bağımlılığı artırabilir ve postüral kontrolü olumsuz etkileyebilir. Kas güçsüzlüğü, spastisite ve serebellar etkilenim ise transfer, merdiven kullanımı ve yürüme gibi görevleri sınırlayabilir. Bu nedenle kas kuvveti ve tonusu kadar propriyoseptif duyu, koordinasyon ve gövde kontrolü de değerlendirilmelidir (Cifu & Eapen, 2021; Ropper et al., 2023).

Yorgunluk, MS'de sık görülen ve aktivite katılımını belirgin biçimde etkileyebilen çok boyutlu bir semptomdur. Vücut sıcaklığındaki artışla önceden var olan nörolojik belirtilerin geçici kötüleşmesi ise Uhthoff fenomeni olarak tanımlanır ve yorgunluğun bir alt tipi değildir. Egzersiz yoğunluğu, dinlenme aralıkları ve ortam sıcaklığı bu nedenle bireysel toleransa göre düzenlenmelidir. Bilişsel etkilenim de bilgi işleme hızı, dikkat ve yürütücü işlevler üzerinden motor öğrenmeyi ve rehabilitasyon sırasındaki görev performansını etkileyebilir (Cifu & Eapen, 2021; Kalb et al., 2018).

Fonksiyonel değerlendirme, klinik bulguların günlük yaşam içindeki karşılığını ortaya koymalıdır. Yürüme hızı ve dayanıklılığı, transferler, yön değiştirme, merdiven kullanımı, statik-dinamik denge, yorgunluk ve gerçek yaşam hareket kapasitesi birlikte ele alındığında PNF gibi çok bileşenli yaklaşımların hedefleri daha doğru belirlenebilir.

Kas güçsüzlüğü ve spastisite aynı hastada birlikte bulunabilir; ancak fonksiyonel etkileri her zaman aynı yönde değildir. Örneğin belirgin güçsüzlüğü olan bir bireyde tonus artışı bazı görevlerde destek sağlayabilirken, başka bir bireyde selektif hareketi ve yürüme ekonomisini bozabilir. Bu nedenle spastisitenin yalnızca varlığı değil, belirli bir fonksiyonu kolaylaştırıp kolaylaştırmadığı veya sınırlandırıp sınırlandırmadığı değerlendirilmelidir. Benzer biçimde,

propriyoseptif kayıp ve serebellar etkilenim birlikte olduğunda görsel kompensasyona duyulan gereksinim artabilir ve karanlık ya da karmaşık çevre koşullarında denge daha belirgin bozulabilir (Jankovic et al., 2022; Ropper et al., 2023).

Yürüme performansı tek bir motor bulgunun sonucu değildir. Alt ekstremité kuvveti, ayak bileği kontrolü, duyuşsal geri bildirim, denge, yorgunluk ve bilişsel yük aynı anda yürümeyi etkileyebilir. Bu nedenle zamanlı kısa mesafe testleri, yürüme dayanıklılığı, yön değiştirme, transferler ve çift görev performansı gibi farklı bileşenlerin birlikte değerlendirilmesi klinik karar vermeyi güçlendirir. Gün içindeki performans dalgalanmaları ve sıcaklık duyarlılığı da değerlendirme zamanının ve egzersiz dozunun yorumlanmasında dikkate alınmalıdır (Cifu & Eapen, 2021; Kalb et al., 2018).

Bilişsel etkilenim rehabilitasyonun uygulanma biçimini de değiştirebilir. Bilgi işleme hızında yavaşlama veya dikkat güçlüğü bulunan bireylerde uzun ve çok basamaklı komutlar yerine kısa yönergeler, görsel gösterim ve tekrarlı pratik daha uygun olabilir. Öğrenilen hareketin farklı ortamlara aktarılması için görev zorluğu kademeli biçimde artırılmalı; çift görev uygulamaları ise kişinin güvenliği ve mevcut bilişsel kapasitesi dikkate alınarak planlanmalıdır (Kalb et al., 2018).

3. PNF YAKLAŞIMI

PNF, manuel temas, uygun direnç, görsel ve sözel uyaranlar ile spiral-diyagonal hareket paternlerini birlikte kullanan bir sensorimotor rehabilitasyon yaklaşımıdır. Klinik uygulamada amaç yalnızca izole kas kuvvetini artırmak değil; hareketin başlatılması, zamanlaması, koordinasyonu, stabilitesi ve fonksiyonel göreve aktarımını desteklemektir. PNF'nin klasik açıklamalarında propriyoseptif girdiler ve fasilasyon kavramları öne çıkmakla birlikte, klinik etkilerin tek bir nörofizyolojik

mekanizmaya indirgenmesi uygun değildir (Hindle et al., 2012; Higgins & Greer, 2025).

PNF’de kullanılan patern ve teknikler tek başına bir tedavi reçetesi oluşturmaz. Manuel temasın yönü, verilen direncin miktarı, sözel komutun zamanlaması, görsel geri bildirim ve hastanın başlangıç pozisyonu aynı hareketin niteliğini değiştirebilir. Bu nedenle uygulama, standart bir teknik listesinin sırayla uygulanmasından çok, belirlenen fonksiyonel hedefe göre seçilen bileşenlerin birlikte kullanılması şeklinde düşünülmelidir. Literatürde eski ve yeni teknik adlarının bir arada bulunması terminolojik karışıklığa yol açabildiğinden, klinik metinlerde kullanılan adlandırmanın dayandığı PNF kaynağının açık olması önemlidir (Higgins & Greer, 2025; Hindle et al., 2012).

Bu bölümde PNF tekniklerinin ayrıntılı uygulama basamakları verilmemiş, yalnızca temel teknikler ve klinik amaçları özetlenmiştir. Teknik seçimi, bireyin değerlendirme bulguları ve fonksiyonel hedefleri doğrultusunda yapılmalıdır.

Tablo 2. PNF teknikleri ve temel kullanım amaçları (Hindle et al., 2012; Higgins & Greer, 2025).

PNF tekniği	Temel kullanım amacı
Ritmik başlatma (rhythmic initiation)	Hareketi pasif, aktif yardımcı, aktif ve uygun dirençli aşamalarla öğretmek ve organize etmek.
Hareket boyunca tekrarlayan germe (repeated stretch through range)	Zayıf hareket aralığında kas aktivasyonunu ve hareketin sürdürülmesini kolaylaştırmayı amaçlamak.
Başlangıçta tekrarlayan germe (repeated stretch from beginning of range)	Hareketin başlatılmasını kolaylaştırmak amacıyla başlangıç pozisyonunda germe uyarısından yararlanmak.
Dinamik geri dönüşler (dynamic reversals)	Karşıt hareket yönleri arasında gevşeme olmadan aktif dirençli geçişlerle koordinasyonu çalışmak.
Ritmik stabilizasyon (rhythmic stabilization)	Agonist-antagonist aktivasyonu ve pozisyonun korunmasını desteklemek.
Stabilize zıt dönüşler (stabilizing reversals)	Farklı yönlerden uygulanan dirençlere karşı pozisyonu koruma ve stabilizeyi geliştirmeyi amaçlamak.
Kombine izotonikler (combination of isotonic)	Aynı kas grubunda konsantrik, izometrik ve eksantrik kontrolü ardışık olarak çalışmak.
Kas-gevşe / Tut-gevşe (contract-relax / hold-relax)	Uygun hastalarda hareket açıklığını artırmaya yönelik germe stratejileri uygulamak.
Replikasyon (replication)	Hedef pozisyonun algılanması, yeniden üretilmesi ve motor öğrenmeyi desteklemek.

4. MULTİPL SKLEROZ REHABİLİTASYONUNDA PNF UYGULAMALARI

4.1. Olası Etki Mekanizmaları

PNF'nin MS rehabilitasyonundaki olası katkısı; duyuşal girdinin hareket sırasında kullanılması, çok düzlemli ve dirençli hareket pratiği, görsel-sözel geri bildirim ve tekrarlı motor öğrenmenin aynı görev içinde birleştirlmesi üzerinden açıklanabilir. Bununla birlikte bu unsurların klinik sonuçların tek ve doğrudan nedeni olduğu gösterilmiş değildir. PNF'ye öğü etkinin, genel egzersiz etkisi ve terapist gözetimi gibi bileşenlerden ayrıştırılması güçtür (Hindle et al., 2012).

4.2. Kas Kuvveti ve Motor Fonksiyon

MS'de kas güçsüzlüğü ve hareketin organizasyonundaki bozulmalar transfer, merdiven kullanımı ve yürüme gibi işlevleri sınırlandırabilir. PNF, dirençli çok düzlemli hareket paternleri içinde kas kuvveti ve fonksiyonel performansın çalışılmasına olanak sağlasa da MS'ye öğü veriler bütün kas gruplarında veya bütün motor sonuçlarda aynı düzeyde etki göstermemektedir. Katırcı Kırmacı et al. (2025), EDSS skoru 4 ve altında olan 31 RRMS'li bireyde pelvik PNF'yi alt ekstremite kuvvetlendirme eğitimle karşılaştırmıştır. Altı haftalık uygulama sonunda PNF grubunda kalça fleksör, ekstansör ve adduktör kas kuvvetlerinde grup içi artış görölmüş; gruplar arası karşılaştırmada ise yalnız kalça ekstansör ve adduktör kuvvetindeki gelişme PNF lehine bulunmuştur.

Yücekaya et al. (2025) çalışmasında ise PNF, gözetimli aerobik egzersizle birlikte uygulanmış; Fonksiyonel Uzanma Testi, Timed Up and Go, 6 Dakika Yürüme Testi ve DextQ-24 gibi motor-fonksiyonel sonuçlarda PNF grubunda grup içi gelişmeler bildirilmiştir. Bununla birlikte kontrol grubunda da Timed Up and Go ve 6 Dakika Yürüme Testi dâhil bazı

sonuçlarda iyileşme görülmüş; gruplar arası karşılaştırmada motor fonksiyon testlerinin tümünde PNF üstünlüğü gösterilememiştir. Bu nedenle çalışma, kombine PNF-aerobik programın fonksiyonel yararını desteklemekle birlikte PNF'nin tek başına motor performans üzerindeki özgül etkisini ayırmaya izin vermemektedir.

4.3. Denge ve Postüral Kontrol

Denge ve postüral kontrol açısından çalışmaların sonuçları olumlu ancak birbiriyle tamamen uyumlu değildir. Katırcı Kırmacı et al. (2025) çalışmasında Figure-of-8 Walk Test süresi müdahale sonrasında PNF grubunda kontrol grubuna göre daha kısa bulunmuş, ancak testin grup içi değişimi her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı olmamıştır. Yücekaya et al. (2025) çalışmasında Fonksiyonel Uzanma Testi PNF grubunda grup içinde iyileşmiş, fakat müdahale sonrası gruplar arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Bu bulgular, dengeyle ilişkili performansta olası yararı düşündürmekle birlikte PNF'ye özgü ve tutarlı bir üstünlük kanıtı oluşturmamaktadır.

Öğüt et al. (2026) çalışmasında Tandem Stance Test ve Four-Square Step Test için ham değişim skorları PNF lehine daha büyük bulunmuştur. Ancak başlangıç değerleri için yapılan ANCOVA ile yaş, beden kitle indeksi ve EDSS'nin de eklendiği duyarlılık analizlerinde hiçbir denge sonucunda gruplar arası anlamlı fark kalmamıştır. Bu nedenle PNF'nin denge üzerindeki olası etkisi değerlendirilirken yalnız ham değişim skorlarına değil, başlangıç farklılıklarını dikkate alan düzeltilmiş analizlere de öncelik verilmelidir. Mevcut çalışmalar düşme insidansını doğrudan değerlendirmedikten, test puanlarındaki değişikliklerden düşme riskinin azaldığı sonucu çıkarılmamalıdır.

4.4. Yürüme ve Fonksiyonel Mobilite

Yürüme ve fonksiyonel mobilite sonuçlarında da grup içi gelişme ile karşılaştırma tedavisine üstünlük birbirinden

ayrılmalıdır. Yücekaya et al. (2025) çalışmasında Timed Up and Go ve 6 Dakika Yürüme Testi hem PNF-aerobik grubunda hem de ev egzersizi uygulayan kontrol grubunda iyileşmiş; müdahale sonrası gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Katırcı Kırmacı et al. (2025) çalışmasında 12-Item MS Walking Scale her iki grupta da iyileşmiş, ancak gruplar arası fark saptanmamıştır. Buna karşılık Figure-of-8 Walk Test'in müdahale sonrası değeri PNF grubunda daha iyi bulunmuştur.

Öğüt et al. (2026) çalışmasında Timed 25-Foot Walk değişim skoru ilk analizde PNF lehine daha büyük görünmüş; buna karşın başlangıç performansı için yapılan ANCOVA ve yaş, beden kitle indeksi ile EDSS'nin de dikkate alındığı duyarlılık analizlerinde PNF'nin dirençli egzersize anlamlı üstünlüğü gösterilememiştir. Dolayısıyla mevcut veriler, PNF temelli programların yürüme ve mobilitayı geliştirebileceğini düşündürse de bu etkinin diğer aktif egzersiz yaklaşımlarından üstün ve tutarlı olduğu sonucunu desteklememektedir. Ayrıca 6 Dakika Yürüme Testi, Timed 25-Foot Walk, Timed Up and Go ve MSWS-12 farklı yapıları ölçtüğünden bu sonuçların tek bir “yürüme iyileşmesi” göstergesi gibi yorumlanması uygun değildir.

4.5. Yorgunluk, Solunum-Yutma Fonksiyonları ve Yaşam Kalitesi

Yorgunluk ve yaşam kalitesi sonuçları dikkatli yorumlanmalıdır. Yücekaya et al. (2025) çalışmasında PNF-aerobik grubunda Fatigue Impact Scale toplam puanı ve bazı alt boyutlar grup içinde iyileşirken, kontrol grubunda Fatigue Severity Scale ve psikososyal yorgunluk boyutunda gelişme görülmüştür; gruplar arası karşılaştırmada ise yorgunluk ölçeklerinde anlamlı fark saptanmamıştır. MSQoL-54'ün fiziksel ve mental bileşik puanları her iki grupta da grup içinde iyileşmiş, PNF lehine gruplar arası fark yalnız duygusal iyilik hâli, enerji ve sağlık algısı gibi bazı alt alanlarda görülmüştür. PNF'nin aerobik

egzersizle birlikte uygulanmış olması, bu değişikliklerin PNF'ye özgü bölümünü ayırmayı güçleştirmektedir.

Öğüt et al. (2026) çalışmasında Fatigue Severity Scale her iki grupta da grup içinde iyileşmiş, ham değişim skorları arasında fark bulunmamış ve düzeltilmiş analizler de PNF'nin dirençli egzersize üstünlüğünü desteklememiştir. Solunum ve yutma sonuçlarını inceleyen Kesebir et al. (2024) çalışmasında ise PNF grubunda çeşitli solunum parametreleri, yutma ölçekleri, yorgunluk ve yaşam kalitesi grup içinde iyileşmiştir. Ancak başlangıçta EDSS, DYMUS, MusiQoL ve 2 Dakika Yürüme Testi açısından gruplar arasında fark bulunması nedeniyle gruplar arası değişimler başlangıç değerleri kovaryat alınarak analiz edilmiştir. Düzeltilmiş karşılaştırmada tahmini FEV1 yüzdesi ve MusiQoL PNF lehine, maksimum inspiratuvar basınç ise kontrol grubu lehine bulunmuş; yutma ölçütleri ve yorgunluk için gruplar arası üstünlük gösterilememiştir. Bu seçici sonuçlar, PNF'nin solunum-yutma alanındaki potansiyel yararını desteklemekle birlikte genel ve bağımsız bir üstünlük sonucuna izin vermemektedir.

Tablo 3. Multipl sklerozda PNF uygulamalarını inceleyen güncel randomize kontrollü çalışmaların özeti.

Çalışma	Örneklem / tasarım	Müdahale / kontrol	Başlıca sonuçlar	Temel yorum
Kesebir et al., 2024	n=34, RKT; EDSS 1-4	8 hf, 3 gün/hafta; PNF / ev solunum egzersizi	FEV1%pred ve MusiQoL PNF lehine; MIP kontrol lehine; yutma ve FSS için gruplar arası fark yok	Başlangıçta bazı klinik/sonuç değişkenleri farklı; ANCOVA ile düzeltme; uzun takip yok
Yücekaya et al., 2025	n=44, tek kör RKT; RRMS, EDSS <4	8 hf, 3 gün/hafta; PNF+aerobik / ev egzersizi	TUG, 6DYT, FRT ve bazı diğer ölçütlerde grup içi gelişme; motor ve yorgunluk sonuçlarında genel gruplar arası üstünlük yok	PNF'nin aerobik egzersizle kombine edilmesi özgül etkiyi ayırmayı güçleştirir
Katırcı Kırmacı et al., 2025	n=31, RKT; RRMS, EDSS ≤4	6 hf, 3 gün/hafta; pelvik PNF / alt ekstremitte kuvvetlendirme	Kalça ekstansör ve adduktör kuvveti ile müdahale sonrası Figure-of-8 sonucu PNF lehine; MSWS-12'de gruplar arası fark yok	Küçük örneklem; uzun dönem ve objektif gait analizi yok
Öğüt et al., 2026	n=26, tek kör RKT; RRMS, EDSS ≤5,5	6 hf, 3 gün/hafta; alt ekstremitte PNF / dirençli egzersiz	Ham değişim skorlarında TST, FSST ve T25-FW PNF lehine; FSS'de fark yok	Başlangıç ve kovaryatlar için düzeltilmiş analizlerde hiçbir sonuçta anlamlı üstünlük yok

5. KLİNİK UYGULAMA, HASTA SEÇİMİ VE GÜVENLİK

PNF uygulaması, hastanın klinik ve fonksiyonel değerlendirmesine göre bireyselleştirilmelidir. Müdahale öncesinde kas kuvveti, spastisite, eklem hareket açıklığı, duyuusal durum, propriyosepsiyon, gövde kontrolü, denge, yürüme kapasitesi, yorgunluk ve bilişsel işlevler birlikte

değerlendirilmelidir. Hedefler günlük yaşam aktiviteleri ve bireyin öncelikleriyle ilişkilendirilmeli; PNF, gerektiğinde aerobik egzersiz, kuvvetlendirme, denge ve yürüme eğitimi gibi diğer yaklaşımlarla birlikte kullanılmalıdır (Cifu & Eapen, 2021).

Egzersiz sırasında aşırı fiziksel veya bilişsel yorgunluk, semptomlarda geçici kötüleşme, ağrı ve vücut sıcaklığındaki artış izlenmelidir. Uhthoff fenomeni bulunan bireylerde ortam sıcaklığı, egzersiz yoğunluğu ve dinlenme aralıkları özellikle önemlidir. Belirgin spastisite veya klonusu olan bireylerde hızlı germe içeren uygulamalar tonusu artırabileceğinden klinik yanıt yakından izlenmelidir. Akut relaps veya yeni nörolojik kötüleşme durumlarında egzersiz planı yeniden değerlendirilmelidir (Cifu & Eapen, 2021).

Direnç düzeyi, hastanın hareket paternini bozmayacak ve istemsiz kompensasyonlara yol açmayacak biçimde ayarlanmalıdır. Özellikle belirgin yorgunluğu olan bireylerde yüksek tekrar sayıları yerine kısa çalışma aralıkları ve yeterli dinlenme süreleri tercih edilebilir. Teknik sırasında nefes tutma, baş dönmesi, belirgin ağrı, dengesizlik veya nörolojik belirtilerde olağan dışı artış ortaya çıkarsa uygulamanın yoğunluğu azaltılmalı veya seans yeniden planlanmalıdır. Bu yaklaşım, egzersizin standart dozundan çok bireysel toleransın belirleyici olmasını gerektirir (Cifu & Eapen, 2021).

Hasta seçimi açısından PNF için tek bir EDSS eşiği tanımlamak mümkün değildir. Mevcut araştırmalar çoğunlukla ayaktan mobilitesi korunmuş ve hafif-orta düzeyde engelliliği bulunan bireyleri içermektedir. Bu nedenle ileri engellilik düzeylerinde aynı etkinliğin beklenmesi kanıta dayalı değildir. Daha yüksek destek gereksinimi olan bireylerde hedefler; yatak içi hareket, transfer, oturma dengesi, bakım veren yükünün azaltılması veya güvenli yardımcı cihaz kullanımı gibi daha temel

işlevlere yöneltilebilir (Katırcı Kırmacı et al., 2025; Kesebir et al., 2024; Ögüt et al., 2026; Yücekaya et al., 2025).

6. KANITLARIN SINIRLILIKLARI VE GELECEK ARAŞTIRMALAR

Mevcut MS-spesifik PNF literatürü kısa dönem olumlu sonuçlar bildirmekle birlikte kesin bir üstünlük yargısına izin vermemektedir. Güncel randomize kontrollü çalışmaların örneklemeleri 26-44 katılımcı arasında değişmekte, müdahaleler altı-sekiz hafta sürmekte ve uzun dönem takip bulunmamaktadır. Ayrıca çalışmaların büyük bölümü ayaktan mobilitesi korunmuş, hafif-orta düzeyde engelliliği olan ve çoğunlukla RRMS fenotipindeki bireyleri içermektedir; bu nedenle sonuçların ileri engellilik düzeylerine genellenmesi uygun değildir (Katırcı Kırmacı et al., 2025; Kesebir et al., 2024; Ögüt et al., 2026; Yücekaya et al., 2025).

Müdahale protokollerindeki heterojenlik önemli bir başka sınırlılıktır. Pelvik PNF, alt ekstremité PNF, gövde-üst ekstremité paternleri ve solunum odaklı uygulamalar aynı genel PNF başlığı altında incelenmiştir. Yücekaya et al. (2025) çalışmasında PNF'nin aerobik egzersizle birlikte uygulanması, PNF'ye özgü etkinin ayrıştırılmasını özellikle güçleştirmektedir. Buna karşılık Katırcı Kırmacı et al. (2025), Ögüt et al. (2026) ve Kesebir et al. (2024) aktif karşılaştırma grupları kullanmış; bu tasarımlar PNF'nin yalnız egzersiz yapmaya bağlı genél etkiden bağımsız katkısını değerlendirmek açısından daha seçici bir klinik soru ortaya koymuştur.

İstatistiksel yorumda grup içi değişim ile gruplar arası üstünlük mutlaka ayrılmalıdır. Yücekaya et al. (2025) çalışmasında motor fonksiyon ve yorgunluk sonuçlarının çoğunda iki grup arasında üstünlük gösterilememiştir. Ögüt et al. (2026) çalışmasında ham değişim skorları PNF lehine

görünmesine karşın başlangıç değerleri ve klinik kovaryatlar için yapılan ANCOVA sonrasında bütün gruplar arası farklar anlamsız hâle gelmiştir. Kesebir et al. (2024) çalışmasında ise bazı başlangıç değişkenleri gruplar arasında farklı olduğundan kovaryat düzeltmesi yapılmıştır. Bu örnekler, yalnız p-değerine değil analiz modeline, etki büyüklüğüne, güven aralığına ve klinik anlamlılığa birlikte bakılması gerektiğini göstermektedir.

Gelecek araştırmalarda daha büyük ve çok merkezli örneklemeler, açık biçimde tanımlanmış MS fenotipi ve EDSS düzeyleri, standardize edilmiş müdahale tanımları, uygun aktif karşılaştırma grupları ve orta-uzun dönem takip planları kullanılmalıdır. Birincil sonuçlar önceden belirlenmeli; advers olaylar, tedaviye uyum, ataklar ve çalışmadan ayrılma nedenleri sistematik biçimde raporlanmalıdır. Böylece PNF'nin hangi hasta alt gruplarında, hangi uygulama bileşenleriyle ve hangi klinik hedefler için ek yarar sağladığı daha güvenilir biçimde belirlenebilir.

Bir başka araştırma gereksinimi, müdahalenin hangi bileşeninin sonuçlara katkı sağladığını ayırabilmektir. PNF seanslarında manuel direnç, terapist teması, sözel-görsel geri bildirim, çok düzlemli hareket ve tekrarlı görev pratiği aynı anda uygulanabildiğinden, yalnız “PNF uygulandı” ifadesi müdahalenin yeniden üretilebilirliği için yeterli değildir. Gelecek çalışmalar kullanılan paternleri, teknikleri, direnç düzeyini, tekrar sayılarını, seans süresini ve progresyon ölçütlerini ayrıntılı biçimde bildirmelidir. Böylece olumlu sonuçların hangi uygulama özellikleriyle ilişkili olduğu daha güvenilir biçimde değerlendirilebilir.

7. SONUÇ

PNF, multipl sklerozlu bireylerde çok düzlemli hareket, duyuşal girdinin kullanımı, gövde-pelvis kontrolü, denge ve

fonksiyonel görevleri hedefleyen rehabilitasyon programlarında kullanılabilecek yaklaşımlardan biridir. Güncel randomize çalışmalar belirli kas gruplarında kuvvet, bazı denge ve mobilite ölçütleri, yaşam kalitesinin seçilmiş alt alanları ve bazı solunum parametrelerinde kısa dönem olumlu sonuçlar bildirmektedir. Buna karşılık yürüme, yorgunluk, yutma ve birçok motor sonuçta aktif karşılaştırma gruplarına karşı tutarlı bir üstünlük gösterilmemiş; düzeltilmiş analizlerde bazı başlangıçta görülen farklar ortadan kalkmıştır. Bu nedenle mevcut kanıtlar PNF'yi diğer egzersiz yaklaşımlarının yerine geçen üstün bir yöntem olarak değil, uygun hastalarda bireyselleştirilmiş ve hedef odaklı kapsamlı MS rehabilitasyonunun olası bir bileşeni olarak desteklemektedir.

KAYNAKÇA

- Cifu, D. X., & Eapen, B. C. (Eds.). (2021). *Braddom's physical medicine and rehabilitation* (6th ed.). Philadelphia, PA: Elsevier.
- Duddy, M., Niino, M., Adatia, F., Hebert, S., Freedman, M., Atkins, H., ... Bar-Or, A. (2007). Distinct effector cytokine profiles of memory and naive human B cell subsets and implication in multiple sclerosis. *The Journal of Immunology*, 178(10), 6092–6099. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.178.10.6092>
- Filippi, M., Bar-Or, A., Piehl, F., Preziosa, P., Solari, A., Vukusic, S., ... Rocca, M. A. (2018). Multiple sclerosis. *Nature Reviews Disease Primers*, 4(1), 43. <https://doi.org/10.1038/s41572-018-0041-4>
- Higgins, M., & Greer, C. (2025). Proprioceptive neuromuscular facilitation for the upper extremity and scapula: Review and update on rehabilitation of shoulder pathology. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 20(9), 1407–1420. <https://doi.org/10.26603/001c.143176>
- 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. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0011-y>
- Jankovic, J., Mazziotta, J. C., Pomeroy, S. L., Newman, N. J., & Bradley, W. G. (2022). *Bradley and Daroff's neurology in clinical practice* (8th ed.). Edinburgh, Scotland: Elsevier.
- Kalb, R., Beier, M., Benedict, R. H. B., Charvet, L., Costello, K., Feinstein, A., ... DeLuca, J. (2018). Recommendations for cognitive screening and management in multiple sclerosis

- care. *Multiple Sclerosis Journal*, 24(13), 1665–1680.
<https://doi.org/10.1177/1352458518803785>
- Kasper, L. H., & Shoemaker, J. (2010). Multiple sclerosis immunology: The healthy immune system vs the MS immune system. *Neurology*, 74(Suppl. 1), S2–S8.
<https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3181c97c8f>
- Katırcı Kırmacı, Z. İ., Özsoy, S. D., İnanç, Y., Kırmacı, Y. Ş., Adıgüzel Tat, H., & Tuncel Berktaş, D. (2025). Effects of pelvic proprioceptive neuromuscular facilitation on strength, balance and gait in patients with multiple sclerosis: A randomized controlled study. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 104, 106764.
<https://doi.org/10.1016/j.msard.2025.106764>
- Kesebir, J., Gözübatık Çelik, R. G., Zenginler, Y., Yüksel, B., Şen, A., & Akıncı, B. (2024). Do proprioceptive neuromuscular facilitation techniques improve respiratory parameters and swallowing in people with multiple sclerosis: A randomized-controlled study. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 85, 105534.
<https://doi.org/10.1016/j.msard.2024.105534>
- Öğüt, M., Polat, H., Ekmekyapar Fırat, Y., & Ergun, N. (2026). Effects of lower extremity proprioceptive neuromuscular facilitation exercises versus resistance training on gait, balance, and fatigue in patients with multiple sclerosis: A randomized controlled study. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 109, 107099.
<https://doi.org/10.1016/j.msard.2026.107099>
- Reich, D. S., Lucchinetti, C. F., & Calabresi, P. A. (2018). Multiple sclerosis. *New England Journal of Medicine*, 378(2), 169–180.
<https://doi.org/10.1056/NEJMr1401483>

- Ropper, A. H., Samuels, M. A., Klein, J. P., & Prasad, S. (2023). *Adams and Victor's principles of neurology* (12th ed.). New York, NY: McGraw Hill.
- Vainchtein, I. D., & Molofsky, A. V. (2020). Astrocytes and microglia: In sickness and in health. *Trends in Neurosciences*, 43(3), 144–154. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2020.01.003>
- Yücekaya, B., Kemer, S. N., Asan, E., Gerdan, H., Çömük Balcı, N., Çakır, D., ... Terzi, M. (2025). The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques on pain, motor functions, fatigue and health related quality of life in individuals with multiple sclerosis: A randomized, single-blind study. *Neurological Research*, 47(7), 537–549. <https://doi.org/10.1080/01616412.2025.2490086>
- Zrzavy, T., Hametner, S., Wimmer, I., Butovsky, O., Weiner, H. L., & Lassmann, H. (2017). Loss of 'homeostatic' microglia and patterns of their activation in active multiple sclerosis. *Brain*, 140(7), 1900–1913. <https://doi.org/10.1093/brain/awx113>

**FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ALANINDA
GÜNCEL KONULAR VE
AKADEMİK DEĞERLENDİRMELER**

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com