

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SKAFOLUNAT İNSTABİLİTE TANILI HASTALARDA
NÖROMUSKÜLER ELEKTRİK STİMULASYONU İLE
KOMBİNE YAPILAN EGZERSİZ EĞİTİMİNİN KAS KUVVETİ,
PROPRİOSEPTİF DUYU, REAKSİYON ZAMANI VE
FONKSİYONELLİĞE ETKİSİ**

Uzm. Fzt. Arzu DAĞ

**Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı
DOKTORA TEZİ**

**ANKARA
2026**

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SKAFOLUNAT İNSTABİLİTE TANILI HASTALARDA
NÖROMUSKÜLER ELEKTRİK STİMULASYONU İLE
KOMBİNE YAPILAN EGZERSİZ EĞİTİMİNİN KAS KUVVETİ,
PROPRİOSEPTİF DUYU, REAKSİYON ZAMANI VE
FONKSİYONELLİĞE ETKİSİ**

Uzm. Fzt. Arzu DAĞ

**Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı
DOKTORA TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Semra TOPUZ**

**İKİNCİ DANIŞMANI
Dr. Öğr. Üyesi Ömer AYIK**

**ANKARA
2026**

**SKAFOLUNAT İNSTABİLİTE TANILI HASTALARDA NÖROMUSKÜLER
ELEKTRİK STİMULASYONU İLE KOMBİNE YAPILAN EGZERSİZ
EĞİTİMİNİN KAS KUVVETİ, PROPRİOSEPTİF DUYU, REAKSİYON
ZAMANI VE FONKSİYONELLİĞE ETKİSİ**

Arzu DAĞ

Danışman: Prof. Dr. Semra TOPUZ

İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ömer AYIK

Bu tez çalışması 19.01.2026 tarihinde jürimiz tarafından ‘Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı’nda doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: *Prof. Dr. Filiz CAN*
Hacettepe Üniversitesi

Üye: *Prof. Dr. Tüzün FIRAT*
Hacettepe Üniversitesi

Üye: *Prof. Dr. Gizem İrem KINIKLI*
Hacettepe Üniversitesi

Üye: *Prof. Dr. Burcu Semir AKEL*
İstanbul Kültür Üniversitesi

Üye: *Doç. Dr. Zeynep TUNA EMİR*
Gazi Üniversitesi

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur.

04.02.2026

Prof. Dr. Müge YEMİŞÇİ ÖZKAN

Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan "**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**" kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

19/01/2026

Uzm. Fzt. Arzu DAĞ

“*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*”

- (1) *Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.*
- (2) *Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.*
- (3) *Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.*
Madde 7. 2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir; gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir

* Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Prof. Dr. Semra TOPUZ danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Uzm. Fzt. Arzu DAĞ

TEŞEKKÜR

Doktora sürecim boyunca bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, zorlandığım anlarda motivasyonumu yeniden kazanmamı sağlayan, akademik rehberliği ve destekleyici yaklaşımıyla her zaman yanımda olduğunu hissettiren; birlikte çalışmaktan keyif aldığım ve onur duyduğum, mesleki ve insani duruşuyla birlikte çalışmanın benim için ayrı bir değer taşıdığı kıymetli danışman hocam **Sayın Prof. Dr. Semra Topuz'a** en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecimde, tezimin planlanması ve yürütülmesi aşamalarında ve hasta akışının sağlanması konularında sunduğu olanaklar, paylaştığı mesleki bilgi ve deneyimleriyle bana rehberlik eden, değerli ikinci danışman hocam **Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ömer Ayık'a** ve İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'nın tüm değerli ekibine teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında yol gösterici, yapıcı katkıları ve akademik birikimiyle tez çalışmamın bilimsel niteliğini güçlendiren, tez çalışmamı daha iyi bir noktaya taşımamı sağlayan; nazik yaklaşımıyla birlikte çalışmaktan gurur ve mutluluk duyduğum değerli hocam **Sayın Prof. Dr. Tüzün Fırat'a** teşekkür ederim.

Tez sürecimde beni destekleyen ve yol gösteren anabilim dalı başkanı hocam **Sayın Prof. Dr. Özlem Ülger'e** içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez süreci boyunca testlerin uygulanması sürecinde her türlü teknik ve klinik desteği sağlayan değerli hocam **Sayın Öğr. Gör. Türker Şahinkaya'ya**, yardımsever arkadaşlarım değerli **Uzm. Fzt. Mustafa Orhun Ayan'a** ve **Uzm. Fzt. Zeynep Koluman'a** ve İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı'ndaki fizyoterapistlere katkılarından dolayı içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez izleme komitesinde yer alarak desteğini esirgemeyen rehberliği ve yapıcı tutumuyla katkılarından dolayı değerli hocam **Sayın Prof. Dr. Burcu Semin Akel'e** teşekkür ederim.

Mesleğimin anlamını derinden hissetmemi sağlayan, tez sürecimi içtenlikle takip eden, destek ve iyi dilekleriyle yanımda olan ve rehabilitasyon süreçlerinde birlikte ilerleme şansı bulduğum tüm **hastalarım**a teşekkür ederim.

Hayatımın her anında koşulsuz sevgi ve desteklerini yanımda hissettiğim, varlıklarıyla güç veren biricik **aileme** sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, TÜBİTAK 1002-A Hızlı Destek Programı ve İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında desteklenmiş olup; destekleri için **TÜBİTAK'a** ve **İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi'ne** teşekkür ederim.

ÖZET

Dağ, A., Skafolunat İnstabilite Tanılı Hastalarda Nöromusküler Elektrik Stimülasyonu ile Kombine Yapılan Egzersiz Eğitiminin Kas Kuvveti, Proprioseptif Duyu, Reaksiyon Zamanı ve Fonksiyonelliğe Etkisi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı Doktora Tezi, Ankara, 2026. Bu çalışmanın amacı, skafolunat instabilite tanısı almış bireylerde, nöromusküler elektrik stimülasyonu (NMES) ile kombine edilen egzersiz eğitiminin kas kuvveti, proprioseptif duyu, reaksiyon zamanı, ağırlık aktarma kapasitesi ve üst ekstremitte fonksiyonelliği üzerindeki etkilerini incelemektir. Bu randomize kontrollü, tek kör çalışmaya, 18-50 yaş aralığında 30 birey (26 kadın / 4 erkek) dahil edildi. Katılımcılar yalnızca egzersiz eğitimi alan Egzersiz Grubu (EG) ve egzersiz programına ek olarak NMES uygulanan Nöromusküler Elektrik Stimülasyon Grubu'na (NMESG) rastgele atandı. Bireylere NMES protokolü, 8 hafta boyunca haftada 3 gün; *ekstansör karpi radialis longus*, *ekstansör karpi radialis brevis*, *fleksör karpi radialis* ve *abduktor polllis longus* kaslarının her biri için 15 dakika olmak üzere toplam 60 dakika uygulandı. Tüm katılımcılar sekiz hafta boyunca haftada 7 gün ev egzersiz programını sürdürdü. Değerlendirmeler; üst ekstremitte fonksiyonelliği (QuickDASH, PRWHE, MMAYO, EI20 Anketi) ağrı Vizüel Analog Skalası (VAS), eklem hareket açıklığı, ağırlık aktarma kapasitesi, izokinetik kas performansı içerisinde pik tork ve endurans (Cybex Norm), kavrama kuvveti, proprioseptif duyu, reaksiyon zamanı (BlazePod®) ve yaşam kalitesi ölçümü (SF-12) parametrelerini içerdi. Her iki grupta da tüm parametrelerde müdahale sonrasında önemli iyileşmeler gözlemlendi ($p < 0,001$). Ağrı düzeylerindeki azalmalar, başlangıçtan itibaren 2., 4. ve 8. hafta takiplerinde NMESG'de daha belirgindi ($p < 0,05$). NMESG'de EG'ye kıyasla QuickDASH puanları, VAS, ağırlık aktarma kapasitesi ve fleksiyon enduransı açısından istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler saptandı ($p < 0,05$). PRWHE ve SF12 skorlarındaki iyileşmelerin NMESG'de daha fazla olduğu görüldü ($p < 0,05$). Sonuç olarak, bu çalışmada NMES'in, stabiliteyi artırmaya yönelik egzersiz stratejileri ile birlikte kullanıldığında skafolunat insitabilitede fonksiyonel iyileşmeyi desteklediği ve etkili bir rehabilitasyon bileşeni olabileceği gösterildi.

Anahtar Kelimeler: Skafolunat instabilite, nöromusküler elektrik stimülasyonu, ağırlık aktarma, izokinetik kas kuvveti, reaksiyon zamanı.

Bu tez çalışması, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 1002-A Hızlı Destek Projesi kapsamında desteklendi (Proje Numarası:125S042) (EK 1).

ABSTRACT

Dağ, A., The Effect of Exercise Training Combined with Neuromuscular Electrical Stimulation on Muscle Strength, Proprioceptive Sensation, Reaction Time, and Functionality in Patients Diagnosed with Scapholunate Instability, Hacettepe University Graduate School of Health Sciences, Physical Therapy and Rehabilitation Program Doctoral Thesis, Ankara, 2026. The aim of this study was to investigate the effects of exercise training combined with neuromuscular electrical stimulation (NMES) on muscle strength, proprioceptive sense, reaction time, weight-bearing capacity, and upper extremity functionality in individuals diagnosed with SL instability. This randomised controlled, single-blind study included 30 patients (26 women/4 men) aged 18–50 years. Participants were randomly assigned to either the Exercise Group (EG), which received exercise training alone, or the Neuromuscular Electrical Stimulation Group (NMESG), which received NMES in addition to the exercise programme. The NMES protocol was applied for 60 minutes per week over 8 weeks, 3 days per week, with 15 minutes for each of the *extensor carpi radialis longus*, *extensor carpi radialis brevis*, *flexor carpi radialis* and *abductor pollicis longus* muscles. All participants maintained a home exercise programme for seven days per week over eight weeks. Assessments included functionality (QuickDASH, PRWHE, MMAYO, Hand20 Questionnaire), pain Visual Analogue Scale (VAS), joint range of motion, weight-bearing capacity, isokinetic peak torque and endurance (Cybex Norm), grip strength, proprioceptive sense, reaction time (BlazePod®) and quality of life (SF-12). Reductions in pain levels were more pronounced in the NMESG group at the 2nd, 4th, and 8th week follow-ups from-ups from baseline ($p < 0.05$). Compared to EG, statistically significant improvements were observed in QuickDASH scores, VAS, weight-bearing capacity, and flexion endurance in NMESG ($p < 0.005$). Improvements in PRWHE and SF12 scores were greater in NMESG ($p > 0.05$). In conclusion, NMES, when used in conjunction with exercise strategies aimed at improving stability, was shown to support functional improvement in SL instability and may be an effective rehabilitation component.

Keywords: Scapholunate instability, neuromuscular electrical stimulation, weight bearing, isokinetic muscle strength, reaction time.

This thesis study was supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) 1002-A Rapid Support Project (Project Number: 125S042) (EK 1).

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
ŞEKİLLER	xv
GRAFİKLER	xvi
TABLolar	xvii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. El ve El Bileği Kompleksine Genel Bakış	4
2.2. Anatomi	4
2.2.1. Kemikler	5
2.2.2. Kıkırdak Doku	6
2.2.3. Ligamentler	6
2.2.4. Skafolunat İnterosseoz Ligament (SLİL)	8
2.2.5. Kaslar	10
2.2.6. Nörovasküler Anatomi	11
2.3. Biyomekanik	11
2.3.1. Kinematik ve Karpal Stabilite	13
2.3.2. El Bileği Hareket Teorileri	15
2.4. Karpal İnstabiliteler	16
2.5. Karpal İnstabilitenin Sınıflandırılması	17
2.6. Skafolunat İnstabilite	19
2.6.1. Fizik Muayene ve Öykü	20
2.6.2. Patofizyoloji	20
2.6.3. Klinik ve Paraklinik Bulgular	21

2.6.5. Skafolunat İnstabilitede Tedavi Yaklaşımları	25
2.6.6. Skafolunat İnstabilitede Cerrahi Müdahale	34
3. GEREÇ VE YÖNTEM	36
3.1. Araştırmanın Tipi	36
3.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı	36
3.3. Etik Kurul İzni	36
3.4. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi	36
3.4.1. Katılımcılar	36
3.4.2. Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri	37
3.4.3. Çalışmadan Dışlanma Kriterleri	37
3.4.4. Örneklem Büyüklüğü Hesaplaması	38
3.5. Randomizasyon Süreci	38
3.6. Körleme ve Değerlendirme	39
3.7. Olguların Değerlendirilmesi	39
3.7.1. Sosyo-demografik ve Hastalık ile İlişkili Bilgiler	39
3.7.2. El – El Bileği Fonksiyonelliği Değerlendirmesi	40
3.7.3. Ağrı Değerlendirmesi	41
3.7.4. El Bileği Eklem Hareket Açıklıklarının Değerlendirilmesi	41
3.7.5. Ağırlık Aktarma Kapasitesinin Değerlendirilmesi	42
3.7.6. Kavrama Kuvvetinin Değerlendirilmesi	42
3.7.7. Propriosepsiyonun Değerlendirilmesi	43
3.7.8. İzokinetik Değerlendirmeler	43
3.7.9. Reaksiyon Zamanının Değerlendirilmesi	45
3.7.10. Yaşam Kalitesinin Değerlendirilmesi	46
3.8. Tedavi Programı	46
3.8.1. Tedavi Programının Süresi ve Tedavi Yoğunluğu	46
3.8.2. Çalışma Protokolü	47
3.9. İstatistiksel Analiz	55
4. BULGULAR	57
4.1. Hastaların Sosyo-Demografik ve Klinik Özellikleri	57
4.2. Tedavi Sonuçlarının Karşılaştırılması	62
4.2.1. QuickDASH skorlarının karşılaştırılması	62

4.2.2. Hasta Bazlı El Bileği/El Değerlendirme Testi (PRWHE) Değerlerinin Karşılaştırılması	62
4.2.3. Modifiye MAYO El Bilek Skoru Değerlerinin Karşılaştırılması	63
4.2.4. El20 Anketi Değerlerinin Karşılaştırılması	63
4.2.5. Ağrı Şiddeti Sonuçlarının Karşılaştırılması	64
4.2.6. El Bileği Eklem Hareket Açıklığı Değerlerinin Karşılaştırılması	68
4.2.7. Ağırlık Aktarma Tolerans Testi Sonuçlarının Karşılaştırılması	69
4.2.8. Kavrama Kuvveti Değerlerinin Karşılaştırılması	69
4.2.9. Propriosepsiyon Değerlerinin Karşılaştırılması	70
4.2.10. İzokinetik Pik Tork ve Endurans Sonuçlarının Karşılaştırılması	71
4.2.11. Reaksiyon Zamanı Değerlerinin Karşılaştırılması	71
4.2.12. SF-12 Anketi Değerlerinin Karşılaştırılması	73
5. TARTIŞMA	75
5.1. Üst Ekstremitte Fonksiyonelliği	80
5.1.1. QuickDASH	80
5.1.2 Hasta Bazlı El- El Bileği Değerlendirme Anketi (PRWHE)	81
5.1.3. Modifiye MAYO Anketi	82
5.1.4. El20 Anketi	83
5.2. Ağrı	84
5.3. Eklem hareket açıklığı	85
5.4. Ağırlık aktarma kapasitesi	86
5.5. Propriosepsiyon	87
5.6. Kavrama kuvveti	88
5.7. İzokinetik pik tork ve endurans	88
5.8. Reaksiyon zamanı	90
5.9. Sağlıkla ilişkili yaşam kalitesi SF-12	92
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	95
7. KAYNAKLAR	98
8. EKLER	110
EK 1. Tübitak 1002 – A Hızlı Destek Projesi	
EK 2. Etik Kurul Kararı	
EK 3. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu	

EK 4. Hasta Takip Formu

EK 5. Tez Çalışması ile İlgili Bildiriler

EK 6. Tez Çalışması ile İlgili Yayınlar

EK 7. Orijinallik Raporu Ekran Çıktısı

EK 8. Dijital Makbuz

9. ÖZGEÇMİŞ

130

SİMGELER ve KISALTMALAR

%	Yüzde
°	Derece
Δ	Değişim
APL	Abduktör Pollisis Longus
cm	Santimetre
DAH	Dart Atma Hareketi
DASH	Kol, Omuz ve El Sorunları Anketi
EB	Etki Büyüklüğü
EG	Egzersiz Grubu
EHA	Eklem Hareket Açıklığı
EKRB	Ekstansör Karpi Radialis Brevis
EKRL	Ekstansör Karpi Radialis Longus
EKU	Ekstansör Karpi Ulnaris
FKR	Fleksör Karpi Radialis
FKU	Fleksör Karpi Ulnaris
kg	Kilogram
m	Metre
MMAYO	Modifiye Mayo El Bilek Skoru
MSS	Merkezi Sinir Sistemi
n	Sayı
NMES	Nöromusküler Elektrik Stimulasyon
NMESG	Nöromusküler Elektrik Stimulasyon Grubu
PRWHE	Hasta Bazlı El - El Bileği Değerlendirme Anketi
PT	Pik Tork
QuickDASH	Kol, Omuz ve El Sorunları Hızlı Anketi
SF-12	Kısa Form-12 Yaşam Kalitesi Ölçeği
SL	Skafolunat
SLAC	Skafolunat İleri Çöküş
SLİL	Skafolunat İnterosseöz Ligament
SLİd	Skafolunat İnterosseöz Ligament Dorsal Bölgesi
SLİpx	Skafolunat İnterosseöz Ligament Proksimal Bölgesi

SLİp	Skafolunat İnterosseöz Ligament Palmar Bölgesi
sn	Saniye
SS	Standart Sapma
TWD	Toplam Yapılan İş, Endurans
VAS	Vizüel Analog Skala
AAK	Ağırlık Aktarma Kapasitesi Testi

ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
2.1. Watson (skafoïd shift test) testi (80).	23
3.1. Ağırılık aktarma kapasitesinin değeriendirilmesi.	42
3.2. Acumar Dijital İnklinometre ile Proprioepsyon Değeriendirmesi.	43
3.3. İzokinetik değeriendirmesi.	44
3.4. İzokinetik değeriendirmesi.	44
3.5. İzokinetik değeriendirmesi.	45
3.6. Reaksiyon zamanı değeriendirmesi.	46
3.7. Her iki grup için rehabilitasyon planı.	47
3.8. Nöromusküler elektrik stimülasyon uygulamaları.	49
3.9. Egzersiz ekipmanları.	50
3.10. Egzersiz temelli müdahale.	53
4.1. CONSORT akış diyagramı.	58

GRAFİKLER

Grafik	Sayfa
4.1. VAS-istirahat sonuçlarının grup içi ve gruplar arası karşılaştırılması.	66
4.2. VAS-aktivite sonuçlarının grup içi ve gruplar arası karşılaştırılması.	67
4.3. VAS-egzersiz sonuçlarının grup içi ve gruplar arası karşılaştırılması.	67

TABLOLAR

Tablo	Sayfa
2.1. El bileği ligamentleri.	7
2.2. Skafolunat instabilitelerin özet tablosu (Ph. Saffar'a göre).	23
2.3. Konservatif tedavi rehabilitasyon evreleri.	26
3.1. Egzersiz eğitimi rehberi.	51
4.1. Grupların sosyo-demografik ve sağlıkla ilişkili başlangıç özellikleri.	59
4.2. Grupların demografik ve klinik özellikleri.	59
4.3. Grupların tedavi öncesi başlangıç klinik özelliklerin karşılaştırılması.	61
4.4. Grup içi ve gruplar arası QuickDASH skorlarının karşılaştırılması.	62
4.5. Grup içi ve gruplar arası "Hasta Bazlı El Bileği/El Değerlendirme Testi (PRWHE)", "Modifiye MAYO El Bilek Skoru" ve "El20 Anketi" değerlerinin karşılaştırılması.	64
4.6. Grup içi ve gruplar arası ağrı skorlarının karşılaştırılması.	65
4.7. Olguların 8 haftalık ağrı şiddeti ilgili değerlerin grup içi ve gruplar arası karşılaştırılması.	66
4.8. Anlamlı grup*zaman etkileşimi gösteren değişkenlerde gruplar arası VAS-aktivite ve VAS-egzersiz değişimlerinin karşılaştırılması.	68
4.9. Grup içi ve gruplar arasında etkilenen el bileği EHA değerlerinin karşılaştırılması.	69
4.10. Grup içi ve gruplar arası ağırlık aktarma kapasitesi, kavrama kuvveti, proprioepsiyon, pik tork, endurans ve reaksiyon zamanı değerlerinin karşılaştırılması.	72
4.11. Grup içi ve gruplar arası SF 12 değerlerinin karşılaştırılması.	74

1. GİRİŞ

Skafolunat interosseöz ligament (SLİL) yaralanmaları, genellikle el bileği travması sonucunda ortaya çıkan ve karpal instabilitenin yaygın bir nedeni olarak kabul edilen bir klinik tablodur (1). Klinik belirtiler çoğunlukla ağrı, yük taşıma ve aksiyel yüklenmede bozulma, normal eklem hareket açıklığında (EHA) kısıtlılık ve kavrama kuvvetinde azalma şeklinde görülmektedir (2). SLİL'in yeterli şekilde iyileşmemesi, karpal stabilitenin bozulması ve el bileği ekleminde ilerleyici dejeneratif değişikliklerin gelişmesi ile sonuçlanabilmektedir (3). Cerrahi tedavi, özellikle ileri evre instabilitelerde etkili bir seçenek olmakla birlikte, son yıllarda nöromusküler kontrol ve propriyoseptif eğitimi merkeze alan konservatif rehabilitasyon yaklaşımlarının önemi giderek artmaktadır (4).

Konservatif yaklaşımlar, SLİL yaralanmalarında cerrahi dışı temel tedavi yöntemlerini oluşturmaktadır. Bu yaklaşımlar arasında ortez kullanımı gibi immobilizasyon stratejileri, skafolunat (SL) eklemi stabilize eden kasların aktivasyonu, propriyoseptif egzersizler, kuvvetlendirme egzersizleri ve hasta eğitimi yer almaktadır. Ortezler, el bileği hareketini sınırlandırarak iyileşmeyi desteklese de uzun süreli ortez kullanımı kas atrofisine ve fonksiyonel gerilemeye yol açabilmektedir (5). Yalnızca immobilizasyona veya statik yaklaşımlara dayanan tedaviler, fonksiyonel iyileşme ve dinamik eklem stabilitesinin birlikte sağlanması için yeterli değildir. Güncel literatür, statik temelli müdahalelerin sınırlılıklarını vurgulamakta ve dinamik stabilitenin yeniden kazanılmasında nöromusküler kontrolün kritik rolünü ön plana çıkarmaktadır (6, 7). Ancak, kas kuvveti ile SL instabilitesi arasındaki ilişkiyi ele alan klinik rehberler ve dinamik stabilizeyi artırmaya yönelik standart protokoller henüz yeterince gelişmemiştir. Kas dengesizliğinin SL instabilitesi ile ilişkili olduğu öne sürülmesine rağmen, bugüne kadar izole kas kuvvetini doğrudan değerlendiren veya SL disfonksiyonu ile ilişkilendiren çalışmalar bulunmamaktadır (7). Biyomekanik çalışmalar; ekstansör karpi radialis longus (EKRL), ekstansör karpi radialis brevis (EKRB), fleksör karpi radialis (FKR), fleksör karpi ulnaris (FKU) ve abdüktör pollisis longus (APL) kaslarını "SL eklemi için uygun (SL eklem dostu) kaslar" olarak tanımlarken, ekstansör karpi ulnaris (EKU) aktivasyonunun önerilmediğini bildirmektedir. Çalışmalarda EKRL, EKRB, FKR,

FKU ve APL kaslarını aktive etmeyi ve EKV kasını inhibe etmeyi hedefleyen nöromusküler rehabilitasyon yaklaşımlarına yönelik olumlu görüşlere rağmen, randomize kontrollü çalışmalar ve standart klinik kılavuzlar dâhil olmak üzere yüksek düzeyli kanıtlar yetersizdir (8).

Nöromusküler elektrik stimülasyonu (NMES), istemli kasılmalar sırasında genellikle daha geç aktive edilen yüksek eşikli motor üniteleri uyarak, Tip II kas liflerini innerve eden motor ünitelerin aktivasyonunu artırma potansiyeline sahiptir (9). Bu seçici aktivasyon, kas aktivasyon paternlerini iyileştirir ve zayıflamış ya da inhibe olmuş kaslarda hipertrofi ve kuvvet artışını destekler (10, 11). Teorik avantajlarına rağmen, NMES'in SL instabilitenin tedavisindeki kullanımı henüz yeterince araştırılmadığı görülmektedir. Bu çalışmada NMES, motor noktaları aktive etmek ve SL eklem stabilizasyonuna katkıda bulunan küçük kas gruplarını selektif olarak uyarmak amacıyla uygulandı. Bu yaklaşımın, özellikle el bileğinin dinamik stabilizatörlerinde nöromusküler koordinasyonu artırabileceği ve kullanılmamaya bağlı atrofının önlenmesine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. SLİL yaralanmalarında optimal konservatif rehabilitasyona yönelik randomize kontrollü çalışmaların ve standart tedavi protokollerinin bulunmaması, klinik uygulamalarda önemli farklılıklara yol açmakta; tedavi kararları çoğu zaman bireysel klinik deneyime dayanmaktadır. Bu değişkenlik, tedavi süresinin uzamasına, hasta motivasyonunun azalmasına ve rehabilitasyon sürecine duyulan güvenin zedelenmesine neden olabilmektedir (12). Bu nedenle, hastalığa özgü, kanıta dayalı rehabilitasyon protokollerinin geliştirilmesi, tedavi sonuçlarının iyileştirilmesi, sağlık hizmeti maliyetlerinin azaltılması ve hasta katılımının artırılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu randomize kontrollü çalışmanın amacı, skafolunat instabilite tanısı almış bireylerde, NMES ile kombine edilmiş yapılandırılmış egzersiz eğitiminin izokinetik kas kuvveti, kavrama kuvveti, propriyoseptif duyu, reaksiyon zamanı, ağırlık aktarma kapasitesi ve üst ekstremitte fonksiyonelliği üzerindeki etkilerini incelemektir.

Çalışmamızın hipotezleri şunlardır:

H1 Hipotezi: Skafolunat instabilite tanılı bireylerde NMES ile kombine yapılan egzersiz eğitiminin izokinetik kas kuvvetine etkisi tek başına egzersiz eğitimi verilen gruba kıyasla farklıdır.

H2 Hipotezi: Skafolunat instabiliteli bireylerde NMES ile kombine yapılan egzersiz eğitiminin kavrama kuvveti üzerine etkileri tek başına egzersiz eğitimi verilen gruba kıyasla farklıdır.

H3 Hipotezi: Skafolunat instabiliteli bireylerde NMES ile kombine yapılan egzersiz eğitiminin ağırlık aktarma üzerine etkileri tek başına egzersiz eğitimi verilen gruba kıyasla farklıdır.

H4 Hipotezi: Skafolunat instabiliteli bireylerde NMES ile kombine yapılan egzersiz eğitiminin proprioseptif duyu üzerine etkileri tek başına egzersiz eğitimi verilen gruba kıyasla farklıdır

H5 Hipotezi: Skafolunat instabiliteli bireylerde NMES ile kombine yapılan egzersiz eğitiminin el bileğine reaksiyon zamanı üzerine etkileri tek başına egzersiz eğitimi verilen gruba kıyasla farklıdır

H6 Hipotezi: Skafolunat instabiliteli bireylerde NMES ile kombine yapılan egzersiz eğitiminin üst ekstremitte fonksiyonelliği üzerine etkileri tek başına egzersiz eğitimi verilen gruba kıyasla farklıdır.

H7 Hipotezi: Skafolunat instabiliteli bireylerde NMES ile kombine yapılan egzersiz eğitiminin yaşam kalitesi üzerine etkileri tek başına egzersiz eğitimi verilen gruba kıyasla farklıdır

2. GENEL BİLGİLER

2.1. El ve El Bileği Kompleksine Genel Bakış

El, insan davranışının fiziksel ifadesinde temel bir role sahiptir ve günlük yaşam aktivitelerinde hayati bir fonksiyon üstlenir. Nesnelere tutma, iletişim kurma, çalışma, sanatsal ifade ve daha birçok görevi yerine getirerek günlük aktivitelerde önemli bir rol oynar. Bu fonksiyonun kaybı, birey için son derece kısıtlayıcı ve engelleyici olabilir. El ön kola bağlayan el bileği, el fonksiyonunda kilit bir rol oynamaktadır. El bileği, elin uzayda konumlandırılmasını ve yönlendirilmesini sağladığı gibi, el ile ön kol arasında yük aktarımına da olanak tanır. Bu işlevler, büyük ölçüde el bileği eklem kompleksini oluşturan kemikler ile ligamentler gibi yumuşak dokular arasındaki karmaşık mekanizmalar ve etkileşimler sayesinde mümkün olmaktadır (13, 14). El bileği yaralanmalarının (özellikle bağ yaralanmaları) tedavisi zordur, bu nedenle normal ve patolojik fizyoloji ve mekanizmanın daha iyi tanımlanması, nedenin belirlenmesine yardımcı olabilir ve dolayısıyla el bileği problemlerinin tedavi etkinliğini artırabilir.

2.2. Anatomi

El bileği eklemi, önkol ile el arasındaki eklem görevi gören iki eksenli, elips tipi bir eklemdir. El bileği, elin geniş bir hareket aralığına izin veren karmaşık bir mekanizmadır. Eklem stabilitesi, el bileği kemiklerinin geometrisi ile karmaşık bir bağ düzeni arasındaki etkileşime bağlıdır. El bileği eklemi, radius ve ulna'nın distal bölgesi, sekiz karpal kemik ve beş metakarpal kemiğin proksimal tabanları olmak üzere on beş kemikten oluşur (15).

Karpal kemiklerin hareketi, kemikler arasındaki temas kuvveti aktarımına bağlıdır; eklem stabilitesi, çok eklemlilik kemik yüzeylerine ve karmaşık bağlar setinin sağladığı kısıtlamalara dayanır. Bağlar ve kemikler olmak üzere her iki yapı da hassas bir denge içindedir ve herhangi bir yaralanma, tüm eklem stabilitesini etkileyen sistemi bozma potansiyeline sahiptir (16).

2.2.1. Kemikler

Distal radius ve ulna, metakarpal kemikler ve karpus el bileği kompleksinin kemiklerini oluşturur. Karpus, sekiz karpal kemiğin birleşiminden oluşur. 15. yüzyıla kadar karpus, fizyolojik olarak önemsiz kabul ediliyordu ve anatomik veya fonksiyonel olarak neredeyse hiç bilgi bulunmuyordu. El bileği kemiklerinin ilk tanımlayıcı çizimleri 1543 yılında yayınlanmış ve karpal kemikler 1'den 8'e kadar numaralandırılmıştır (17). Karpal kemiklerin isimlendirmesi ilk olarak 1653 yılında ortaya çıkmış ve mevcut isimlendirme 20. yüzyılın başında önerilmiş ve 1955 yılında kabul edilmiştir (17). Karpal kemikler anatomik olarak iki sıra halindedir. Radialden ulnara doğru, skafoid, lunat, trikuetrum ve pisiform kemikleri proksimal sıradaki kemikleri oluştururken, trapezium, trapezoid, kapitatum ve hamatum kemikleri ise distal sırayı oluşturur. Pisiform kemik, FKU tendonu içindeki konumu nedeniyle, sıklıkla sesamoid kemik olarak kabul edilir (18, 19). Bu nedenle proksimal karpal sıra fonksiyonuna anlamlı katkı sağlamaz (20). İkinci en büyük karpal kemik olan skafoid, proksimal ve distal sıraları birbirine bağlar ve iki sıra arasında ara ve destekleyici yapı görevi görür (18, 19). Metakarpal kemikler geleneksel olarak başparmaktan başlayarak numaralandırılır (21).

Karpal kemikler, eklem kırırdağı ile kaplı çok açılı yüzeylere sahip düzensiz şekilli kemiklerdir. Karpal kemiklerin şekli, eklem stabilitesi açısından çok önemlidir, çünkü çok açılı yüzleri, çıkıntıları ve girintileri kemiklere eklem özelliği kazandırır ve çevredeki kemiklerle etkileşime yardımcı olur. Ön kolun distal ucu, radius kemiği aracılığıyla karpal kemiklerle eklemleşir ve bu yapı radiokarpal eklem olarak adlandırılır. Radiusun distal eklem yüzeyi, skafoid ve lunatum fossaları ile ulnar çentikten oluşur. Skafoid ve lunatum fossaları, radius üzerinde yer alan ve aralarında bir sırt bulunan eklem yüzeyleriyle birbirinden ayrılır. Radiusun lateralinde yer alan styloid proses, özellikle radial deviasyon sırasında kemiksel temas yoluyla hareketi sınırlandırır (22). Ulna'nın distal ucu, ulnar styloid olarak adlandırılan bir çıkıntıya sahip yarı küresel bir kemiktir. Küre üzerinde, oval bir yüzey aşağı bölgede radiusun ulnar çentiği ile ve üst yüzeyde triangular fibrokartilaj kompleksi (TFCC) ile eklemelenir. Ulnar styloid, kemiklerin medial ve arka tarafından çıkıntı yapar ve el bileğinin birçok bağının bağlanma noktası olarak işlev görür. TFCC, üçgen

fibrokartilaj diski, dorsal ve volar radioulnar bağlar, ulnocarpal bağlar ve ECU tendon kılıfı tarafından oluşturulur.

Distal ulna ile proksimal sıra arasında doğrudan temas yoktur, ancak eklem diski distal ulna, trikuetrum, hamate ve beşinci metakarpalın tabanı arasında bir arayüz görevi görür (23). Ulna ile distal el bileği kemikleri arasındaki bu arayüz, ulnokarpal eklemi oluşturur. Proksimal sıra, distal sıranın proksimal yüzeyi ile distal olarak eklenerek orta karpal eklemleri oluşturur. Distal sıra, metakarpallerin tabanları ile distal olarak eklenir. Proksimal ve distal sıralar içinde, komşu kemikler eklenerek çeşitli interkarpal eklemleri oluşturur. Tüm karpus, karmaşık ve hassas bir şekilde ayarlanmış bir ligament ağı ile birbirine bağlanır. Karpal kemikler, son derece özel ligament bağlantıları ve dengeli kas kuvvetleri arasındaki etkileşim, eklem düzgün çalışmasını sağlar.

2.2.2. Kıkırdak Doku

El bileğindeki kemikler eklem kıkırdağı tabakasıyla kaplıdır ve sinovyal sıvı ile çevrilidir. Kıkırdağın amacı, yükleri geniş bir alana dağıtmaktır; sinovyal sıvı ile birlikte, kemiklerin yüzeyleri üzerinde minimum sürtünme ve aşınma ile düzgün bir şekilde kaymasını sağlar. Fizyolojik olarak, eklem kıkırdağı damarsız bir bağ dokusudur, bu nedenle iyileşme ve yenilenme potansiyeli düşüktür; hasar görürse osteoartrit gelişir. Kıkırdak tabakasının kalınlığı 1 ile 5 mm arasında değişir ve kemiklerin birbirleriyle etkileşimine bağlı olarak kemik yüzeyleri boyunca değişiklik gösterir (24, 25).

2.2.3. Ligamentler

Karpal eklem stabilitesi, hem geometrik özellikler hem de karmaşık bir bağ grubu tarafından sağlanır. Ligamentler, kemikleri birbirine bağlayan konnektif bir dokudur; yoğun ve doğrusal olarak düzenlenmiş kollajen lif demetlerinden oluşur. Ligamentler, yer değiştirmeyi kısıtlar, hareketi yönlendirir, kemikler arasında doğal hizalanmayı sağlar ve bilek boyunca ve bileği oluşturan yapılar arasında kuvvet aktarımında rol oynar (26). Karpal ligamentlerin anatomisi, boyutu, bağlanma noktaları ve mekanik özellikleri ile ilgili çalışmalar literatürde mevcuttur (27).

Taleisnik ve ark. (28), el bileğindeki bağları bağlanma noktalarının konumuna göre iki gruba ayırmıştır; ekstrinsik bağlar karpal kemikleri radius, ulna veya metakarpal ile birleştirirken, intrinsik bağların kökenleri ve eklem yerleri karpal kemik bölgesi içindedir.

Karpal ligamentler, bağladıkları kemiklerin adını alırlar ve kemikler proksimalden distale ve radialdan ulnara doğru adlandırılır. Tablo 2.1’de el bileğindeki ligamentlerin kemikler arasındaki bağlantıları gösterilmektedir.

Tablo 2.1. El bileği ligamentleri.

Sınıflandırma	Anatomik taraf	Ligament Adı	Bağlantı 1	Bağlantı 2		
Ekstrinsik	Dorsal	Dorsal radiokarpal	Radius	Trikuetrum ve Lunatum		
		Radial kollateral	Radius	Skafoid		
		Ulnar kollateral	Ulna	Pisiform, Trikuetrum		
		Radioulnar	Radius	Ulna		
	Volar	Radioskafokapitatum	Radius	Skafoid and Kapitatum		
		Uzun radiolunatum	Radius	Lunatum and Trikuetrum		
		Kısa radiolunatum	Radius	Lunatum		
		Radioskafolunatum	Radius	Skafoid and Lunatum		
		Ulnalunatum	Ulna	Lunatum		
		Ulnakapitatum	Ulna	Kapitatum		
		Ulnatriquetral	Ulna	Trikuetrum		
		Radioulnar	Radius	Ulna		
		İntrinsik	Dorsal	Interkarpal	Trikuetrum	Skafoid, trapezoid, trapezium
				Trapeziotrapezoid	Trapezium	Trapezoid
Kapitotrapezoid	Trapezoid			Kapitatum		
Kapitohamatum	Kapitate			Hamatum		
Triquetrohmatum	Trikuetrum			Hamatum		
Lunatekapitatum	Lunatum			Kapitatum		
Lunatehamatum	Lunatum			Hamatum		
Skafokapitatum	Skafoid			Kapitatum		

Tablo 2.1. (Devam) El bileği ligamentleri

	Volar	Trapeziotrapezoid	Trapezium	Trapezoid
		Skafotrapezial	Skafoid	Trapezium
		Skafotrapezoidal	Skafoid	Trapezoid
		Skafokapitatum	Skafoid	Kapitatum
		Kapitohamatum	Kapitatum	Lunatum
		Kapitotrapezoid	Kapitatum	Trapezium
		Trikuetrokapitatum	Trikuetrum	Kapitatum
		Trikuetrohamatum	Trikuetrum	Hamatum
		Lunotrikural	Lunatum	Trikuetrum
İnterosseöz		Skafolunatum	Skafoid	Lunatum
		Lunotrikuetral	Lunatum	Trikuetrum
		Trapeziotrapezoid	Trapezium	Trapezoid
		Kapitotrapezoid	Trapezoieum	Kapitatum
		Kapitohamatum	Kapitatum	Hamatum

Bir bağ dokusu için tipik gerilme-gerinim (veya yük-deformasyon) eğrisi, üç bölgeye ayrılabilen doğrusal olmayan bir davranış gösterir: (1) “Toe region (Uç Bölgesi)”, (2) “Lineer Region (Doğrusal Bölge)”, (3) “Failure Region (Kopma Bölgesi)” (29). Uç bölgesinde, uygulanan kuvvet bağ liflerini gererek kıvrımların açılmasını sağlar; lifler düzleştikçe eğri yukarı doğru yükselir. Uç bölgesi genellikle %1,5–3 gerinim seviyesinde sona erer. Doğrusal bölgede, lifler plastik deformasyon bölgesine gerilir ve eğri, yaklaşık %5–7 gerinimindeki akma noktasına kadar doğrusal bir şekilde devam eder. Bu bölgedeki yük-deformasyon eğrisinin eğimi bağın sertliğini (stiffness) temsil eder; gerilme-gerinim eğrisindeki eğim ise dokunun elastik modülünün bir ölçüsüdür. Kopma bölgesinde, akma noktasına ulaşıldıktan sonra liflerde hasar meydana gelebilir ve bağ nihayetinde kopma ile sonuçlanır; bu durum yaklaşık %12–15 gerinim seviyelerinde ortaya çıkar (30).

2.2.4. Skafolunat İnterosseöz Ligament (SLİL)

SLİL, skafoid ve lunatum kemiklerinin eklem yüzeylerini, distal kenarlar hariç olmak üzere, birbirine bağlayan ve C şeklinde uzanan güçlü bir intrinsik karpal ligamenttir. Anatomik ve histolojik olarak SLİL; dorsal (SLİd), proksimal (SLİpx) ve palmar/volar (SLİp) olmak üzere üç ana bölgeden oluşur (31).

Dorsal bölge, kısa ve enine yönelimli kollajen liflerinden oluşan SLİL'in en kalın ve en güçlü kısmıdır. Kısa, enine yönelimli kollajen liflerden oluşur ve histolojik olarak gerçek bir bağ dokusu yapısı gösterir. Lifler, lunatın dorsal boynuzunun radyal yönü ile skafoidin proksimal kutbunun ulnar-dorsal yönü arasında uzanır. Bu yapı, liflerin dorsalden palmara doğru kısalmasıyla sagittal ve transvers düzlemlerde trapez kesit oluşturur. SLİd genellikle 3–5 mm uzunluğunda ve 2–4 mm kalınlığındadır (32, 33). Liflerin bir kısmı dorsal radiokarpal kapsüle, bir kısmı ise dorsal skafotrikuetral ve dorsal interkarpal ligamente bağlanır. Bu bölge, 260 N'ye kadar yük taşıyabilirken, gerilme altında 300 N'den fazla kuvvete dayanabilir (34). SLİd, palmar-dorsal translasyon, distraksiyon ve torsiyonel momentlere karşı direnç sağlamada ve fleksiyon-ekstansiyon hareketlerinin kontrolünde kritik rol oynar (15, 32, 33). Bu nedenle, SLİL'in primer stabilizatörü olarak kabul edilir. Proksimalde, yüksek oryantasyonlu liflerden daha gevşek dokulara kademeli geçişle SLİpx ile birleşir.

Proksimal bölüm, ağırlıklı olarak fibrokartilajdan oluşur ve az miktarda yüzeysel kollajen lif içerir. Kalınlığı değişkenlik gösterir; genellikle SLİL'in en ince kısmıdır. Yapısı nedeniyle mekanik dayanımı düşüktür, yalnızca 25–50 N'lik yük taşıyabilir ve primer stabiliteye katkısı sınırlıdır; genellikle avasküler, aneural ve bağ dokusu açısından fakirdir. Bununla birlikte, skafoid ve lunat arasındaki eklem uyumuna katkı sağlayarak kompresyon ve kayma yüklerinin dağıtılmasına yardımcı olur (15, 32, 33). Histolojik özellikleri nedeniyle yaşa bağlı dejeneratif değişiklikler ve parsiyel yırtıklar en sık bu bölgede görülür (33, 35). Ayrıca, skafoid proksimal kutbundaki göreceli düşük vaskülarite nedeniyle yırtıklar sıklıkla skafoid tarafında meydana gelirken, lunat bağlantısı korunabilir (35). Palmar tarafta radioskafolunat ligamenti ile birleşir. Radioskafolunat, gevşek bağ dokusu ve nörovasküler yapılar içeren, “eklem içi yağ yastığı” olarak da tanımlanan bir pediküldür. Palmar kapsülü delerek SLİpx ile birleşir ve SLİpx ile SLİp bölümlerini ayırır. Bu birleşim noktasında radioskafolunatın çekirdeği, fibrokartilaj yapısını değiştirir ve uzunlamasına yönelmiş liflerle bütünleşir. Yaşa bağlı dejeneratif yırtıklar sıklıkla bu bölümde görülür; genellikle vaskülaritesi düşük olan skafoid tarafında yırtık oluşurken, lunat bağlantısı sağlam kalır (33, 35).

SLİp, histolojik olarak SLİd'e benzer oblik yönlü kollajen liflerden oluşur. Lifler, proksimal ulnar ile distal radial yön arasında seyreder. Genellikle 4–5 mm uzunluğunda ve 1 mm'den fazla kalınlıkta değildir. SLİp, fleksiyon-ekstansiyon rotasyonunu sınırlamak ve rotasyonel kontrol sağlamak açısından kritik öneme sahiptir. Mekanik dayanıklılığı 118–150 N arasında değişir (34, 36). Bu yönüyle, özellikle rotasyonel stabilite açısından ve fleksiyon–ekstansiyon sırasında hareket kontrolünde önemli bir destek sağlar. Proksimalde radioskafolunat ve SLİpx ligamentleri ile birleşirken, distalde radioskafolunat ligamentin uzantıları sayesinde skafoid ve lunatın proksimal palmar yüzeylerine bağlanır ve radyokarpal eklemden izole edilir. Radioskafolunat ligamenti sağlamken bu bölgenin doğrudan görselleştirilmesi zordur. SLİp ile radyoskafoidkapitat ligamenti arasında değişken yoğunlukta bağ dokusu bağlantıları bulunabilir; bu bölge genellikle uzun radiolunat ligamentiyle de sınırlandırılır. SLİL'in palmar ve dorsal bölümleri, skafolunat çiftinin normal biyomekaniğinde belirleyicidir. Buna karşın, SLİpx'in yapısı ve dayanıklılığı, tek başına ligament stabilitesi için yeterli değildir (37). SLİd, SLİpx ve SLİp, mekanik ve histolojik olarak farklılık gösterdiğinden, SLİL rekonstrüksiyonu planlanırken bu heterojen yapı dikkate alınmalıdır. Ligamentin tüm bölümlerini homojen bir birim gibi ele almak, rekonstrüksiyon başarısızlığına neden olabilir. Bu nedenle, özellikle doğrudan onarımlarda, iyileşme potansiyeli yüksek ve dikişi destekleyecek yeterli doku içeren bölgelerin seçilmesi önemlidir (37, 38).

2.2.5. Kaslar

FKU tendonu içindeki pisiform hariç, dinamik stabilite sağlamak için karpal kemiklere doğrudan motor bağlantıları yoktur. Karpal harekete katkıda bulunan fleksörler ve ekstansörler, dirsek/proksimal önkoldaki kökenlerinden metakarpallere veya falankslara bağlanır. FKR ve FKU başlıca bilek fleksörleridir, EKRL ve EKRB başlıca ekstansörlerdir, APL ve EKV ise sırasıyla başlıca radyal ve ulnar deviatörlerdir. EKV, APL ve ekstansör pollicis brevis tendonları dinamik stabiliteye katkıda bulunur. Bu nedenle, karpal kemiklerin düzeni ve çeşitli ligamentöz bağlantılar bilek stabilizasyonunda birincil rol oynar (8). Palmar tarafta, radiokarpal ve ulnokarpal eklemler, FKR, palmaris longus, FKU, fleksör digitorum superficialis, fleksör digitorum profundus, fleksör pollicis longus tendonları geçer. Dorsal tarafta ekstansör

pollis brevis, APL, EKRL, EKRB, ekstansör pollis longus, ekstansör digitorum communis, ekstansör indisis proprius, ekstansör digiti minimi ve EKV tendonları radyokarpal ve ulnokarpal eklemi çaprazlar (32, 39, 40).

2.2.6. Nörovasküler Anatomi

Karpal kemiklerin kanlanması, radyal ve ulnar arterlerden köken alan üç dorsal ve üç palmar arkın oluşturduğu anastomotik damar ağı aracılığıyla sağlanmaktadır (41). Skafoid, kapitatum ve lunatum kemiklerinin yaklaşık %20'lik bölümü, yalnızca tek bir intraosöz damar tarafından beslenmektedir. Buna karşılık trapezoid ve hamatum, intraosöz anastomoz oluşturmayan iki ayrı bölgeden kan akımı almaktadır. Trapezium, trikuetrum, pisiform ve lunatumun büyük bir kısmı (%80) ise intraosöz anastomoz içeren iki farklı kaynaktan beslenmektedir. Bu anatomik özellikler nedeniyle, özellikle skafoid, kapitatum ve lunatum kemiklerinin tek damar ile beslenen %20'lik kısımları, diğer karpal kemiklere kıyasla avasküler nekroz gelişimi açısından daha yüksek risk taşımaktadır (42).

2.3. Biyomekanik

El bileğinin eklem hareket açıklığı, iki anatomik eksendeki hareketlerin birleşiminden kaynaklanır. Bir eksen de fleksiyon ve ekstansiyon meydana gelir; bu değerler, fleksiyon için 60-80° ve ekstansiyon için 55-75° arasındadır. Diğer eksen de radial ve ulnar deviasyon meydana gelir ve bu değerler sırasıyla 15-25° ve 30-45° arasındadır (43). Elin pronasyonu ve supinasyonu, bileğin bağımsız bir hareketi olmadığı için tartışmalı bir konudur, çünkü bu hareket saf bir bilek hareketi değil, önkol hareketidir (44).

Karpal kinematik, karpal kemiklerin düzlem içinde ve düzlem dışında çoklu rotasyonu nedeniyle analiz edilmesi ve görselleştirilmesi karmaşık bir konudur. Karpal kinematiği anlamak, ligament rüptürü veya cerrahi prosedürün kemiklerin normal hareketine etkisini belirlemek için çok önemlidir. Karpal kinematiği bildiren ilk çalışmalar düz röntgen görüntülerini kullanmıştır; bu çalışmalarda, kemiklerin hareketi, fleksiyon, ekstansiyon, radial veya ulnar deviasyonda farklı pozisyonlarda çekilen görüntülerde kemiklerin açı veya uzunluktaki değişiklikleri ölçülerek

değerlendirilmiştir (44, 45). Radyografi görüntülerinin (iki boyutlu projeksiyon) kullanılması, karmaşık karpal kinematiğin gözlemlenmesini ve açıklanmasını sınırlamıştır. Kobayashi ve ark. (45), karpal kemiklerin altı serbestlik derecesiyle hareket ettiğini bildirmiş ve analizin 3 boyutlu çalışmaya genişletilmesini önermiştir.

İki boyutlu projeksiyonun sınırlamasını aşmak için Ferris ve ark. (46), karpal hareketi iki düzlemde aynı anda görüntülemek için çift röntgen kullanmıştır: biri posteroanterior düzlemde (dorsal veya volar), diğeri lateral düzlemde. Ancak, lateral röntgen görüntüsünde kemiklerin birbiri üzerine binmesi nedeniyle, karpal kemiklerin sınırları bu açıdan ayırt edilememiştir; bu nedenle elde edilen sonuçlar yeniden sınırlı kalmıştır.

Üç boyutlu görüntüleme teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte, yeni çalışmalar karpal kemiklerin hareketini in vivo değerlendirmeye başlamıştır (47-49). Crisco ve ark. (47), invaziv olmayan bilgisayarlı tomografi görüntülemesini kullanarak karpal kinematiği in vivo olarak nicel hale getirmiştir. Kullanılan teknik birkaç aşamadan oluşmaktadır: görüntü elde edilmesi, kemik yapıların segmentasyonu, kontur çıkarımı ve görüntülerin eşleştirilmesi. Bu süreç, her bir kemiğin farklı pozisyonlar boyunca konum değişikliğinin izlenmesine olanak sağlayan bir kinematik analiz gerçekleştirmek amacıyla birden fazla pozisyonda tekrarlanmıştır.

Son zamanlarda, ayak bileği, diz, omuz, dirsek ve el gibi diğer eklemlerdeki hareketi izlemek için kullanılan prob yöntemleri, karpal kinematik çalışmalarına uygulanmıştır (50, 51). Fraysse ve ark. (50), kemik pimi üzerine monte edilmiş işaretleyiciler ve optik kayıt sistemi kullanarak karpal hareketi izlemiştir. Sekiz kadavra örneğinde, markerlar yerleştirilmiş ve ardından ulna, radius, üçüncü metakarpal, skafoid, lunat, trikuetrum ve kapitat izlenmiştir. Çalışma fleksiyon (15°) ekstansiyon (15°), radial (20°) ve ulnar deviasyon (20°) sırasında yapılmıştır. Altı serbestlik dereceli bir robot, metakarpal kemikleri çekerek elin hareketini yeniden üretmiştir. Kaydedilen yörüngeler, radyokarpal ve midkarpal eklemler için net hareket kalıpları göstermektedir. Bu yöntemin avantajı, hareketin tekrarlanabilirliği ve sonuçların güvenilir olmasıdır.

Benzer bir çalışmada, Eschweiler ve arkadaşları (51) elektromanyetik izleme sistemleri kullanarak karpal hareketi kaydetmiştir. Elektromanyetik izleme sensörü, sekiz kadavra bileğinde karpal kemiklerin merkezinin yaklaşık konumuna doğrudan implante edilmiştir. Örnekler, kuvvet uygulanmadan pasif hareketle fleksiyon (30°), ekstansiyon (30°), radial (15°) ve ulnar deviasyon (15°) üretmek için özel bir donanıma monte edilmiştir. Sonuçlar, SLİL'in kesilmesinden önce ve sonra skafoid, lunatum ve trikuetrumun hareket modelini rapor etmiştir. Optik izleme ile benzer şekilde, bu yöntemin avantajı hareketin tekrarlanabilirliği ve veri doğruluğudur; ancak, takılan aletlerin ağırlığı karpal kemiklerin doğal hareketini engelleyebilmektedir.

2.3.1. Kinematik ve Karpal Stabilite

Bilek ekleminin son derece karmaşık hareketi, morfoloji (karpal kemiklerin ve eklemlerinin şekilleri), yumuşak doku kısıtlamaları (ekstrinsik ve intrinsik bağlar) ve distal karpal sıra üzerinden dolayı olarak etki eden motor bağlantılarının (metakarpal kemiklerin tabanlarına) birleşimiyle sağlanır. Bunlar arasındaki karmaşık etkileşimler, normal ve stabil karpal eklem fonksiyonuna olanak tanır. Stabilite, “bir eklemin, fizyolojik yükler altında tüm hareket aralığı boyunca eklemlenen kemikler ve yumuşak doku kısıtlamaları arasında normal bir ilişkiyi koruma yeteneği” olarak tanımlanır (52). İnstabilite, eklemler arasında anormal yük transferine yol açarak eklem kıkırdağı üzerindeki stresi artırabilir ve ayrıca karpal hizalamayı etkileyerek anormal hareket paternlerine neden olabilir.

Karpal kinematik ilk olarak 1859'da Henke tarafından kadavra üzerinde incelenmeye çalışılmış, fakat X-ışınlarının keşfinden sonra, 1896 yılında Bryce'ın kendi bileklerini radyografi ile incelemesiyle daha anlamlı hale gelmiştir (53). Günümüzde sineradyografi, stereofotogrametri, gonyometri, manyetik izleme, biplanar radyografi ve temassız işaretleyicisiz takip gibi çeşitli yöntemlerle karpal hareket analizleri yapılmaktadır (53). Başlangıçta el bileğinin tek pivot noktasına sahip evrensel bir eklem gibi davrandığı düşünülmüşse de günümüzde capitatum başında (proksimal kutbu) yer alan fakat 4 mm kaymış üç ana hareket eksenini olduğu kabul edilmektedir: Bu eksenlerde fleksiyon-ekstansiyon hareketi radial-ulnar deviasyon ve pronasyon-supinasyon hareketi gerçekleşmektedir (53, 54).

Fleksiyon-ekstansiyon hareket aralığı 140–150° (80° fleksiyon, 70° ekstansiyon), radial-ulnar deviasyon hareket aralığı 50–60° (15–20° radial, 30–35° ulnar), pronasyon-supinasyon ise yaklaşık 150°'dir (55). Fleksiyon hareketinin %60'ı midkarpal, %40'ı radiokarpal eklemden kaynaklanırken; ekstansiyonda bu oranlar tam tersidir. Radial-ulnar deviasyonda da midkarpal eklem baskındır (%60) [5]. El bileği yüklenme sırasında esas olarak önkol ile birlikte hareket eder, ancak fleksiyon-ekstansiyon ve radial-ulnar deviasyon sırasında skafolunat arasında hafif rotasyonlar da görülür. Bu bağlamda, distal karpal sıra metakarpallere sıkı bağlarla tutunur ve fonksiyonel bir ünite olarak davranırken, proksimal sıra kemikleri stabilite ve hareket açıklığını sağlamak adına birbirlerine göre daha serbest hareket eder (55).

Fleksiyon-ekstansiyon hareketi sırasında, skafoid %69, lunatum ise %51 oranında katkı sağlar; ekstansiyonda bu oranlar sırasıyla %83–86 ve %45–48'dir. Skafoid ile lunatum arasında da 13° (fleksiyonda) ve 21° (ekstansiyonda) düzlemsel hareket izlenir. Radial-ulnar deviasyon hareketinde, radial deviasyonda distal sıra radial yöne doğru ekstansiyon ve supinasyon ile hareket ederken, proksimal sıra ulnar yöne doğru fleksiyon yapar. Bu sırada skafoid ve lunat sırasıyla %29 ve %25 katkı sağlar (55-57). Ulnar deviasyonda ise bu hareketler tersine döner ve katkı oranları %49 ve %54'e çıkar (55, 56).

Karpal hareketin düzlemsel eksenlerle tanımlanmasının yetersiz olduğu, özellikle fonksiyonel aktivitelerde (örneğin saç tarama, fırlatma vb.) hareketin oblik düzlemde gerçekleştiği ifade edilmiştir. Bu oblik hareket düzlemi, literatürde 'dart-thrower motion (DTM)' yani dart-atma hareketi (DAH) olarak bilinir ve ekstansiyon-radial deviasyondan fleksiyon-ulnar deviasyona doğru ilerler. Bu eksenle hareket esas olarak midkarpal eklemden gerçekleşir, proksimal sıra rotasyon yapmaz. Bu düzlem, kavrama gücünün korunmasına yardımcı olduğu için stabilite açısından önemlidir (15, 58).

Karpal stabiliteyi açıklamak için literatürde sıra teorisi, halka teorisi ve kolon teorisi gibi çeşitli teoriler geliştirilmiştir. Her biri karpal kemikler arasındaki ilişkileri ve yük aktarımını farklı şekillerde açıklamaya çalışır. Ancak günümüzde bilek ekleminin karmaşık yapısı göz önüne alındığında, distal sıra, midkarpal eklem,

proksimal sıra ve radiokarpal eklemi içeren dört stabilite mekanizmasının kombinasyonunun yük altında stabiliteyi sağladığı düşünülmektedir. Ayrıca, SLİL gibi intrinsik bağlar karpal hareketleri sınırlayarak stabiliteyi destekler. Örneğin, SLİd bölgesi skafoid fleksiyonunu ve proksimal kutbunun dorsale translasyonunu kısıtlayarak normal radioskafoid temasını sağlar. Bu bağlar ya da yapılar zarar gördüğünde ise karpal instabilite ortaya çıkar (16, 57, 59).

2.3.2. El Bileği Hareket Teorileri

Genel bir karpal hareket teorisini birleştirmenin temel zorluğu, küresel el bileği hareketine karpal kemiklerin göreceli katkısını belirlemektir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, kemiklerin hareket ederken farklı düzlemlerde hareket edip döndüğü için bireysel karpal hareketin karmaşık olduğunu göstermiştir; bu da hareket kalıplarını tanımlamak için tek bir teori türetilmesini sınırlamaktadır (60, 61). Genel olarak, karpal hareketlerin spektrumu iki ana karpal hareket teorisi ile açıklanabilir: sıra teorisi ve sütun teorisi.

Sıra teorisi

Sıra teorisinde, karpal kinematik, birbirinin üzerinde kayan iki sıra kemik olarak tanımlanır. Bu teoride, proksimal sıra skafoid, lunatum ve trikuetrum kemiklerinden oluşurken, distal sıra hamatum, capitatum, trapezium ve trapezoid kemiklerinden oluşur. Distal sıradaki kemikler hem birbirlerine hem de metakarplara sıkı şekilde bağlıdır; bu durum onların rijit bir ünite gibi hareket etmelerini sağlar (62). Proksimal sıradaki kemikler ise, ligamentöz bağlantıların görece yetersiz olması nedeniyle daha serbest hareket edebilen ve “interkalat segment” olarak da adlandırılan bir yapı oluşturmaktadır (63). Kinematik açıdan değerlendirildiğinde, her bir sıra küresel el bileği hareketine farklı katkılarda bulunmaktadır. Fleksiyon ve ekstansiyon sırasında, distal sıra midkarpal eklemden proksimal sıra üzerinde kayarak hareketin büyük kısmını kontrol etmektedir. Radial ve ulnar deviasyon sırasında ise proksimal sıra, radiokarpal eklemden radius üzerinde kayarak hareketi kontrol etmektedir.

Sütun Teorisi

Sütun teorisinde, karpal kinematik, merkezi bir sütun etrafında dönen iki yan sütun olarak tanımlanır. Merkezi sütun, lunatum, kapitatum, hamatum, trapezium ve trapezoidden oluşur; lateral sütun skafoiddir ve medial sütun trikuetrum ve pisiformdan oluşur. Kinematik açıdan değerlendirildiğinde, fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri, sıra teorisine benzer şekilde midkarpal ve radyokarpal eklemden merkezi sütunda gerçekleşmektedir. Kinematikteki belirgin farklılık, radial ve ulnar deviasyon sırasında ortaya çıkmaktadır. Radial deviasyon sırasında, skafoid (lateral sütun) palmar tarafa doğru fleksiyon yaparak merkezi sütuna yer açar; bunun tam tersi yönde ulnar deviasyon sırasında ise, trikuetrum dorsal yöne doğru hareket ederek hamatum üzerinde kayar ve ulnar deviasyon sırasında merkezi sütuna alan oluşturmaktadır (64). Hangi teorisinin doğru olduğunu belirlemek için Craigen ve arkadaşları (61), 52 bireyde radyoulnar sapma sırasında skafoidin translasyon oranını hesaplayan bir araştırmada, skafoidin sıra şeklinde hareket ettiği bilekler ve skafoidin gerçek bir sütun gibi davrandığı bilekler olduğu sonucunu gözlemlemişlerdir. Genel sonuç, açık sıra tipi hareketten açık sütun tipi harekete kadar bir hareket spektrumu olduğu yönündedir. Garcia-Elias ve ark. (65), radyoulnar sapma sırasında el bileği gevşekliği ile skafoid hareketi arasındaki ilişkiyi değerlendirmiştir. Craigen'e benzer şekilde, 60 denekte skafoid kinematik indeksini hesaplamışlardır. Sonuçlar, sıradan sütuna kadar uzanan karpal mekanik spektrumunu doğrulamıştır. Bulgular, karpal kinematik ve el bileği gevşekliği arasındaki ilişkiyi açıklamak için kesin sonuçlar vermemiştir. Galley ve ark. (60), lunatum kemik morfolojisini kinematik davranışı belirleyen bir faktör olarak ilişkilendirebilmiştir.

2.4. Karpal İnstabiliteler

Karpal instabiliteler, kemik ve bağ dokularının anatomik yapılarında meydana gelen hasarlar sonucunda oluşur. Klinik görüntülemelerde bu hasarlar genel olarak izole çıkıklar, kırıklar veya kırıklı çıkıklar olarak sınıflandırılabilir. Yaralanmanın tipi; yüklenme şekli, süresi ve şiddeti, yaralanma anındaki el pozisyonu ve ilgili yapıların biyomekanik özelliklerine göre belirlenir. Hiperekstansiyon, ulnar deviasyon ve interkarpal supinasyon gibi mekanizmaların bu yaralanmalara neden olduğu düşünülmektedir. İzole çıkıklar genellikle ekstrinsik ve intrinsik ligamentlerin hasar

görmesiyle meydana gelir. Bu hasar ilerleyici dejenerasyona bağlı olabileceği gibi, çoğunlukla travmaya bağlı gelişir. Lunatum çıkığı ve perilunat çıkıkları (skafoid, kapitat, triketrum ve lunatum) bu gruba girer. Hiperekstansiyon ve ulnar deviasyon; radyoskafoidkapitat, skafotrapezium-trapezoid ve radioskafolunat ligamentlerinde yırtılmalara neden olurken, interkarpal supinasyon SLİL'in palmar kısmından başlayarak dorsal kısma doğru ilerleyen yırtıklara yol açar ve skafoidin çıkmasına ve rotasyonuna neden olur (66). Ligament hasarının şiddetine bağlı olarak, kapitatum, trikuetrum ve lunatum gibi kemiklerde de çıkıklar gelişebilir. Kırıklar genellikle kemiklere doğrudan uygulanan travmalarla oluşur. Skafoid, radius stiloidi, distal radiusun dorsal/palmar eklem içi yüzeyleri (Barton kırığı), trikuetrum ve nadir olarak kapitatum kırıkları bu grupta yer alır. En sık görülen karpal kırık, %71,2 oranla skafoid kırığıdır; bunu %20,4 ile trikuetrum kırığı takip eder. Skafoid kırıkları, yüklenme tipine göre değişiklik gösterir: bel kısmında (%70–80), hiperekstansiyon altında palmar yüzeyden dorsale doğru ilerleyerek; proksimal kutupta (hiperekstansiyonda); distal tüberkülda ise kompresyon sonucu oluşur. Kaynamama durumunda, kırık fragmanın osteonekrozu (Preiser hastalığı) görülebilir ve bu, ligamentlerde gevşemeye yol açabilir (66, 67). Genellikle 95–100° ekstansiyon pozisyonunda yüklenme sonucu skafoid kırığı meydana gelir. Daha düşük açılarda ise colles kırığı (ekstansiyonda) veya Smith kırığı (fleksiyonda) distal radius kırıkları oluşur (57).

Bazı kırıklar ligamentöz hasarlarla birlikte görülür ve bu durumlar kırıklı çıkıklar olarak tanımlanır. Bunlara transskafoid veya transtrikuetrum perilunat kırıklı çıkıklar örnek verilebilir. Distal radiusun lateral kısmındaki kırıklar sıklıkla skafoid çıkığı ile birlikte gözlenir. Ayrıca skafoid kırıkları neredeyse her zaman SLİL hasarı ile (parsiyel yırtık ya da tam kopma) birlikte olur [20]. Kırık ve çıkıklara bağlı olarak gelişen bağ yırtıkları veya ilerleyici bağ gevşeklikleri, karpal instabiliteye neden olabilir (66, 67).

2.5. Karpal İnstabilitenin Sınıflandırılması

Hastalık ya da travmaya bağlı olarak gelişen karpal instabiliteler, normal karpal dizilimi bozarak anormal hareketlere ve yük aktarımına yol açabilir (57, 68). Normal fonksiyonda, el bileğinin santral kolonu (radius, lunatum, kapitatum ve üçüncü metakarp) neredeyse doğrusal bir dizilim sergiler. Bu doğrusal yapıda herhangi bir

halkada meydana gelen 5 ila 10°'den fazla bir açısal sapma instabilite olasılığına işaret eder (68).

İnstabiliteler altı kategoriye ayrılır. Bu kategoriler, instabilitenin süresi, sürekliliği, etiyojisi, lokalizasyonu, yönü ve paternine göre sınıflandırılır (15, 53, 68). Bir instabilitenin tanımı yapılırken bu parametrelerin tamamı dikkate alınmalıdır (69).

Kronikleşme süresine göre; instabiliteler akut (ilk bir hafta içinde tanı konulan), subakut (1-6 hafta) veya kronik (6 haftadan uzun süren) olarak sınıflandırılır. Akut dönemde iyileşme potansiyeli en yüksektir, kronik dönemde ise cerrahi müdahale olmadan iyileşme olasılığı düşüktür.

Şiddet düzeyine göre instabiliteler; statik, dinamik ve predinamik olmak üzere sınıflandırılır. Statik instabiliteler, standart radyografilerde istirahat pozisyonunda dahi gözlemlenebilirken; dinamik instabiliteler yalnızca hareket veya stres altında görünür hale gelir. Predinamik instabilitelerde ise klinik semptomlar mevcut olmasına rağmen radyografik bulgular yoktur.

Etiyolojik açıdan instabiliteler; en sık travma nedeniyle görülür, ancak inflamatuvar hastalıklar (romatoid artrit, Kienböck hastalığı, enfeksiyonlar), konjenital anomaliler, neoplastik oluşumlar, cerrahiye bağlı komplikasyonlar veya başka nedenlerle de ortaya çıkabilir.

Lokalizasyonlarına göre instabiliteler; radyokarpal, midkarpal, interkarpal, karpometakarpal veya belirli kemik/ligamentlere özel olabilir. Radyokarpal instabiliteler palmar, dorsal ya da ulnar çıkıklarla veya Barton tipi kırıklarla ilişkilidir. Midkarpal instabiliteler, ilgili bağların zayıflaması veya yırtılması sonucu gelişir. Karpometakarpal instabiliteler daha nadir görülür ve genellikle karpusa dik eksenide gelen aksiyel travmalarla ortaya çıkar.

Yönlerine göre instabiliteler; radial, ulnar, palmar, dorsal, proksimal, distal veya bunların kombinasyonları şeklinde karpal kemiklerin yer değiştirmesi ile tanımlanabilir. Açısal deformitelerle oluşan rotasyonel instabiliteler de gözlenebilir. Örneğin, distal stabilizatörlerin zayıflığı sonucu skafoid fleksiyona girer, SLİL yırtığı

ile SL mesafe artar ve skafoid ön kola dik pozisyona döner. Bu durum rotasyonel sublüksasyon olarak adlandırılır. SLİL, dorsal interkarpal ve dorsal radiyokarpal ligamentlerinin progresif yırtılmaları dorsal interkalar segment instabilitesi ile sonuçlanır. Lunotriquetral interosseös ligamentin yırtılması ise volar interkalar segment instabilitesi olarak bilinen, trikuetrumun ekstansiyonuna eşlik eden skafoid ve lunat fleksiyonuna yol açar.

Karmaşık paternlere göre instabiliteler dört gruba ayrılır: dissosiyatif karpal instabilite), non dissosiyatif karpal instabilite, kompleks karpal instabilite ve adaptif karpal instabilite. Adaptif karpal instabilite, el bileği dışı deformiteler (örneğin distal radius malunionu) sonucu karpusun uyum sağlamasıyla gelişir. Dissosiyatif karpal instabilite, interkarpal/interosseöz bağ yırtıklarına (SLİL, lunotriquetral interosseös ligament gibi) bağlı olarak proksimal ya da distal sıralarda ayrışmayla oluşur. Örneğin, SLİL yırtığı olan skafoid kırıkları dissosiyatif karpal instabilite kategorisine girer. Nondissosiyatif karpal instabilite, kapsüler bağların yırtılmasıyla proksimal ve distal sıralar arasındaki bozulmuş ilişkiyi tanımlar. Kompleks karpal instabilite ise dissosiyatif karpal instabilite ve nondissosiyatif karpal instabilite'nin birleşiminden oluşan daha şiddetli bir instabilite tipidir. Perilunate instabilite buna örnek olarak gösterilir; SLİL yırtığı ile başlayan süreçte kapitat ve triketrum dislokasyonu meydana gelir, ardından palmar ve dorsal radyokarpal bağların yırtılmasıyla lunatum disloke olur. SLİL ve kapsüler bağların birlikte hasar gördüğü durumlar (örneğin transskafoid perilunate dislokasyon) da kompleks karpal instabilite olarak sınıflandırılır (53, 68-70).

2.6. Skafolunat İnstabilite

SLİL instabilitesi, en sık görülen karpal instabilitedir (71). Yaralanma sonucu SL aralığının genişlemesi, ilk olarak 1926 yılında Destot tarafından belgelenmiştir (72). SL instabilitesi klinik olarak SLİL'nin kısmi yırtılması hafif fonksiyon kaybından tam yırtılma ve iş göremez hale getiren ağrıya kadar değişebilir. SLİL yırtığı genellikle düşme veya bileğe ani bir yük binmesi sonucu oluşur. Lezyonun ciddiyeti hafif burkulmadan tam yırtığa veya kemik kırığına kadar değişebilir. Yaralanmanın ciddiyeti, gizli (asemptomatik), dinamik SL ayrışması (görünür boşluk) ve karpal

çöküntü arasında değişir. Ağrı, yaralı el bileğinin normal/fizyolojik yükleri kaldıramamasından kaynaklanabilir.

SL instabilitesini özel olarak bildiren bir kayıt bulunmamaktadır; ancak, bilek burkulma vakalarının yaklaşık %5'i SL yırtığı ile ilişkilidir (73). Distal radius kırıkları ameliyatlarının %36'sında SL bağ yırtığı saptanmıştır. Bu zedelenmeler, karpusta instabiliteye yol açar ve genellikle skafolunat ileri çöküş (SLAC) bileği olarak evrilir (71).

2.6.1. Fizik Muayene ve Öykü

Skafolunat aralığın bütünlüğü, farklı travmatik mekanizmalar ve yaralanma tipleri sonucunda bozulabilmektedir. Olguların büyük bir kısmında, elin hipotenar bölgesine alınan darbeye ilişkili bir düşme öyküsü bulunmaktadır. El bileğinin ekstansiyon ve ulnar deviasyon pozisyonunda yük altında kalması, skafolunat bağda hasara yol açabilen başlıca mekanizmalardan biridir. Subakut dönemde ise hastalar, aktivite sırasında ortaya çıkan el bileğinde tıklama hissi ve kavrama gücünde azalma gibi semptomlarla başvurabilmektedir. Klinik değerlendirmede, skafoid kemik ve dorsal skafolunat aralık üzerinde lokalize hassasiyet sıklıkla saptanmaktadır (74).

2.6.2. Patofizyoloji

SLİL, SL ekleminin birincil stabilizatörüdür. İntakt SLİd ve SLİp bölümleri normal eklem hareketi için kritiktir. Bununla birlikte, palmar ekstrinsik ve intrinsik bağlar (radyoskafoidkapitat, radioskafolunat, skafotrapezium-trapezoid), dorsal radyokarpal ve dorsal interkarpal ligamentler de sekonder stabiliteye katkıda bulunur. Tek başına SLİL yırtığı düz radyografilerde belirgin bir değişiklik göstermeyebilir. SLİp yırtıkları genellikle minimal aralık genişlemesine neden olurken, SLİd yırtıkları daha belirgin bir genişleme ile ilişkilidir. Radyoskafoidkapitat ligamentin bozulması durumunda ise skafolunat aralığında anlamlı bir genişleme gözlenir. SLİL tek başına lunatumun malrotasyonuna neden olmaz; ancak dorsal radyokarpal ve dissosiyatif dissosiyatif karpal instabilite yırtığı ile birlikte dorsal interkalar segment instabilitesi gelişebilir. Travma mekanizması tam olarak net olmamakla birlikte, Yaralanma mekanizması genellikle hiperekstansiyon/radial eğilimdeki ulnar deviasyon ve

supinasyon pozisyonundaki yüklenmesiyle ya da tekrarlayan bükülme hareketleriyle (örneğin sopa savurma) bir travma ile ilişkilidir, çoğunlukla thenar eminens üzerine düşmenin bir sonucudur. Bu durumda kapitat kemiğin proksimal-palmar hareketi skafoid ve lunatın zıt yönlerde ayrılmasına neden olur. SLİL yırtıkları sıklıkla SLİp'den başlar ve dorsale doğru ilerler. Bu koşullarda skafoid, bilek ekstansiyonu nedeniyle uzatmaya ve birleşik radial eğilim nedeniyle fleksiyona doğru iki zıt kısıtlamaya maruz kalır. Radiusun posterior kısmı, skafoide baskı uygulayarak SL bağ üzerinde önemli kısıtlayıcı kuvvetler oluşturur; bu kuvvetler, skafoidin proksimal kısmının palmar yöne doğru hareketine karşı koyar. Birinci karpal sıra, bir “hareketli menisküs” gibi davranarak, koherent bir bütün oluşturduğu sürece aksiyel yükleri absorbe eder (75, 76). SL bağın kopması durumunda ise, birinci karpal sıra bütünlüğünü kaybeder ve tüm karpal stabilite bozulur (77):

- Skafoid, boylamsal kısıtlayıcı kuvvetler nedeniyle fleksiyona gider.
- Lunate, trikuetrumun etkisiyle ekstansiyona gider (dorsal interkale segment instabilitesi).
- SL mesafesi artar ve bu durum SL diyastaz oluşumuna yol açar.

Bu biyomekanik değişiklikler, skafoid ve lunate arasındaki fonksiyonel mesafenin azalmasına bağlı olarak karpus yüksekliğinde azalmaya neden olur. Bunun sonucunda ekstrinsik ligamentöz sistemler gevşer ve karpusun pasif stabilitesi bozulur (77). Bu tip bir yaralanma sonrasında el bileğinde meydana gelen biyomekanik değişiklikler, dejeneratif süreçlere yol açmaktadır (78); ancak bu süreçlerin ne zaman ortaya çıkacağını öngörmek zordur.

2.6.3. Klinik ve Paraklinik Bulgular

Yaralanmalarda kronik dönemde cerrahinin daha zor olması nedeniyle, erken tanı hastanın iyileşmesi açısından kritik bir faktördür (79).

Klinik Bulgular

Klinik muayene, ne yazık ki SLİL yaralanmalarına özgül olmayan bazı bulguların saptanmasına olanak tanır. Bu bulgular arasında el bileğinin radyal

tarafında ağrı yer almakta olup, ağrı çoğu zaman SL eklem aralığının palpasyonu sırasında belirgin şekilde artmaktadır. Mobilizasyon sırasında ortaya çıkan klikleme ve takılma hissi, temel olarak skafoid ile lunate arasındaki bağlantının bozulması ile ilişkilidir. Ayrıca hastalarda belirgin kavrama kuvveti kaybı izlenebilir. Hareket kısıtlılığı ise genellikle daha ileri evrelerde ortaya çıkan bir bulgu olarak değerlendirilir.

Değerlendirmeye yardımcı olabilecek bazı klinik testler de mevcuttur:

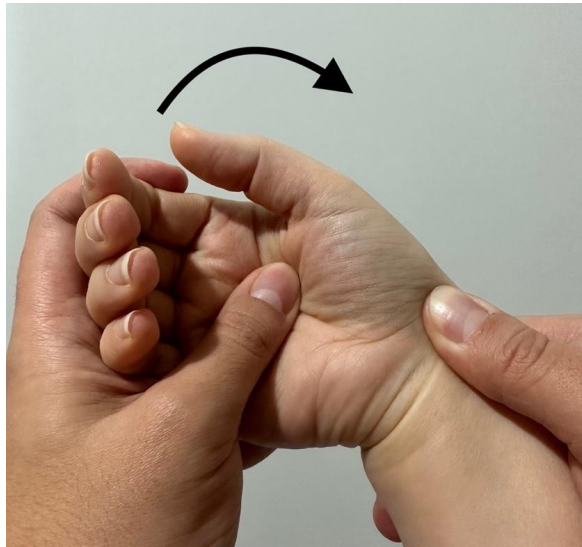
Skafolunat instabilite testi: Bu test, skafoid ve lunate üzerine zıt yönlü kaydırma hareketleri uygulanmasına dayanır. Ağrı veya anormal hareket, SL bağ yaralanmasını düşündürür.

Skafoid dinamiğinin değerlendirilmesi (Bell belirtisi): Bu değerlendirme, el bileği radial ve ulnar deviasyon pozisyonundayken skafoidin hareketliliğinin incelenmesini içerir. Terapist başparmağını skafoidin tüberkül seviyesine yerleştirir ve el bileğine radial ve ulnar deviasyon uygular. Skafoid dinamiği normal ise, radial deviasyon sırasında tüberkülün belirginleştiği (skafoidin fleksiyona gittiği) ve ulnar deviasyon sırasında geri çekildiği (skafoidin ekstansiyona gittiği) hissedilir.

Watson testi (skafoid shear testi): Bu testte terapist, hasta ile “kol güreşi” pozisyonunda karşı karşıya durur. Terapistin işaret parmağı veya parmakları skafoidin proksimal kısmının dorsal yüzüne, başparmağı ise palmar tüberoziteye yerleştirilir. Diğer el metakarpları stabilize eder. El bileği ulnar deviasyondayken, skafoidin palmar yüzüne sabit bir basınç uygulanır ve skafoidin ekstansiyona gitmesi sağlanır. Ardından el bileği radyal deviasyona getirildiğinde, skafoid terapistin başparmağı tarafından tutulduğu için fleksiyona geçemez (Şekil 2.1) (80). SL yaralanması olan veya belirgin laksitesi bulunan hastalarda, skafoid radiusun posterior kısmının altına doğru geriye kayma eğilimindedir ve bu sırada terapistin işaret parmağıyla temas ederek ağrıya neden olur. Ağrı tek başına olabileceği gibi klikleme/takılma ile de birlikte görülebilir. Basınç serbest bırakıldığında skafoid normal pozisyonuna döner ve bazen duyulabilir bir “tak” sesi eşlik edebilir. Bazı olgularda, karşı tarafla kıyaslandığında hareket açıklığının azalması, ödemli ve sinovyal bir reaksiyonu düşündürülebilir. Yanlış pozitif

sonuçları önlemek için, test öncesinde skafoidin posterior yüzüne bası uygulanmalı ve spontan ağrı olup olmadığı değerlendirilmelidir (81).

Her ne kadar en çok bilinen test olsa da düşük duyarlılık ve özgüllüğe sahiptir. Normal bireylerin sadece %20'sinde pozitifdir. Lane, sadece anteroposterior bir translasyon gerçekleştiren bir modifikasyon önermiştir (skafooid shift test), bu da testin duyarlılığını artırabilir.



Şekil 2.1. Watson (skafooid shift test) testi (80).

Paraklinik Bulgular

Kapsamlı bir klinik muayenenin ardından, bu bulgular SL bağ yaralanmasının varlığını ve evresini doğrulamak ya da dışlamak için kullanılır (Tablo 2.2) (81).

Tablo 2.2. Skafolunat instabilitelerin özet tablosu (Ph. Saffar'a göre).

Evre	Değerlendirme
Predinamik	Klinik tanı, normal X-ray
Dinamik instabilite	Klinik tanı + dinamik X-ray
Statik veya sürekli (N. Barton)	Basit ön-arka (PA) X-ray + kıkırdak değerlendirme: artroskan veya artroskopi
Artroz ile birlikte statik instabilite: radio-skafooid + luno-kapitat artroz (SLAC)	Basit ön-arka (PA) X-ray ± kıkırdak değerlendirme: artroskan veya artroskopi

PA: Posterior-Anterior, SLAC: Skafolunat ileri çökme dejenerasyonu

2.6.4. Görüntüleme

Radyografi (X-Ray)

Statik Grafiler

Ön-arka grafilerde, SL yaralanmaya ilişkin çeşitli radyolojik bulgular değerlendirilmektedir. Bu bulgular arasında, yaralanma varlığında 3 mm'nin üzerinde ölçülen SL diyastaz yer almaktadır. Ayrıca ring (halka) işaretini, skafoidin fleksiyona eğim yaptığını gösteren önemli bir radyolojik bulgudur. Bunun yanı sıra, skafoidin fleksiyona ve lunatenin ekstansiyona eğim yapmasına bağlı olarak fonksiyonel mesafenin azalması sonucu karpal yükseklikte azalma izlenebilmektedir. Lateral grafilerde değerlendirilen bulgular arasında, normalde 70°'nin altında olması gereken SL açısı önemli bir ölçüt olarak yer almaktadır. Ayrıca, lunatenin ekstansiyona doğru yer değiştirmesi ya da dorsal interkalar segment instabilitesi varlığı, SL instabiliteyi düşündürülen başlıca radyolojik bulgular arasında değerlendirilmektedir (81).

Yumruk Sıkma

Yumruk sıkma pozisyonunda, hasta parmaklarını maksimum güçle sıkar; bu durum kapitatumun SL aralığına doğru hareket etmesine neden olur. SL bağ fonksiyonel değilse, bu stres altında skafoid ile lunate arasında diyastaz gelişir ve bu bulgu radyografik olarak saptanabilir (81).

Dinamik

El bileğinin fleksiyon–ekstansiyon ve radyal–ulnar deviasyon pozisyonlarında çekilen dinamik grafiler, statik X-ray'lerde görülmeyen Gilula çizgilerinin bozulmasıyla seyreden SL bağ yaralanmalarını ortaya koyar. Bu durum dinamik SL instabilite olarak adlandırılır (81).

Sintigrafi

Bu evrede, klinik veya radyolojik olarak anlamlı bir bulgu saptanamazsa, negatif bir sintigrafi ciddi yaralanmaları dışlar. Aksi durumda artrogram yapılması önerilir (81).

Artrogram

Artrogram, karpustaki kıkırdak (kondral) ve ligamentöz hasarları göstermede tercih edilen bir tekniktir. Ancak; yanlış negatif sonuçlar (skar dokusu ile dolmuş ligament perforasyonu), yanlış pozitif sonuçlar (instabilite olmaksızın mevcut aralık, dejeneratif lezyonlar) görülebilir ve lezyonun lokalizasyonu sıklıkla zordur. Bu nedenle artroskopi önemini korumaktadır (81).

Artroskopi

Artroskopi, tanıyı kesin olarak doğrular (radiokarpal eklemden lezyonun doğrudan görülmesi ve palpasyonu; midkarpal eklemden SL aralığının genişletildiği dinamik testler). Ayrıca, skafoidin proksimal kısmındaki kondral hasarları ortaya koyarak, onarım girişimlerine kontrendikasyon oluşturabilecek durumları belirler ve bu gibi olgularda artroskopik radial stiloidektomi gibi palyatif yaklaşımlara yönlendirilmesini sağlar (81).

Diğer İncelemeler

Artro-MRG, artrograma benzer tanısal sonuçlar sağlayabilmektedir; ancak yüksek maliyeti ve sınırlı erişilebilirliği önemli dezavantajlarıdır. Bu alandaki MRG bulguları tartışmalıdır. Artroskopi, karpustaki ligamentöz ve kartilajinöz lezyonların durumunu en doğru şekilde değerlendiren yöntemdir; ancak invaziv bir teknik olması nedeniyle, artrogram sayesinde bazı durumlarda kaçınılabılır (81).

2.6.5. Skafolunat İnstabilitede Tedavi Yaklaşımları

Konservatif Yaklaşımlar

Akut evre parsiyel SLİL yaralanmalarında konservatif tedavi endikedir. Tüm hastaların cerrahi/invaziv müdahaleye ihtiyacı yoktur. Erken dönem terapatik hedefler arasında ligament iyileşmesini desteklemek amacıyla immobilizasyon, semptomatik tedavi yaklaşımları ile ağrı ve ödem kontrolü, el bileği propriosepsiyonunu geliştirmek ve santral reorganizasyonu restore etmek yer alır. Konservatif rehabilitasyon programı yumuşak doku iyileşme evrelerine göre aşamalı olarak ilerletilir. Rehabilitasyon

programı, immobilizasyon dönemi, nöromusküler eğitim dönemi ve fonksiyonel geri dönüş dönemini kapsar (Tablo 2.3) (82-84).

Tablo 2.3. Konservatif tedavi rehabilitasyon evreleri.

Evre	Hedefler	Uygulamalar
İmmobilizasyon dönemi	<ul style="list-style-type: none"> Ağrı ve ödem kontrolü Etkilenmeyen eklemlerin EHA korunması 	<ul style="list-style-type: none"> Elektroterapi uygulamaları Silikon elastomer uygulamaları Bantlama Ortezleme
Erken koruyucu mobilizasyon dönemi	<ul style="list-style-type: none"> El bileği mobilite ve stabilitesini kazanmak 	<ul style="list-style-type: none"> İlerleyici aktif eklem hareketleri Modifiye kapalı zincir egzersizleri Açık kinetik aktif eklem hareket egzersizleri
	<ul style="list-style-type: none"> Proprioseptif farkındalığı geliştirmek 	<ul style="list-style-type: none"> Ayna terapi
	<ul style="list-style-type: none"> Eklem pozisyon hissini artırmak 	<ul style="list-style-type: none"> Gözler kapalı olarak eklem açısının pasif ve aktif reproduksiyonu
	<ul style="list-style-type: none"> Kinestezi duygusunu artırmak 	<ul style="list-style-type: none"> Egzersiz cihazı kullanarak veya manuel olarak pasif hareketi algılama
Nöromusküler eğitim dönemi	<ul style="list-style-type: none"> Şuurlu nöromusküler rehabilitasyon 	<ul style="list-style-type: none"> İlerleyici kuvvetlendirme egzersizleri <ul style="list-style-type: none"> - İzometrik - Eksentrik - İzokinetik İlerleyici aksiyal yüklenme
	<ul style="list-style-type: none"> Şuursuz nöromusküler rehabilitasyon 	<ul style="list-style-type: none"> Reaktif kas atıvasyonlar
Fonksiyonel geri dönüş	Fonksiyonel geri dönüş	<ul style="list-style-type: none"> Koordinasyon eğitimi Dirençli koordinasyon eğitimi

Cerrahi olmayan yönetim, atel ile immobilizasyon, steroid olmayan antienflamatuar ilaçlar (NSAID) ve eklem içi steroid enjeksiyonunu içerir (84). Yukarıdaki önlemler hastaların semptomlarını kontrol altına alamadığında cerrahi müdahale endikedir.

SL instabilite erken aşamalarda sıklıkla teşhis edilmediğinden, instabilitenin tedavisi sürekli bir zorluk teşkil etmekte ve sonuçlar çok tutarlı olmamaktadır. Tedavi için ideal prosedür hala belirsizliğini korumaktadır. Yaralanma zamanına bağlı olarak, SL yaralanmaları akut (yaralanmadan 2 ila 4 hafta sonra), subakut (yaralanmadan 4 hafta ila 6 ay sonra) veya kronik (yaralanmadan 6 aydan fazla sonra) olarak tanımlanır.

Hastalar arasında yaralanmalarda farklılıklar olması nedeniyle, zaman dışında birçok faktör, hastaya en uygun tedavinin seçimini etkileyebilir (72).

SL instabilitesinin tedavi prosedürlerini ele almak için beş soruluk bir dizi önerilmiştir (85). Bu sorular şunlardır: “1) SLİd kısmen mi yoksa tamamen mi yırtılmış, 2) tamamen yırtılmışsa, ligament onarılabilir mi ve iyileşme potansiyeli nedir, 3) ikincil skafoid stabilizatörlerinin durumu nedir (radioskopoid açı $< 45^\circ$ mu), 4) karpal yanlış hizalama düzeltilebilir mi ve 5) kıkırdak yüzeyleri normal mi”. Cevaplara bağlı olarak, SL instabilitenin aşağıdaki altı aşaması önerilmiştir: 1) kısmi SL yaralanması, 2) onarılabilir SLİd ile tam SLİL yırtığı, 3) onarılamaz SLİd ile tam SLİL yırtığı, ancak normal hizalanmış skafoid, 4) onarılamaz doku ve skafoidin düzeltilebilir rotasyonel subluksasyonu ile tam SLİL yırtığı, 5) redüktif olmayan yanlış hizalama ancak kıkırdak dejenerasyonu belirtisi olmayan tam SLİL yırtığı ve 6) redüktif olmayan yanlış hizalama ve kıkırdak dejenerasyonu ile tam SLİL yırtığı”. Bu nedenle, tedavi yaklaşımı yaralanmanın aşamasına göre daha spesifik olabilir. Genel olarak, deformite sabit değilse, tedavi skafoid ve lunat arasındaki mekanik ilişkiyi gerekli yumuşak doku augmentasyonu ile geri kazanmaya çalışmalıdır. Ancak, deformite sabit ise yumuşak doku yöntemlerinin başarılı olma şansı daha azdır, bu nedenle ağrıyı en aza indirmek ve eklemi kurtarmak için prosedürler gerekebilir. 1. evre yaralanması olan hastalar, SL eklem dorsal tarafında ağrı hissedebilirler. Radyografiler normal görünebilir ve tanı için genellikle artroskopi kullanılır. 2. evrede, SLİL yırtığının erken teşhisi veya SLİL'in kemikten kopması durumunda, ligament hala sağlam ve osteokondral fragmana bağlı olduğu için SLİL'in iyileşme potansiyeli yüksektir. Röntgen filmleri, sağlam ikincil stabilizatörler nedeniyle hala normal görünebilir ve tanı için genellikle artroskopi kullanılır. 3. aşamada, SLİL ortadan yırtılır ve uçlar genellikle yaralanmadan sonraki bir hafta içinde küçülür ve dejenerasyona uğrar, bu nedenle iyileşme potansiyeli düşüktür. Sağlam ikincil stabilizatörler nedeniyle normal hizalama hala gözlemlenir. 4. aşamada, ikincil stabilizatörlerin ek bozulması nedeniyle radyografilerde yanlış hizalama ve dorsal interkalar segment instabilitesi gözlenir, ancak erken aşamalarda SL boşluğunun azaltılması mümkündür (72, 85).

Hastalar cerrahiye alternatif olarak konservatif tedaviyi de tercih edebilirler. İyileşme sürecine yardımcı olmak için farklı seçenekler mevcuttur. Bunlar arasında immobilizasyon, fonksiyonel aktivite sırasında bileği destekleyen ortezlerin kullanılması, NSAID'ler, fizyoterapi ve rehabilitasyon ve etkilenen elin progresif olarak yüklenmesi sayılabilir (72). Burada amaç, ortaya çıkan ağrıyı ve deformiteyi azaltmak ve normal hizalamayı ve fonksiyonel ilişkiyi yeniden sağlamaktır. Mekanizması hala belirsiz olsa da SL ayrışmasının son aşamalarında SLAC'a ve ilişkili radyokarpal osteoartrite ilerlediği bilinmektedir (86).

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Yaklaşımları

SL instabilite, el bileği instabiliteleri arasında en sık görülen patolojilerden biri olmasına rağmen, özellikle evre 1 skafolunat instabilitenin optimal konservatif yönetimi konusunda literatürde net bir görüş birliği bulunmamaktadır. Araştırmacılar konservatif tedavinin büyük ölçüde hasta eğitimi, aktivite modifikasyonu ve progresif nöromüsküler rehabilitasyon temelli yaklaşımlar üzerine kurulduğunu göstermektedir. Aktivite önerileri ve hasta eğitimi, yaralanma sonrası tüm zaman dilimlerinde en sık kullanılan müdahale olarak bildirilmiştir (12, 87).

Erken dönemde (3–6 hafta), rehabilitasyonun temelini ödem kontrolü, aktif eklem hareket açıklığı egzersizleri ve gerektiğinde ortez kullanımı oluştururken; pasif eklem hareketleri, immobilizasyon ve yüksek dozda egzersizlerin sınırlı kullanıldığı görülmektedir. Bu yaklaşım, akut dönemde bağ dokusunun korunması ve semptom kontrolünün önceliklendirilmesiyle uyumludur.

Yaralanma sonrası 7–11 haftalık dönemde, konservatif tedavinin daha çok nöromüsküler kontrol ve dinamik stabilite odaklı ilerletildiği bildirilmektedir. Özellikle APL, FCR ve ECRL kaslarına yönelik izometrik ve izotonik egzersizlerin daha sık kullanıldığı; dart-atma düzleminde egzersizlerin bu dönemde rehabilitasyona dâhil edildiği belirtilmektedir. Bu kas gruplarının seçimi, kadavra çalışmalarında skafoidin supinasyonunu destekleyerek skafoid ve lunatumun diyastazını azalttığına gösterilmesiyle açıklanmaktadır. Ancak bu biyomekanik etkilerin in vivo çalışmalarla yeterince doğrulanmamış olması, klinik uygulamaların dikkatle yorumlanması gerektiğini göstermektedir. Fizyoterapi ve rehabilitasyonda kas kuvvetlendirme

çalışmaları özellikle belirli kas gruplarına odaklanmaktadır. İntrinsik kaslar, aksiyel yük oluşturmadan kavrama sırasında kuvvetin yeniden kazanılmasına katkı sağlar. FKR, distal tendonu aracılığıyla skafoidin fleksiyon ve pronasyonuna karşı koyarak SL aralığının stabilizasyonuna yardımcı olur (88). Bunun yanı sıra FKU (89) ve el bileğinin radyal ekstansörleri, karpal supinatör kaslar olarak görev yaparak SL eklemının stabilitesine katkı sağlar. Buna karşılık, bu evrede EKV için analitik egzersiz yapılması sakıncalıdır; çünkü bu kas intrakarpal pronatör etki gösterir ve dolayısıyla SL aralığı destabilize eder (89, 90).

On ikinci haftadan sonra rehabilitasyonun, progresif dirençli kuvvetlendirme, kapalı kinetik zincir egzersizleri, proprioseptif ve nöromusküler egzersizler, pertürbasyon eğitimi, fonksiyonel ve işe/spora özgü aktiviteler ile ileri düzey nöromusküler yaklaşımları kapsadığı bildirilmektedir. Ayrıca kinetik zincir entegrasyonu ve tüm vücut kondisyonunun rehabilitasyon programına dâhil edilmesi, evre 1 skafolunat instabilitenin yalnızca lokal değil, fonksiyonel bir problem olarak ele alındığını göstermektedir. Bununla birlikte, bu yaklaşımların etkinliğini destekleyen klinik çalışmaların sınırlı olduğu ve mevcut kanıtların çoğunlukla teorik çerçeveler, kadavra çalışmaları ve küçük ölçekli vaka serilerine dayandığı vurgulanmaktadır. Sonuç olarak, evre 1 skafolunat instabilitenin konservatif tedavisinde progresif nöromusküler rehabilitasyonun yaygın olarak benimsendiğini ortaya koymaktadır. Ancak bu yaklaşımların etkinliğini destekleyen yüksek düzeyli klinik kanıtların yetersizliği, gelecekte uzlaşıya dayalı tedavi protokollerinin geliştirilmesi ve randomize kontrollü çalışmalarla bu protokollerin değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır (12, 71, 83, 87, 91).

Propriosepsiyon ve kavrama çalışmaları, el bileğinin diğer travmatik yaralanmalarında uygulanan prensiplere benzer şekilde planlanmaktadır. Bu aşamada amaç, eklem pozisyon duyusunun yeniden kazandırılması, nöromusküler kontrolün artırılması ve fonksiyonel kavrama paternlerinin güvenli şekilde geri kazandırılmasıdır. Uygulamalar, aşırı aksiyel yük oluşturmadan ve SL aralığı zorlamadan gerçekleştirilir. Proprioseptif uyarılar, sensörimotor entegrasyonu destekleyerek el bileği stabilitesine katkı sağlarken, kavrama aktiviteleri kontrollü ve

progresif olarak uygulanır. Böylece el bileğinin fonksiyonel kullanımı desteklenirken, instabilitedeki artma riski önlenir (81).

Ortez Tedavisi

Günümüzde SLİL yaralanması veya tamiri sonrasında dart atma ortezi, kontrollü hareketi sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. DAH, EKV kasının distal karpal sıra üzerindeki pronasyon etkisini inhibe ederek skafolunat yetmezlik olan el bileğinde skafolunat aralığının artmasını engellemektedir. Ayrıca, DAH el bileğinin dorsal ligamentlerindeki mekanoreseptörleri uyararak proprioseptif input sağlar ve SLİL yaralanması durumunda sekonder stabilizerlerin karpus üzerindeki stabilize edici etkisini destekler. Proprioseptif rehabilitasyon programına ek olarak uygulanan DAH ortezinin ağrı, fonksiyonel durum ve kavrama kuvveti gibi parametrelerde gelişme sağladığı kaydedilmiştir (92, 93).

DAH ortezlerinde farklı ortotik tasarımlar kullanılabilir. Genel yaklaşım olarak ortez, radial ekstansiyon ve ulnar fleksiyon hareketine izin vermektedir. Bazı ortezlerde hareketi DAH düzleminde sadece orta aralıkta sınırlamak için farklı tasarımlar yapılabilmektedir. DAH ortezinin genellikle 6 hafta boyunca egzersiz ve kişisel bakım dışında gün içinde sürekli kullanılması önerilmektedir (94).

Nöromusküler Elektrik Stimülasyonu (NMES)

İskelet kası kontraksiyonlarını indüklemek için vücudun kendi enerjisini kullanan NMES, immobilizasyon sırasında kas aktivasyonunu sağlamak amacıyla yapılan kompakt bir alternatif olarak öne çıkmaktadır (95, 96). Günümüzde NMES, klinik uygulamalarda ağırlıklı olarak rehabilitasyon, kas kuvvetlendirme ve egzersiz sonrası toparlanma amacıyla kullanılmaktadır (97, 98).

Bazı çalışmalarda NMES'in, fiziksel aktivite sonrasında gözlenen etkilere benzer şekilde, glukoz regülasyonunun iyileştirilmesi ve insülin duyarlılığının artırılması gibi glukoz metabolizması üzerinde ek yararlı etkiler sağladığı gösterilmiştir (98-100). Baldır kaslarına uygulanan NMES'in ayrıca venöz kan akımını artırdığı ve bu yolla venöz tromboembolizm riskini azaltma potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir (101). Bununla birlikte NMES kullanımının önemli bir dezavantajı,

birçok hastanın stimülasyon sırasında rahatsızlık veya ağrı hissetmesi (98, 102) ve kendinden yapışkanlı elektrotlar ile kabloların yerleştirilmesinde zorluk yaşamasıdır. Bu durum, tedaviye uyumun düşük olmasına yol açabilmektedir (103). Bu nedenle, güncel NMES uygulamalarının hasta uyumunu artıracak şekilde optimize edilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Optimize edilmiş bir NMES uygulamasının; kas atrofisi ve venöz akım üzerindeki olumlu etkileri sayesinde, düşmeye bağlı yaralanmaların azaltılmasına, metabolik kontrolün iyileştirilmesine ve venöz tromboembolizm riskinin düşürülmesine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

NMES, iskelet kaslarını aktive etmek amacıyla elektriksel impulslar kullanır ve temel hedefi, kas içerisindeki sinirlerin uyarılması yoluyla kas kontraksiyonu oluşturmak ve böylece istemli kas kasılmasını taklit etmektir (9). Bununla birlikte, merkezi sinir sistemi (MSS) tarafından başlatılan istemli kas aktivasyonu ile NMES tarafından başlatılan kas aktivasyonu arasında bazı önemli farklılıklar bulunmaktadır.

Öncelikle, MSS kaynaklı aktivasyonda motor nöronlar asenkron olarak uyarılırken, NMES sırasında motor nöronlar senkron şekilde uyarılmaktadır. MSS tarafından başlatılan fizyolojik asenkron aktivasyon, kas boyunca kuvvetin daha homojen dağılmasını sağlayarak daha düzgün ve kontrollü bir kas kontraksiyonuna olanak tanır. Buna karşılık NMES sırasında kas liflerinin senkron aktivasyonu, düzgün bir kas kasılması elde edebilmek için nispeten daha yüksek frekanslar gerektirir; bu durum ise fizyolojik kas kasılmasına kıyasla kas yorgunluğunun daha hızlı gelişmesine neden olur (97, 104).

İkinci olarak, farklı büyüklükteki kas liflerinin rekrutman sırası, NMES ile MSS kaynaklı aktivasyon arasında farklılık göstermektedir. MSS, öncelikle küçük motor nöronları ve yavaş yorulan motor üniteleri aktive eder. Buna karşın NMES sırasında kas liflerinin aktivasyonu bu denli seçici değildir. NMES'in, ya büyük ve kolay yorulan motor üniteleri öncelikli olarak aktive ettiği (105) ya da yavaş ve hızlı kas liflerini eş zamanlı ve seçici olmayan bir şekilde uyardığı öne sürülmektedir (9, 98, 105). Kas anatomisi de NMES'e bağlı rekrutman paternini etkilemektedir. Elektrotların cilt yüzeyine yerleştirilmesi nedeniyle, NMES sırasında genellikle yüzeysel kas lifleri daha önce aktive edilmektedir. Büyük ve daha çabuk yorulan kas

liflerinin, yavaş yorulan liflere kıyasla daha yüzeyel konumlanmış olması, NMES ile bu liflerin öncelikli olarak uyarılmasına neden olmaktadır (104).

NMES, etkili kas aktivasyonu sağlayan ve klinikte yaygın olarak kullanılan bir tedavi yöntemidir. Kas kuvvetini artırma amacıyla çoğunlukla istemli kas kontraksiyonlarıyla birlikte uygulanmış olsa da bazı çalışmalarda istemli kasılma olmaksızın uygulanan NMES'in de kas kuvveti ve fonksiyon üzerinde olumlu etkiler sağladığı gösterilmiştir (95, 96, 106). Özellikle yaşlı bireylerde ve fiziksel olarak inaktif kişilerde, NMES'in güçlü kas kontraksiyonları oluşturarak kas kuvvetini ve fonksiyonel performansı artırabildiği bildirilmiştir. Kas güçlendirme etkisi için NMES sırasında en az %20 maksimal istemli kasılma düzeyinde kas aktivasyonu gerektiği öne sürülmektedir (107). Bu durum, NMES'in özellikle immobilizasyon dönemlerinde kas atrofisinin önlenmesi açısından önemli bir seçenek olduğunu göstermektedir.

Fonksiyonel kas aktivasyonunu taklit edebilmek ve tedavi süresini kısaltmak amacıyla, NMES sırasında birden fazla kas grubunun eş zamanlı aktivasyonu önerilmektedir. Ayrıca NMES'in istemli egzersizle birlikte uygulanmasının, tek başına NMES veya egzersize kıyasla daha yüksek kas aktivasyonu ve daha iyi rehabilitasyon sonuçları sağladığı bildirilmiştir (108, 109).

NMES'in, egzersize yanıt veren bazı genlerin (örneğin PPARGC1A ve ABRA) ekspresyonunu artırabildiği ve kas metabolizması ile adaptasyon süreçlerini uyarabildiği gösterilmiştir (108, 109). Bununla birlikte, bu moleküler etkilerin istemli egzersize kıyasla daha sınırlı olduğu ve mekanizmalarının tam olarak açıklığa kavuşmadığı bildirilmektedir. Benzer şekilde, NMES'in kas kütlelerinin korunması ve atrofisinin önlenmesi üzerinde olumlu etkileri olsa da düzenli egzersize kıyasla etkisinin daha düşük olduğu; ancak egzersiz yapamayan bireyler için önemli bir alternatif, sağlıklı bireyler için ise tamamlayıcı bir yöntem olabileceği vurgulanmaktadır (110, 111).

Güncel NMES uygulamalarının bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Birçok hasta, stimülasyonun neden olduğu rahatsızlık ve/veya ağrı yaşamakta (98) ve cihazın doğru şekilde kurulumu konusunda zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu nedenle hastalar sıklıkla bir fizyoterapist gibi sağlık profesyonellerinden yardım alma ihtiyacı duymakta; bu

durum ise tedaviye uyumun düşük olmasına yol açmaktadır (103). Ayrıca . NMES'in uzun süreli ve sık uygulanabilir olması (örneğin günde birden fazla kez ve haftalarca süren protokoller), tedaviye uyumu artırmak için cihazın kullanım kolaylığını ve pratikliğini önemli hale getirmektedir (95, 112).

Buna ek olarak, önceki çalışmalar; NMES parametrelerinin (frekans, akım şiddeti, pulse süresi), elektrot boyutlarının, elektrot yerleşiminin ve bireysel hasta özelliklerinin (örneğin doku yapısı, ağrı eşiği, cilt duyarlılığı), NMES'in konforu ve etkinliği üzerinde belirgin etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, söz konusu parametrelerin optimize edilmesi ve NMES uygulamasının basitleştirilmesi, tedaviye uyumun artırılması açısından büyük önem taşımaktadır (97).

Kas Kuvvetlendirmede NMES Uygulama Prensipleri

-Elektrot Boyutu

NMES sırasında küçük elektrotların akım yoğunluğunu artırarak rahatsızlık hissini yükselttiği (98, 113), çok büyük elektrotların ise yeterli akım yoğunluğu sağlayamaması veya komşu kasları uyarabilmesi nedeniyle spesifik etkiyi azalttığı bildirilmiştir (98, 114). Daha büyük ve derin kas gruplarında daha büyük elektrotların tercih edilmesi önerilmektedir (115). Yüksek yoğunluklu NMES çalışmalarında büyük elektrotların hasta konforunu artırdığı gösterilmiş olsa da düşük yoğunluklu NMES ve farklı kas grupları için optimal elektrot boyutları henüz net değildir (98).

-Motor Noktalar

Elektrot yerleşimi, özellikle yüksek yoğunluklu NMES uygulamalarında kas kontraksiyonunun etkinliği açısından belirleyicidir (98, 113). Kas lifleri boyunca longitudinal yerleşim, transvers yerleşime kıyasla daha yüksek tork üretimi sağlamaktadır. Ancak düşük yoğunluklu NMES uygulamalarında ideal elektrot mesafesi ve yerleşimi henüz net değildir ve bu konuda ek çalışmalara ihtiyaç vardır. Ayrıca elektrot yerleşiminin hamstring ve gastroknemius kasları üzerindeki etkileri sınırlı olarak incelenmiştir (116).

-Uyarım Şiddeti

NMES uygulamalarında yüksek yoğunluklu ve düşük yoğunluklu protokoller kullanılmaktadır. Yüksek yoğunluklu NMES kas kuvvetini artırmada etkili olmakla birlikte rahatsızlık düzeyini artırmaktadır. Düşük yoğunluklu NMES ise daha konforlu olup venöz dolaşımı artırma, fonksiyonel iyileşme ve egzersiz sonrası toparlanma gibi faydalar sağlamaktadır. Ancak kas kuvveti artışı için genellikle maksimal istemli kontraksiyonun yaklaşık %20'sine karşılık gelen bir uyarım şiddetinin gerekli olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle, etkinlik ile konfor arasındaki dengeyi sağlayan submaksimal NMES düzeyleri gelecekteki araştırmalar için önem taşımaktadır (97, 107).

-Stimülasyon Parametreleri

NMES'in konforu ve etkinliği; frekans, pulse süresi, dalga formu, görev döngüsü, rampa süreleri ve plato süresi gibi birçok parametreye bağlıdır. Genellikle 30–50 Hz arası frekanslar, kas kuvveti üretimi ile yorgunluk arasında optimal denge sağlamaktadır (98). Daha geniş pulse süreleri (300–600 μ s), motor lif aktivasyonunu artırarak daha yüksek tork üretimi ve daha iyi konfor sağlamaktadır (117). Görev döngüsü genellikle 1:3–1:5 aralığında uygulanmakta, rampa süreleri ise konforu artırmak amacıyla 1–3 saniye arasında tercih edilmektedir. Ancak farklı kas grupları ve klinik amaçlar için optimal parametre kombinasyonları henüz net değildir. Cinsiyet, vücut kütle indeksi, subkutan yağ dokusu kalınlığı ve fiziksel aktivite düzeyi gibi bireysel özelliklerin NMES konforu ve etkinliği üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (118). Ayrıca fiziksel olarak daha aktif bireylerde ve daha düşük yağ oranına sahip kişilerde daha fazla motor nokta bulunduğu gösterilmiştir (119). Buna karşın yaş, boy ve aktivite düzeyinin NMES sonuçları üzerindeki etkisi henüz yeterince araştırılmamıştır.

2.6.6. Skafolunat İnstabilitede Cerrahi Müdahale

Cerrahi yaklaşım, yaralanma tipine bağlıdır. Orta bölüm yaralanmalarında, biyomekanik açıdan ikincil öneme sahip oldukları için özel bir cerrahi girişim

uygulanmamaktadır. Tam yırtıklarda, geçici çift SL pin ile korunan ve 45 gün süreyle immobilizasyon ortezi ile desteklenen ligament onarımı uygulanmaktadır:

- **Artroskopik sütün:** Skafoid veya lunatuma ait ligamentte yırtık parçanın (transligamentöz rüptür) bulunması durumunda —bu oldukça nadirdir — Mathoulin tarafından önerilen tekniğe göre artroskopik sütün uygulanır.
- **Ligament avulsiyonu olgularında,** mikro-ankorlar kullanılarak osseöz reinsersiyon gerçekleştirilir. Bu işlem, Berger tekniğine göre yapılan başlangıç posterior artrotomi sırasında oluşturulan transvers kapsüler flebin proksimal kısmı kullanılarak uygulanan kapsülodezis ile sıklıkla kombine edilmektedir.
- **Ligamentöz kalıntının bulunmadığı durumlarda,** Cuenod'un kemik–ligament–kemik ligamentoplastisi tatmin edici sonuçlar vermemiştir. Bu nedenle günümüzde, skafoidin distal kısmı ile birlikte skafolunat ligamenti hedef alan yeni bir ligamentoplasti tekniği üzerinde çalışılmaktadır (85, 120-122).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Tipi

Bu çalışma, prospektif, randomize, tek kör ve karşılaştırmalı bir klinik araştırma olarak tasarlandı.

3.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı

Araştırma, İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı ile İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı iş birliğinde yürütüldü. Katılımcılar, Mayıs 2024 – Nisan 2025 tarihleri arasında çalışmaya dahil edildi.

3.3. Etik Kurul İzni

Tüm prosedürler, Helsinki Bildirgesi'nde belirtilen ilkelere uygun olarak yürütüldü. Çalışma protokolü ve metodolojisi, İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylandı (Etik onay numarası: 2024/626; İstanbul, Türkiye) (Bkz. EK 2).

Bu çalışma, 01/10/2024 tarihinde ClinicalTrials.gov'da NCT06627296 kayıt numarası ile kaydedildi. Çalışma, randomize çalışmaların raporlanmasına yönelik CONSORT 2025 kılavuzuna uygun olarak yürütüldü (123).

Bu tez çalışması, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 1002-A Hızlı Destek Projesi kapsamında desteklendi (Proje Numarası:125S042) (Bkz EK 1).

3.4. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

3.4.1. Katılımcılar

Çalışmaya yaşları 18-50 yıl arasında olan dinamik SL instabilite tanısı alan toplam 44 birey yönlendirildi, bunlardan üçü ulaşım sorunları nedeniyle, ikisi ise dahil edilme kriterlerini karşılamadıkları için çalışmadan dışlandı. Kalan 39 hasta, iki gruptan birine rastgele atandı. 20 kişi NMESG'ye ve 19 kişi EG'ye atandı. Müdahale süresi boyunca, zamanlama uyumsuzluğu ve ulaşım güçlükleri gibi tıbbi olmayan

nedenlerle (örn. iş/okul programı çakışmaları, kliniğe gelememe veya kişisel nedenler) 4'ü EG'den, 5'i NMESG'den olmak üzere 9 katılımcı, 8 haftalık programı tamamlamadan çalışmadan ayrıldı; bu kayıpların hiçbiri yan etki veya komplikasyon gibi olaylarla ilişkili değildi. Sonuç olarak çalışmaya dinamik SL instabilite tanısı alan 30 birey (4 erkek, 26 kadın) dahil edildi; daha sonra bireyler nöromusküler elektrik stimülasyon grubu (NMESG) ve egzersiz grubu (EG) olmak üzere iki gruptan birine tabakalı blok randomizasyon yöntemi ile rastgele atandı. Çalışmaya katılan bireyler, İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Polikliniği'nden, ilgili ortopedi uzmanlarının yönlendirmesiyle fizyoterapi kliniğine başvuran hastalar arasından prospektif ve ardışık olarak dahil edildi. Uygunluk, tarama sürecinde doğrulandı, tüm katılımcılar çalışma hakkında bilgilendirildi ve etik kurulun gereklilikleri doğrultusunda yazılı aydınlatılmış onamları alındı (Bkz. EK 3).

Tanı; dorsal SL aralıkta hassasiyet veya ağrı, pozitif skafoïd kayma (Watson) testi ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG)'de SLİL'de sinyal artışı, inceme veya yapısal değışiklikler saptanmasına dayanılarak hekim tarafından konuldu. Yaş aralığı, iskelet olgunluğunun sağlanması (≥ 18 yaş) ve dinamik SL instabilite tanısını taklit edebilecek veya karıştılabilecek yaşa bağılı dejeneratif değışikliklerin etkisini azaltmak amacıyla 18-50 aralığında seçildi (124).

Çalışmaya katılmaya gönüllü olan bireylerin seçimi aşağıdaki dahil edilme ve dahil edilmeme kriterleri dikkate alınarak gerçekleştirildi.

3.4.2. Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri:

- 18–50 yaş aralığında olmak ve
- Son oniki ay içerisinde unilateral dinamik SL instabilite tanısı almış olmak.

3.4.3. Çalışmadan Dışlanma Kriterleri:

- El veya el bileğine yönelik geçirilmiş cerrahi öyküsü
- El ve el bileği fonksiyonunu etkileyebilecek eşlik eden nörolojik, inflamatuvar, dejeneratif veya nöropatik üst ekstremite patolojisi varlığı (ör. Karpal Tünel Sendromu, Kompleks Bölgesel Ağrı Sendromu vb.)

- SLAC bulgularının varlığı (radyografide radioskafoid eklemdede dejeneratif değişiklikler, osteofit oluşumu ve/veya karpal kollaps bulguları)
- Önemli sistemik veya psikiyatrik hastalıklar
- Son altı ay içinde herhangi bir patoloji için üst ekstremite rehabilitasyonuna katılım
- Ortez kullanılması
- Çalışmaya katılmak istememe ve
- Çalışma protokolüne uyum sağlayamama

3.4.4. Örneklem Büyüklüğü Hesaplaması

Hedef popülasyon ve müdahaleye — yani SL instabilitesinde egzersiz ile kombine NMES uygulamasına — doğrudan karşılaştırılabilir önceki çalışmaların bulunmaması nedeniyle, literatürde kullanılabilir uygun bir etki büyüklüğü değeri mevcut değildi. Bu nedenle örneklem büyüklüğü, pilot veriler nöromusküler elektrik stimülasyon grubu (NMESG): $n = 8$; egzersiz grubu (EG): $n = 8$ temel alınarak ve G*Power yazılımı (sürüm 3.1.9; Universität Düsseldorf, Almanya) kullanılarak yapılan güç analizi ile belirlendi. Birincil sonuç ölçütü olarak QuickDASH skoru seçildi ve analiz ANCOVA sonuçlarına dayandırıldı. QuickDASH, üst ekstremite fonksiyonelliğini global olarak değerlendirmesi ve çalışmanın fonksiyonel etkiyi bütüncül olarak ele alan hipoteziyle uyumlu olması nedeniyle tercih edildi. Pilot verilerden $f = 0,75$ etki büyüklüğü elde edildi. Tip I hata oranı (α) 0,05 ve istatistiksel güç $(1-\beta)$ %95 olarak kabul edildiğinde, analiz her grup için en az 13 katılımcı (toplam 26 katılımcı) gerektiğini gösterdi. Olası kayıpları (dropout) telafi etmek amacıyla, çalışmaya 30 katılımcı ile başlanması planlandı. Çalışma tamamlandıktan sonra, QuickDASH toplam skorlarındaki değişimleri karşılaştıran ANCOVA sonuçlarına dayanarak post-hoc güç analizi gerçekleştirildi. Tip I hata oranı 0,05, örneklem büyüklüğü 30 ve gözlenen etki büyüklüğü $f = 0,545$ kabul edildiğinde, post-hoc güç %82.05 olarak hesaplandı.

3.5. Randomizasyon Süreci

Çalışmaya dahil edilen katılımcılar, 1:1 oranında olmak üzere EG veya NMESG'ye atandı. Randomizasyon, Sealed Envelope Simple Randomization Service

aracılığıyla, bilgisayar tabanlı oluşturulan bir randomizasyon dizisi kullanılarak gerçekleştirildi ve permüte tabakalı blok randomizasyon yöntemi uygulandı (blok büyüklüğü, atama bütünlüğünü korumak amacıyla gizli tutuldu). Atama gizliliğini sağlamak amacıyla, hasta alımı, müdahale uygulanması veya sonuç değerlendirmesinde yer almayan bağımsız bir araştırmacı, ardışık numaralandırıldı, opak ve kapalı zarfları hazırlandı. Başlangıç değerlendirmesinin tamamlanması ve yazılı aydınlatılmış onamın alınmasının ardından, çalışma koordinatörü sıradaki zarfı sayısal sıraya göre açarak grup atamasını gerçekleştirdi.

3.6. Körleme ve Değerlendirme

Tüm değerlendirmeler, çalışma süresince grup atamalarına kör olan araştırmacı T.Ş. tarafından gerçekleştirildi. Müdahaleler (NMES ve egzersiz uygulamaları) araştırmacı A.D. tarafından uygulandı; böylece değerlendirme ve tedavi süreçleri arasında uygun bir ayırım sağlandı. Randomizasyon süreci korunmuş ve değerlendiriciye çalışmanın hiçbir aşamasında grup atamalarına ilişkin bilgi verilmedi. Sonuç değerlendiricileri, çalışma süresince grup atamalarından habersiz (kör) tutulmuş olup, bu yaklaşım çalışmanın tek kör (single-blind) tasarımına uygun olarak sürdürüldü.

3.7. Olguların Değerlendirilmesi

Çalışmaya katılmaya gönüllü olan ve dahil edilme kriterlerine uyan olgularla ilk görüşme, fizyoterapi programına yönlendirildikleri günden sonraki ilk yedi gün içerisinde yapıldı. Katılımcıların tedavi programına başlamadan önce sosyodemografik özellikleri ve yaralanma sonrası klinik durumları “Hasta Takip Formu” ile sorgulandı. Tüm değerlendirmeler yaklaşık olarak 45 dakika ile bir saat arasında değişiklik gösterdi (Bkz EK 4) .

3.7.1. Sosyo-demografik ve Hastalık ile İlişkili Bilgiler

SL instabilite tanısı alan bireyler; kapsamlı sosyodemografik bilgiler (ör. yaş, cinsiyet, boy, vücut ağırlığı, vücut kütle indeksi dominant el, sigara, meslek) ve tıbbi öykü (etkilenen taraf, hastalık durasyonu, travma öyküsü, kümülatif travma öyküsü vb.) kaydedildikten sonra çalışmaya dahil edildi. SL instabilitesi, klinik muayene ile

değerlendirildi ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile doğrulandı. Tüm klinik değerlendirmeler iki zaman noktasında gerçekleştirildi: başlangıç (T0) ve müdahale sonrası (T8; tedavinin başlangıcından sekiz hafta sonra).

3.7.2. El – El Bileği Fonksiyonelliği Değerlendirmesi

- **QuickDASH (Hızlı-Kol Omuz ve El Sorunları Anketi=Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand)**

Primer sonuç ölçütü üst ekstremitte fonksiyonu olup, QuickDASH (Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand = Kol, Omuz ve El Sorunları Hızlı Anketi) anketi kullanılarak değerlendirildi. QuickDASH, üst ekstremitte fonksiyonelliğini global olarak değerlendirmesi ve çalışmanın fonksiyonel etkiyi bütüncül olarak ele alan hipoteziyle uyumlu olması nedeniyle tercih edildi. Türkçe geçerlilik ve güvenilirliği bulunan bu ölçek, üst ekstremitteye bağlı fonksiyonel yetersizliği nicel olarak ölçmektedir. Puanlar 0–100 aralığında olup, yüksek puanlar daha fazla fonksiyonel kısıtlılığı ifade etmektedir (125).

- **Hasta Bazlı El Bileği/El Değerlendirme Ölçeği (Patient - Rated Wrist/Hand Evaluation (PRWHE))**

PRWHE; el ve el bileği sakatlık ölçüsünü ortaya koymaktadır. PRWHE diğer skorlara kıyasla daha az soru ile spesifik olarak el ve el bileğine özgü ağrı ve fonksiyonel kısıtlılık düzeyini değerlendirmektedir. Örneğin Q-DASH neyi yapamıyorsun sorusunu, PRWHE ise ne kadar yapamıyorsun sorusunu inceler. PRWHE, SF-36 ile yapılan karşılaştırmada olumlu geçerliliğe sahip, yüksek güvenilirlik (ICC>0,90) ve duyarlılıkta olduğu bulunmuştur (126). El ve el bileği sakatlıklarının değerlendirilmesinde kullanılan 15 soruluk bir ölçek olup, ağrı (5 soru) ve fonksiyonel yetersizlik (10 soru) olmak üzere iki ana bölümden oluşur. Her bölüm 0-10 arasında puanlanır ve toplamda 0-100 arasında bir skor elde edilir. Yüksek skor, daha fazla ağrı ve fonksiyon kaybını gösterir. Türkçe popülasyonunda kültürler arası adaptasyon, geçerlilik ve güvenilirliğinin çalışılması yapıldı (127).

- **Modifiye MAYO**

Modifiye Mayo El Bilek Skoru hem hasta hem hekim katılımı ile hekim/fizyoterapist tarafından doldurulan bir testtir. 0-100 puan arası olan bu testte; 25 puan ağrı, 25 puan işlevsellik, 25 puan hareket, 25 puan güç olarak belirlenmiştir. Toplam alınan puan 90 ve üzeri mükemmel, 80-90 arası iyi, 60-80 arası başarılı, 60 altı kötü olarak değerlendirildi (128). Modifiye Mayo El Bilek Skoru, el bileği patolojilerinde klinik fonksiyonun değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir ölçektir.

- **EI20 Anketi**

EI20 Anketi, 1996 yılında Krimmer ve ark. tarafından tanımlanan bu testte, güç hareket açıklığı, ağrı ve işlevsellik değerlendirilir. 100 Puan üzerinden değerlendirme yapılır. Genellikle el bilek füzyonu, sınırlı interkarpal füzyonlar, skafoid kaynamama cerrahisi ve diğer el bilek işlemleri sonrası kullanılmaktadır. Ancak geçerliliği, güvenilirliği ve duyarlılığı ile ilgili yeterli bilimsel kanıt bulunmamaktadır (129).

3.7.3. Ağrı Değerlendirmesi

Ağrı, yetişkinlerde ağrı şiddetini ölçmek için geçerli ve güvenilir bir yöntem olan 10 cm'lik vizüel analog skala (VAS) ile değerlendirildi. Hastalardan istirahat, aktivite ve egzersiz sırasında hissettikleri ağrıyı 0 (ağrı yok) ile 10 (hayal edilebilecek en şiddetli ağrı) arasında derecelendirmeleri istendi (130). Aktivite sırasındaki ağrı değerlendirmesi; sıkı kavrama, yük taşıma, çamaşır sıkma, el üzerine ağırlık aktarma ve kapı kolu çevirme gibi el bileğine yük bindiren standart fonksiyonel görevler sırasında; egzersiz sırasındaki ağrı ise çalışma protokolünde yer alan dirençli kas egzersizleri uygulamaları esnasında sorgulandı. Ağrı değerlendirmeleri beş zaman noktasında yapıldı: T0, T2 (2. hafta), T4 (4. hafta), T6 (6. hafta) ve T8 (8. hafta).

3.7.4. El Bileği Eklem Hareket Açıklıklarının Değerlendirilmesi

El bileği fleksiyon–ekstansiyon ve radyal–ulnar deviasyon EHA açıklıkları, evrensel gonyometre kullanılarak değerlendirildi ve ölçümler derece (°) cinsinden kaydedildi. Bu ölçüm aracının, el bileği eklem değerlendirmelerinde yüksek intra- ve inter-değerlendirici güvenilirliğe ve eş zamanlı geçerliliğe sahip olduğu gösterildi (131).

3.7.5. Ağırlık Aktarma Kapasitesinin Değerlendirilmesi

Ağırlık aktarma kapasitesi (AAK), bel hizasında ve sert bir yüzeye yerleştirildi dijital tartı kullanılarak değerlendirildi (Şekil 3.1). Hastalar tartıya yan duracak şekilde ayakta durarak, dirsek ve bileğin tam olarak uzatılmış olduğundan emin olduktan sonra, teraziye maksimum kapasite noktasına kadar bastırmaları istendi. Bireyler teraziye uygulayabildikleri maksimum basınç miktarı kilogram cinsinden ölçüldü ve kaydedildi. Değerlendiricinin komutu ile katılımcılar test edilen ekstremité üzerine ağırlık aktarırken, karşı taraf kolunun yüzeye temas etmemesine dikkat edildi. Üç denemenin ortalaması analiz için kullanılmıştır. Önceki çalışmalar, AAK'nin kavrama kuvveti, aktivite ve ağrı ile ilişkili objektif bir fonksiyonel sonuç ölçütü olduğunu göstermektedir (132).



Şekil 3.1. Ağırlık aktarma kapasitesinin değerlendirilmesi.

3.7.6. Kavrama Kuvvetinin Değerlendirilmesi

Kavrama kuvveti, Amerikan El Terapistleri Derneği tarafından önerilen ve altın standart kabul edilen Jamar® el dinamometresi (Asimow Engineering, Los Angeles, CA, ABD) kullanılarak değerlendirildi. Hastalar omuzlar adduksiyonda ve nötral rotasyonda, dirsekler 90° fleksiyonda ve ön kollar nötral pozisyonda oturur

pozisyonda değerlendirildi. Ölçümler bilateral olarak üç deneme halinde yapılmış ve sonuçlar kilogram-kuvvet (kgf) cinsinden kaydedildi (133).

3.7.7. Propriosepsiyonun Değerlendirilmesi

Propriosepsiyon, üst ekstremitte proprioseptif ve izokinetik değerlendirmeler için geçerli bir araç olan Humac Norm CYBEX® bilgisayarlı dinamometresi (Stoughton, MA, ABD) ve ACUMAR dijital inklinometre (Şekil 3.2) kullanılarak ölçülmüştür (134-136). Değerlendirmeler 30° el bileği fleksiyonu ve 30° el bileği ekstansiyonu açılarında gerçekleştirildi. Fizyoterapist, hastayı önce pasif olarak hedef açığa getirmiş, ardından görsel geri bildirim olmaksızın üç tekrar yapılmıştır. Mutlak hata (hedef açı ile yeniden oluşturulan açı arasındaki fark) kaydedilmiş ve tekrarların ortalaması alındı. Ölçümler bilateral olarak gerçekleştirildi (134).



Şekil 3.2. Acumar Dijital İnklinometre ile Propriosepsiyon Değerlendirmesi.

3.7.8. İzokinetik Değerlendirmeler

İzokinetik kas kuvveti ve endurans, üst ekstremitte ve el bileği kas kuvvetinin izokinetik değerlendirilmesi için altın standart, geçerli ve güvenilir bir sistem olan Humac Norm CYBEX® dinamometresi kullanıldı (136). Hastalara el bileği fleksiyon–ekstansiyon hareketleri için 60°/sn hızda 4 tekrar ve 90°/sn hızda 5 tekrar olmak üzere submaksimal ısınma uygulaması gerçekleştirildi. Testler, hastalar oturur pozisyonda,

kalça, dirsek ve ön kol 90° fleksiyonda ve ön kollar pronasyon pozisyonunda olacak şekilde yapılmıştır. Pik Tork (Peak Torque; PT) değerleri Newton-metre (Nm) cinsinden kaydedilmiş, vücut ağırlığına normalize edilerek (%VA) analizlerde kullanılmıştır. Kas enduransı, 90°/sn hızda 15 tekrar ile elde edilen Toplam Yapılan İş (Total Work Done; TWD) parametresi kullanılarak; maksimum kas kuvveti ise 60°/sn hızda 4 tekrar üzerinden değerlendirildi (137) (Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5).



Şekil 3.3. İzokinetik değerlendirmesi.



Şekil 3.4. İzokinetik değerlendirmesi.



Şekil 3.5. İzokinetik değerlendirme.

3.7.9. Reaksiyon Zamanının Değerlendirilmesi

Üst ekstremitede basit reaksiyon zamanı değerlendirme reaksiyon hızı ölçümü (Blazepod Trainer Device, Play Coyotta Ltd. Tel Aviv Israel) cihazı ile gerçekleştirildi. Basit reaksiyon zamanı testlerinde yalnızca bir uyarı ve bir yanıt vardır. Bireyler, üzerinde beş adet LED pod bulunan bir masanın önünde oturur pozisyonda değerlendirildi. LED podlar, tek el ile erişilebilecek mesafede yerleştirildi. Katılımcılardan, aydınlanan ledleri mümkün olan en kısa sürede tek el ile devre dışı bırakmaları istenmiş; dominant ve nondominant eller ayrı ayrı değerlendirildi. Otuz saniyede söndürülen led sayısı (adet), ve her bir dokunuş için ortalama reaksiyon süresi (ms) (5 saniye sonunda otomatik olarak kapanan ledler) kaydedildi. Ledlerin 5 sn'lik bekleme süresi ardından kendiliğinden sönmeye başlamesi durumunda kaçırılan led sayısı kaydedildi. Her bir el için test üç kez uygulanmış ve analizlerde üç denemenin ortalama değeri kullanıldı (138, 139) (Şekil 3.6)



Şekil 3.6.Reaksiyon zamanı değerlendirilmesi.

3.7.10. Yaşam Kalitesinin Değerlendirilmesi

SF-12 Kısa Form

SF-12 Anketi, SF-36'nın kısa versiyonu olup zihinsel ve fiziksel sağlık bileşenlerini içermektedir. Genel bir sağlık durumunu değerlendiren, yaşam kalitesi ölçüm aracı olarak kullanılır. Ölçekten elde edilen yüksek puanlar daha iyi sağlık durumunu gösterir (140).

3.8. Tedavi Programı

3.8.1. Tedavi Programının Süresi ve Tedavi Yoğunluğu

Hastalar, Şekil 3.7'de gösterildiği üzere NMESG veya EG olmak üzere iki gruptan birine rastgele atandı. Her iki gruba katılan katılımcılar, haftada üç gün olacak şekilde 8 hafta boyunca toplam 24 fizyoterapi seansına katıldılar. NMESG'de bir fizyoterapi seansının süresi yaklaşık 90 dakika ile 110 dakika arasında değişiklik gösterdi. EG'de bir fizyoterapi seansı yaklaşık 45 dakika ile 60 dakika değişiklik gösterdi. Sekiz haftalık tedavi programı süresince her iki gruba 8 haftalık ev egzersiz programı verildi.

3.8.2. Çalışma Protokolü

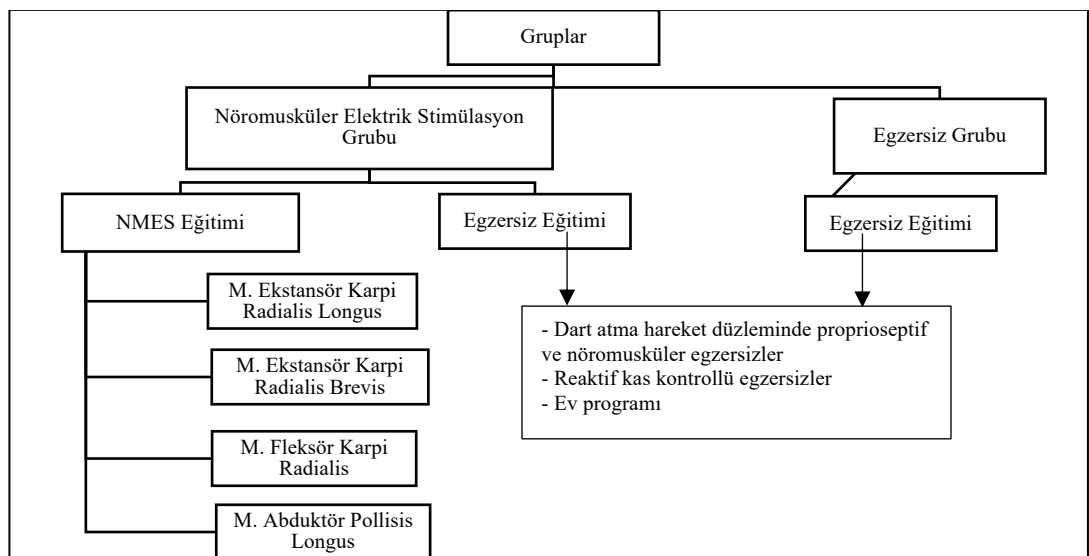
Hasta Eğitimi

SL instabilitesi olan bireylerin ağrı düzeyi genellikle yüksek olduğu için katılımcılara el bileği üzerine ağırlık aktarma, ağır cisim kaldırmadan, top sıkma gibi hareketler, ani pozisyon değişikliklerinden, ağır cisim kaldırmadan, ağrı sınırını aşan hareketlerden kaçınması gerektiği konusunda bilgi verildi.

Nöromusküler Elektrik Stimülasyon Eğitimi Programı

NMES, taşınabilir bir stimülatör cihazı (CefarCompex Rehab 2x, Compex Medical SA, Ecublens VD, İsviçre) ve kendinden yapışkanlı yüzey elektrotları (5×5 cm ve 3×3 cm, CefarCompex) kullanılarak uygulandı. Motor noktalar, motor sinirlerin kasa girdiği anatomik bölgeler olarak tanımlanmakta olup, genellikle kasın proksimalinin üçte biri ile en geniş kısmının birleşim bölgesinde yer almaktadır. Motor noktalar, anatomik referans noktaları esas alınarak ve motor nokta kalem elektrodu kullanılarak belirlendi.

NMESG'de yer alan bireylere, NMES uygulamaları EKRL, EKRB, FKR ve APL kaslarına yönelik olarak gerçekleştirildi ve her bir kas için 15 dakika olmak üzere toplam 60 dakika sürdü. NMESG'de yer alan bireylere NMES uygulamalarına ek olarak egzersiz programı uygulandı.



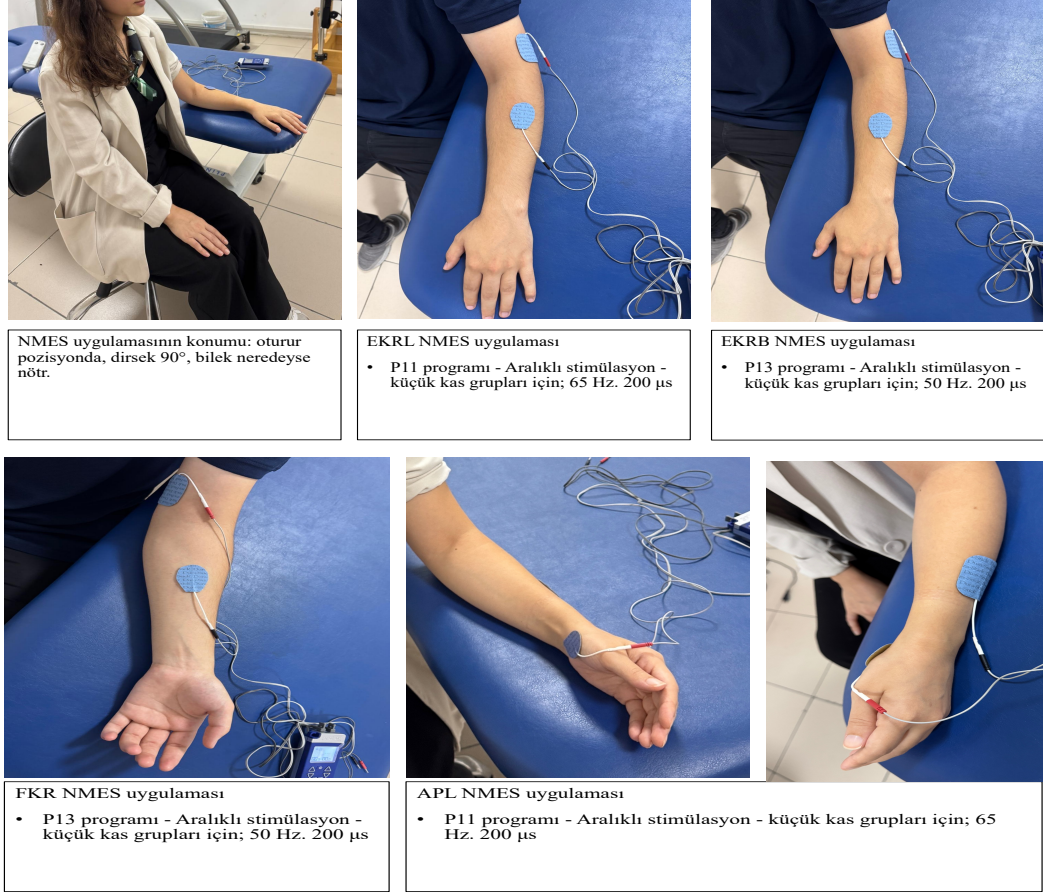
Şekil 3.7. Her iki grup için rehabilitasyon planı.

Elektrik stimülasyonuna 3 Hz frekans ve 2 mA şiddet ile başlandı, gözle görülebilir kas kasılması elde edilene kadar şiddet 1 mA'lık artışlarla yükseltildi. Optimal kas aktivasyonunu sağlamak amacıyla yüzey elektrotları, belirlenen motor noktaların doğrudan üzerine yerleştirildi (11, 97). Bu çalışmada EKRL, EKRB, FKR ve APL kaslarının motor noktaları ayrı ayrı belirlendi ve dermatolojik düzeyde kalıcı mürekkeple işaretlendi. Aktif (katot) elektrot (çapı 3 cm), motor noktanın tam üzerine yerleştirilirken; referans (anot) elektrot, kas lifleri boyunca longitudinal olarak konumlandırıldı (141).

NMES seansları sırasında hastalar, omuz nötral pozisyonda, dirsek yaklaşık 90° fleksiyonda ve el bileği nötral pozisyonda olacak şekilde oturur pozisyonda yerleştirildi (Şekil 3.8). Ön kol pozisyonu hedef kasa göre değiştirildi: EKRL/EKRB için pronasyon, FKR için supinasyon ve APL için nötral pozisyon kullanıldı. Stimülasyona bağlı nöromusküler yanıtı izole etmek amacıyla hastalardan uygulama sırasında pasif kalmaları ve istemli kas kasılması yapmamaları istendi. Stimülasyon, simetrik bifazik darbeler kullanılarak (50–65 Hz frekans, 200 µs darbe süresi) aralıklı modda, 1:2 çalışma-dinlenme oranı ve yaklaşık 1 saniyelik yükselme ve düşme süreleri ile uygulandı. Stimülasyon şiddeti, ağrıya veya kompensatuvar hareketlere neden olmadan maksimum tolere edilebilir düzeyde kasılma oluşturacak şekilde kademeli olarak artırıldı. Her bir hedef kas için 15 dakika NMES uygulandı ve böylece toplam NMES seans süresi 60 dakika olarak belirlendi. Hedef kasların fonksiyonel ve morfolojik özelliklerine göre önceden tanımlanmış programlar kullanıldı (142):

- EKRL: Program P11 – Küçük kas grupları için aralıklı stimülasyon; 65 Hz, 200 µs
- EKRB: Program P13 – Küçük kas grupları için aralıklı stimülasyon; 50 Hz, 200 µs
- FKR: Program P13 – Küçük kas grupları için aralıklı stimülasyon; 50 Hz, 200 µs
- APL: Program P11 – Küçük kas grupları için aralıklı stimülasyon; 65 Hz, 200 µs

Stimülasyon frekansları ve durasyonları, her bir hedef kasın morfolojik ve fonksiyonel özelliklerine göre uygulandı (143) ;



Şekil 3.8.Nöromusküler elektrik stimülasyon uygulamaları.

Fizyoterapistin gözetiminde, NMES seansları sekiz haftalık bir süre boyunca haftada üç kez gerçekleştirildi ve toplam 24 seans uygulandı. NMESG'de, stimülasyon sadece etkilenen ekstremitede uygulandı. NMES egzersiz bileşeninden hemen önce uygulandı. Hedef kaslara NMES uygulandıktan sonra, hastalar gerektiğinde kısa bir dinlenme süresinin ardından egzersiz programına başladı. Evde yapılan ev egzersizleri NMES olmadan gerçekleştirildi.

Yapılandırılmış Egzersiz Eğitimi

Egzersiz programı, tendon yükleme, proprioseptif stimülasyon ve pliometrik antrenman dahil olmak üzere mevcut biyomekanik ve rehabilitasyon ilkelerine dayalı olarak geliştirildi ve tümü hedef odaklı, aşamalı bir egzersiz çerçevesi içinde uygulandı. Egzersizler sırasında TheraBand, parmak bantları, egzersiz hamuru, dambıl ve silgi gibi ekipmanlar kullanıldı (Şekil 3.9). Tüm hastalar, özellikle dart atma hareketi (DAH) düzlemi (radyal ekstansiyondan ulnar fleksiyona) içinde, el bileği

propriyosepsiyonu, nöromusküler kontrol ve dinamik stabilizasyonu hedefleyen standartlaştırılmış, aşamalı bir egzersiz programına tabi tutuldu. Rehabilitasyon protokolü Tablo 3.1'de özetlenmiş ve egzersiz temelli müdahalelerden örnekler Şekil 3.10'te gösterildi. Egzersiz programı 8 hafta boyunca, haftada üç kez seanslar halinde, önceden tanımlanmış bir yük ve progresyonu izlenerek uygulandı. Egzersiz bileşeni her iki grup için de aynıydı ve NMESG grubu daha önce açıklandığı gibi ek NMES tedavisi aldı.

Her seans, ince motor kontrolünü ve propriyosepsiyonu geliştirmek amacıyla bilek labirent egzersizleriyle başladı. Hasta, omzu nötral, dirseği 90° fleksiyon ve bileği nötr pozisyonda olacak şekilde bir masaya oturdu (144). Hastaya, sadece bilek hareketini kullanarak, kenarlara temas etmeden bir metal halkayı labirentten geçirmesi talimatı verildi. Ardından, EKU'nun aşırı aktivasyonunu kasıtlı olarak önleyerek, EKRL, EKRB ve FKR gibi dinamik stabilizatörleri hedefleyen, TheraBand kullanılarak DAH düzlemi içinde direnç temelli egzersizler yapıldı. Bu egzersizler, gücü, propriyosepsiyonu ve eklem stabilitesini artırmak için tasarlandı. Rehabilitasyon protokolüne dahil edilen ek egzersizler arasında, SLİL bütünlüğünü artırmak için parmak bandı kullanılarak APL için direnç antrenmanı ve dirençli parmak bantları ile yapılan intrinsik kas güçlendirme egzersizleri yer aldı. El kuvvetini daha da artırmak için hastalar terapi hamuru ve lastik silgiler kullanarak hedefe yönelik egzersizler yaptı.



Şekil 3.9.Egzersiz ekipmanları.

Tablo 3.1. Egzersiz eğitimi rehberi.

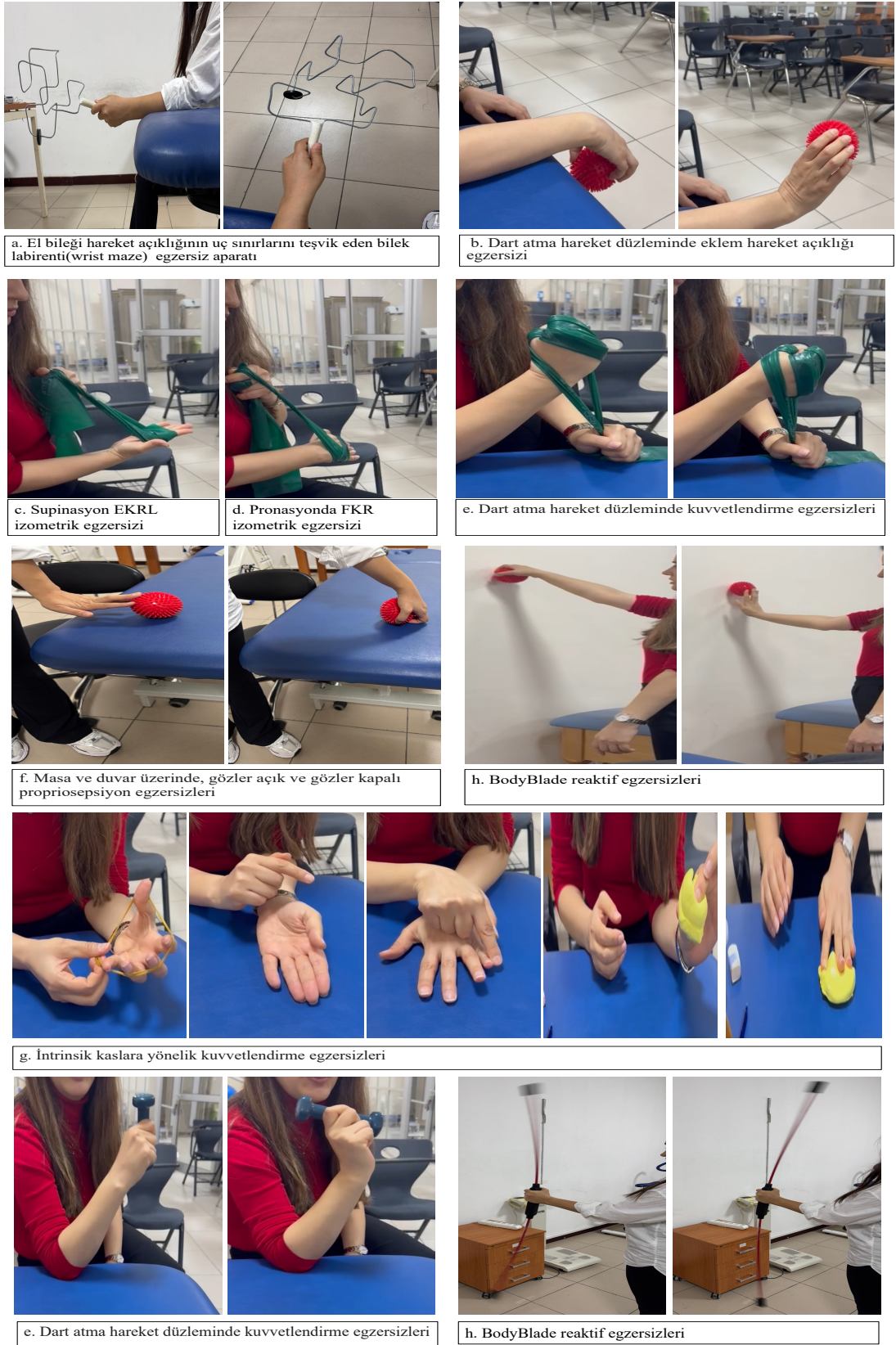
Zaman	Egzersiz Aşamaları	Önerilen Egzersiz	Standart Doz	Ekipman / Yük	Birincil Hedef / Gerekeçe	Uygulama Notları
Hafta 1-8	El bileği EHA	Bilek labirenti egzersizi	3×15 doz	Bilek labirenti aparatı (wrist maze)	El bileği hareket açıklığının uç sınırlarını teşvik etmek	Omuz nötral, dirsek 90°, el bileği nötral; yalnızca el bileği hareketi
Hafta 1	DAH paterni	Dart atma hareket düzleminde el bileği fleksiyon-ekstansiyon (dart tutuşu)	3×15	Kırmızı dikenli duyu topu	DAH paterninin kazandırılması	Ağrı sınırları içinde
Hafta 1	EKRL/FKR kuvvetlendirme (izometrik)	El bileği fleksiyon/ekstansiyon izometrikleri (görünür hareket yok)	3×15 (≈5 sn tutuş)	Kırmızı TheraBand	Supinasyonda EKRL izometrik / pronasyonda FKR izometrik	El bileği nötral
Hafta 1	DAH paterni	Dart atma hareket düzleminde el bileği fleksiyon-ekstansiyon	3×15	Kırmızı TheraBand + 0,5 kg ağırlık	EKRL/EKRB ve FKR hedefleme; EKV yükünü sınırlama	DAH yayı takip edilir; ağrıya göre sınırlandırılır
Hafta 1-4	Nöromusküler (masa üzerinde)	Avuç içi altında kırmızı dikenli top (Gözler açık/kapalı); hafif fleksiyon-ekstansiyon, pronasyon-supinasyon, sirkumdüksiyon	3×15	Kırmızı dikenli duyu topu	Propriosepsiyon ve motor kontrol	Fonksiyonel aralıkta
Hafta 1-8	Parmak fleksiyon-ekstansiyonu	Bant ile beş parmak açma-kapama	3×15	Theraband	Parmak açma dayanıklılığı	—
Hafta 1-8	Başparmak abduksiyonu	Bant ile radyal başparmak abduksiyonu	3×15	Theraband	SLİL desteği için APL aktivasyonu	El bileği nötral
Hafta 1-8	İntrinsik (izometrik)	MKF abduksiyon-adduksiyon izometrikleri (manuel/karşı el direnci)	3×15	Manuel / karşı el	İnterosöz kaslar ve lumbrikaller (MKF stabilizasyonu)	El bileği nötral
Hafta 1-8	Parmak hassas pinç kontrolü (izometrik)	Silgi ile başparmağa karşı bireysel parmak fleksiyonu	3×15	Direnç silgisi	Lumbrikaller, interossei (thenar stabilizasyonu eşliğinde)	—
Hafta 1-8	İntrinsik (thenar – izometrik)	Başparmak hariç thenar bölgeye karşı selektif parmak fleksiyonu	3×15	Direnç silgisi	Thenar-intrinsik sinerji	—
Hafta 1-8	İntrinsik kas – ev programı (konsentrik)	Sarı terapi hamuru ile dirençli parmak fleksiyon-ekstansiyon ve abduksiyon-adduksiyon egzersizleri	3×15	Sarı terapi hamuru	Dayanıklılık / koordinasyon	—
Hafta 2-5	EKRL/FKR (konsentrik)	El bileği fleksiyon/ekstansiyon (konsentrik)	3×15	Yeşil TheraBand	EHA boyunca kuvvet kazanımı	—

Tablo 3.1. (Devam) Egzersiz eğitimi rehberi

Hafta 2-8	DAH düzleminde kuvvetlendirme	Dart atma hareket düzleminde el bileği fleksiyon-ekstansiyon	3×15	Yeşil TheraBand + 1 kg ağırlık	Progresif direnç; EKRL/EKRB ve FKR hedefleme; EKU yükünü sınırlama	DAH ark; ağrı ile sınırlı
Hafta 2-8	Nöromusküler (duvarda)	Avuç içi altında kırmızı dikenli top (Gözler açık/kapalı); hafif fleksiyon-ekstansiyon, pronasyon-supinasyon, radyal yöne sirkumdüksiyon	3×15	Kırmızı dikenli duyuşal top	Propriosepsiyon ve motor kontrol	Fonksiyonel aralıkta
Hafta 5-8	Reaktif / pertürbasyon eğitimi (opsiyonel; ağrı kontrol altında ya ve eklem stabilse)	Otomatik motor kontrol için BodyBlade osilasyon egzersizleri (zamana dayalı; örn. 3 set × 30-45 sn, set arası 30-60 sn)	3×30-45 sn (dinlenme 30-60 sn)	BodyBlade 160 cm / 560 g	Otomatik motor kontrol	Ağrı ≤3/10 ve eklem stabilse başlatılır; dik tutuş, anteroposterior osilasyonlar

EHA=Normal eklem hareket açıklığı; DAH=Dart atma hareketi; MKP=Metakarpofalangeal; EKRL=Ekstansör karpi radialis longus; EKRB= Ekstansör karpi radialis brevis; FKR=Fleksör karpi radialis; EKU=Ekstansör karpi ulnaris; APL=Abduktor pollisis longus; SLİL=Skafolunat interosseöz ligament; sn=saniye; kg=kilogram; cm=santimetre; g=gram; örn=örneğin; °=derece

Proprioseptif girdi, duyuşal geri bildirim ve bilek eklemi farkındalığını uyaran kırmızı dikenli toplar kullanılarak yapılan aktivitelerle güçlendirildi. Programın sonraki aşamalarında, her iki ucunda lastik ağırlıklar bulunan, 160 cm uzunluğunda ve 560 gram ağırlığında bir salınım çubuğu olan BodyBlade kullanılarak reaktif nöromusküler kontrol eğitimi verildi. Hastalar BodyBlade aletini dikey olarak tuttular ve bilek ve üst ekstremite çevresindeki derin stabilizasyon kaslarını aktive etmek için tasarlanmış ritmik ileri-geri salınımlar yaptılar (Şekil 3.10). Tam müdahale protokolü Tablo 3.1'de ayrıntılı olarak verildi.



Şekil 3.10.Egzersiz temelli müdahale.

Egzersiz eğitimi haftada yedi gün olacak şekilde planlandı. Klinik günlerinde, klinikte bir adet süpervizyonlu seans uygulanarak aynı gün içerisinde buna ek olarak iki adet süpervizyonsuz ev temelli seans gerçekleştirildi. Klinik olmayan günlerde ise günde üç adet süpervizyonsuz ev egzersiz seansı uygulandı. Ev egzersiz seansları, gün içine mümkün olduğunca eşit aralıklarla dağılacak şekilde sabah, öğleden sonra ve akşam saatlerinde planlandı. NMES uygulaması yalnızca süpervizyonlu klinik seansları sırasında gerçekleştirildi; ev temelli seanslarda NMES uygulanmadı. Aksi belirtilmedikçe, her bir egzersiz 15 tekrarlı günde 3 set (3×15) şeklinde gerçekleştirildi. İzometrik egzersizlerde her tekrar yaklaşık beş saniye süreyle tutulmuş ve setler arasında 30–60 saniye dinlenme süresi verildi. Hem NMES NMESG hem de EG'ye, tüm kuvvetlendirme, motor kontrol ve propriyoseptif egzersizler bilateral olarak uygulanmış; etkilenmiş ve etkilenmemiş el bilekleri aynı dozda hedeflendi (aksi belirtilmedikçe seans başına 3×15 tekrar). Bilateral antrenman, hareket simetrisini teşvik etmek ve olası çapraz eğitim (cross-education) etkilerinden yararlanmak amacıyla tercih edildi. Ev temelli seanslar da aynı bilateral olarak uygulandı. Tüm hareketler, dart atma hareketi (DAH) aralığı içerisinde uygulanarak; hastalara açıkça zorlayıcı pronasyon–supinasyon, uzun süreli maksimal kavrama, el üzerinden yük taşıma veya transfer, agresif el bileği rotasyonları ve ağır kaldırma aktivitelerinden, müdahale sonrasındaki ilk altı ay boyunca kaçınmaları gerektiği belirtildi. Her iki grup da süpervizyonlu propriyoseptif ve nöromusküler egzersiz eğitiminin yanı sıra yapılandırılmış bir ev egzersiz programı aldı. EG yalnızca egzersiz eğitimine katılırken, NMESG hem NMES hem de egzersiz eğitimini aldı. Egzersiz programlarının içeriği ve yapısı her iki grup için tamamen aynı olacak şekilde düzenlendi. Advers olaylar ve olası olumsuz yanıtlar, her klinik ziyarette değerlendirildi.

Egzersiz progresyonu, üç aşamalı bir rehabilitasyon modeli doğrultusunda uygulandı:

- Aşama 1: Bilinçli motor kontrol ve izometrik yüklenme,
- Aşama 2: Düşük yükte “el bileği denge” eğitimi ile bilinçsiz motor kontrol,
- Aşama 3: Yüksek yükte “el bileği denge” ve kondisyon eğitimi ile bilinçsiz motor kontrol (91).

Aşamalara göre ayrıntılandırılmış egzersiz protokolü Tablo 3.1’de sunulmuştur. Egzersiz programına uyum, haftalık olarak bire bir yüz yüze seanslarla ve ev programları için egzersiz takip çizelgesi aracılığıyla izlenmiştir. Katılımcılardan, evde uyguladıkları egzersizleri kaydettikleri bir form doldurmaları istenmiş ve her hafta formlar araştırmacı tarafından kontrol edilmiştir. Ayrıca, egzersiz sıklığı ve şikâyetleri hakkında kısa görüşmeler yapılmıştır. Haftalık değerlendirmelerde %80 ve üzeri uyum gösteren katılımcılar programa tam uyumlu kabul edilmiştir.

3.9. İstatistiksel Analiz

Çalışmadan elde edilen veriler, temel tanımlayıcı istatistikler ve standart karşılaştırmalar için IBM SPSS Statistics (sürüm 26.0) ve ileri istatistik analizleri için R Studio (R yazılımı, sürüm 4.4.2; paket: nparLD) yazılımları kullanılarak istatistiksel olarak analiz edildi. Sayısal değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu incelendi. Tanımlayıcı istatistikler; kategorik değişkenler için frekans ve yüzde, sayısal değişkenler için ise medyan (minimum–maksimum) değerler olarak ifade edildi.

Kategorik değişkenlerin karşılaştırılmasında Ki-Kare testi, gerekli durumlarda Fisher’in Kesin testi veya Pearson Ki-kare istatistiği kullanıldı. Grup içi karşılaştırmalarda, parametrik veriler için Eşleştirilmiş Örneklem t-testi, parametrik olmayan veriler için ise Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi uygulandı. Gruplar arası karşılaştırmalar, parametrik olmayan veriler için Mann–Whitney U testi, parametrik veriler için ise Bağımsız Örneklem t-testi ile gerçekleştirildi (145). Müdahale yöntemlerinin etkinliği, tek yönlü kovaryans analizi (ANCOVA) kullanılarak karşılaştırıldı ve ANCOVA’nın varsayımları test edildi. Varsayımların sağlanmadığı durumlarda Quade’in parametrik olmayan ANCOVA yöntemi uygulandı. Etki büyüklükleri, kısmi eta kare (partial eta squared; η^2) değerleri kullanılarak hesaplandı (145).

Kısmi eta kare (η^2) değerlerine göre etki büyüklükleri; küçük ($0.01 < \eta^2 < 0.06$), orta ($0.06 < \eta^2 < 0.14$) ve büyük ($\eta^2 > 0.14$) olarak sınıflandırıldı. Ağrının tekrarlı ölçümlerinde grup*zaman etkileşimini incelemek amacıyla, tekrarlı ölçümlü ANOVA’nın parametrik olmayan bir alternatifi olan Brunner–Langer modeli (F1-LD-F1 tasarımı) kullanıldı. Grup–zaman etkileşiminin anlamlı bulunduğu durumlarda,

zaman noktaları arasındaki değişimlerin (ΔT_0-T_1 , ΔT_0-T_2 ve ΔT_1-T_2) incelenmesinde Bonferroni düzeltilmeli Mann-Whitney U testi uygulandı (146). Tüm analizlerde Tip I hata düzeyi %5'in altında ($p < 0.05$) olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

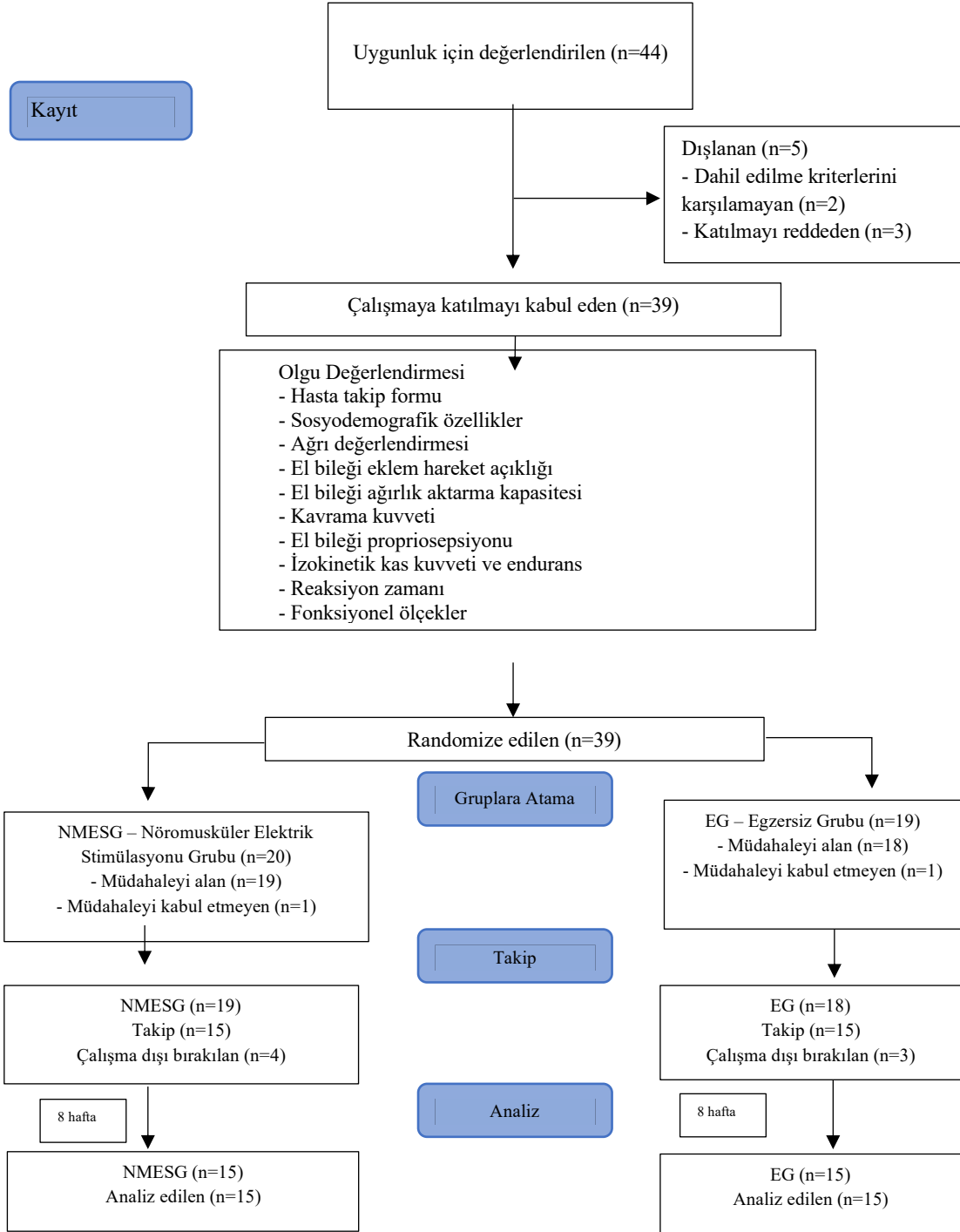
4. BULGULAR

Çalışma için toplam 44 olgu yönlendirildi, bunlardan üçü ulaşım sorunları nedeniyle, ikisi ise dahil edilme kriterlerini karşılamadıkları için çalışmadan dışlandı. Kalan 39 hasta, iki gruptan birine rastgele atandı. 20 kişi NMESG'ye ve 19 kişi EG'ye atandı. Müdahale süresi boyunca, zamanlama uyumsuzluğu ve ulaşım güçlükleri gibi tıbbi olmayan nedenlerle (örn. iş/okul programı çakışmaları, kliniğe gelememe veya kişisel nedenler) 9 katılımcı, 8 haftalık programı tamamlamadan çalışmadan ayrıldı; bu kayıpların hiçbirisi yan etki veya komplikasyon gibi olaylarla ilişkili değildir. Ayrılan bu katılımcıların 4'ü EG'den, 5'i NMESG'den olup, bu bireyler analiz dışı bırakıldı. Katılımcıların büyük çoğunluğu akut bir travmadan ziyade kümülatif veya tekrarlayıcı el bileği yüklenmesi öyküsü ile başvurdu. Tüm bireyler kümülatif aşırı kullanım öyküsü bildirirken, yalnızca az sayıda katılımcıda belirgin travmatik başlangıç mevcuttu. Bu nedenle olguların çoğu, travma sonrası değil, kümülatif kökenli dinamik SL instabilite olarak sınıflandırıldı.

Sonuç ölçümleri etkilenen ekstremiteden toplandı ve karşı taraf ekstremiteye yönelik veriler birincil analizlere dahil edilmedi. Nihai analiz, her grupta 15 olmak üzere toplam 30 hasta üzerinden gerçekleştirildi. Müdahale veya değerlendirme süreci boyunca, hiçbir katılımcı tarafından istenmeyen olay, komplikasyon ya da yan etki bildirilmedi. Müdahale ve takip süreçlerindeki hasta akışına ilişkin detaylar CONSORT diyagramında sunuldu (Şekil 4.1).

4.1. Hastaların Sosyo-Demografik ve Klinik Özellikleri

Grupların demografik ve klinik özellikleri Tablo 4.1'de gösterildi. Grupların yaş, vücut ağırlığı, boy, vücut kütle indeksi, teşhisten itibaren geçen süre, hastalık durasyonları ve günlük el kullanım süresi istatistiksel olarak benzerdi ($p>0,05$).



Şekil 4.1. CONSORT akış diyagramı.

Tablo 4.1. Grupların sosyo-demografik ve sağlıkla ilişkili başlangıç özellikleri.

	EG (n=15)	NMESG (n=15)	t / z	p
Yaş (yıl)	33,53±11,8	30,87±7,42	0,741	0,466
Vücut ağırlığı (kg)	64,53±14,46	69,47±13,17	-0,977	0,337
Boy (cm)	161,2±7,53	166,6±6,66	-2,080	0,057
VKİ (kg/m ²)	24,2±4,57	24,67±5,01	-0,267	0,792
Hastalık durasyonu (ay)	6 (2/120)	12 (3/120)	-0,958	0,345
El Kullanımı (saat/gün)	10,27±2,63	10,87±2,72	-0,614	0,544

Tüm değerler ortalama ± standart sapma veya medyan (min/maks) değerleri olarak verildi. EG= egzersiz grubu; NMESG= nöromusküler elektrik stimülasyonu grubu; p= bağımsız örnekler t-testi veya mann whitney u-testi; VKİ= vücut kütle indeksi; kg= kilogram; m = metre; °= derece; anlamlılık düzeyi p<0,05.

Grupların cinsiyet, dominant el, etkilenen el, sigara kullanımı, travma öyküsü ve kümülatif travma öyküsü Tablo 4.2’de gösterildi. Kişisel ve klinik özellikler bakımından grupların benzer olduğu saptandı (p>0,05).

Tablo 4.2. Grupların demografik ve klinik özellikleri.

		EG (n=15) n(%)	NMESG (n=15) n(%)	χ ²	p
Cinsiyet	Kadın (%Kadın)	13 (86,67)	13 (86,67)	0,000	1,000
	Erkek (%Erkek)	2 (13,33)	2 (13,33)		
Dominant el	Sağ	15 (100)	15 (100)	NC	NC
	Sol	0 (0)	0 (0)		
Etkilenen el	Sağ	10 (66,67)	7 (46,67)	1,222	0,269
	Sol	5 (33,33)	8 (53,33)		
Sigara	Evet (%evet)	6 (%40)	2 (13,33)	2,727	0,215
	Hayır (%hayır)	9 (%60)	13 (86,67)		
Meslek	Aktif çalışan	9 (60)	8 (53,33)	0,759	0,684
	Emekli	0 (0)	0 (0)		
	Ev hanımı	3 (20)	5 (33,33)		
	Öğrenci	3 (20)	2 (13,33)		
Travma öyküsü	Evet	5 (33,33)	2 (13,33)	1,677	0,390
	Hayır	10 (66,67)	13 (86,67)		
Kümülatif Travma öyküsü	Evet	15 (100)	15 (100)	NC	NC
	Hayır	0 (0)	0 (0)		

Tüm değerler ortalama ± standart sapma veya medyan (min/maks) değerleri olarak verildi. EG= egzersiz grubu; NMESG= nöromusküler elektrik stimülasyonu grubu; p= bağımsız örnekler t-testi veya Mann Whitney u-testi; VKİ= vücut kütle indeksi; NC= hesaplanmamış; anlamlılık düzeyi p<0,05.

Tüm hastalar sağ el dominanttı ve semptomların başlangıcını kümülatif/aşırı kullanım ile ilişkilendirmiş olup akut travma, kırık veya cerrahi girişim öyküsü

bulunmamaktaydı. Tipik maruziyetler; sıklıkla ulnar deviasyon ve güçlü kavrama/aksiyel yüklenme ile birlikte olan tekrarlayıcı veya uzun süreli el bileği ekstansiyonu olup, bunlar uzun süreli bilgisayar/mouse kullanımı, manuel/endüstriyel alet kullanımı, ağırlık taşıma aktiviteleri (örn. şınav, plank, yoga), sporla ilişkili yüklenmeler (örn. raket sporları, direnç antrenmanı, voleybol) ya da tekrarlayıcı el-el bileği aktiviteleri içeren mesleki görevler (örn. temizlik hizmetleri, kuaförlük, diş hekimliği) sırasında ortaya çıkmıştır.

Grupların tedavi öncesi klinik özelliklerinin karşılaştırılmasına ait sonuçlar Tablo 4.3'te gösterildi. İstatistiksel analizler sonucunda, grupların tedavi öncesi QuickDASH, VAS-istirahat, VAS-aktivite, VAS-egzersiz, EHA, ağırlık aktarma kapasitesi (AAK), kavrama kuvveti, propriosepsiyon, izokinetik pik tork (PT) ve toplam iş (TWD) değerleri (mutlak değer ve %vücut ağırlığı), söndürülen led sayısı, reaksiyon zamanı, kaçırılan led sayısı, PRWHE-ağrı, PRWHE-fonksiyon, PRWHE-toplam, MMAYO, EL 20 anketi, SF-12 PCS ve SF-12 MCS skorlarının benzer olduğu saptandı ($p>0,05$).

Tablo 4.3. Grupların tedavi öncesi başlangıç klinik özelliklerin karşılaştırılması.

	EG (n=15)	NMESG (n=15)	t / z	p
QuickDASH %	52,3 (36,4/77,3)	50 (15,9/72,7)	-1,059	0,290
VAS-istirahat (cm)	5 (0/8)	4 (0/10)	-0,736	0,461
VAS-aktivite (cm)	8 (5/10)	8 (5/10)	-0,431	0,667
VAS-egzersiz (cm)	8 (5/10)	8 (5/10)	-1,676	0,094
Fleksiyon EHA (°)	68,2±12,18	70,67±14,39	-0,507	0,616
Ekstansiyon EHA (°)	58±8,46	58,93±8,49	-0,302	0,765
Ulnar Deviasyon EHA (°)	31,07±5,38	30,67±9,29	0,144	0,886
Radial Deviasyon EHA (°)	18 (9/22)	19 (9/36)	-0,422	0,673
AAK (kg)	17,93 (9,7/41,93)	18,17 (9,8/33,1)	-0,062	0,950
Jamar® (kgf)	22,67 (7,87/51,67)	28,03 (12/31,83)	-1,599	0,110
Ekstansiyon-Propriosepsiyon (°) Acumar	2,67 (0,67/4)	3,67 (0,67/9)	-1,128	0,259
Fleksiyon-Propriosepsiyon (°) Acumar	3 (0,67/5,33)	2 (0,67/6)	-0,604	0,546
Ekstansiyon-Propriosepsiyon (°) Cybex	2 (0,67/4,33)	1,67 (0,33/7,33)	-0,188	0,851
Fleksiyon-Propriosepsiyon (°) Cybex	1,67 (0/6,33)	1 (0,33/8)	-1,191	0,234
Fleksiyon PT (value) (Nm)	5 (3/18)	8 (3/15)	-0,734	0,463
Fleksiyon PT (%BW) (Nm)	9 (3/21)	9 (3/21)	-0,085	0,932
Ekstansiyon PT (value) (Nm)	4 (3/11)	5 (3/8)	-0,021	0,983
Ekstansiyon PT (%BW) (Nm)	9 (3/12)	6 (3/12)	-0,907	0,364
TWD Fleksiyon (Value)	80 (33/256)	108 (19/244)	-1,058	0,290
TWD Fleksiyon (%BW)	125 (60/298)	155 (33/349)	-0,684	0,494
TWD Ekstansiyon (Value) (Nm)	72 (28/130)	64 (24/123)	-0,228	0,819
TWD Ekstansiyon (%BW) (Nm)	116 (45/167)	89 (42/226)	-0,706	0,480
BlazePod söndürülen led sayısı (n)	45,33 (33,67/53)	46,67 (40,33/52,33)	-0,498	0,618
BlazePod reaksiyon zamanı (ms)	504,33 (413,67/737,67)	488,67 (421/591,33)	-0,270	0,787
BlazePod kaçırılan led sayısı (n)	0 (0/0)	0 (0/0,67)	-1,000	0,317
PRWHE Ağrı	37 (23/42)	32 (12/48)	-1,225	0,220
PRWHE Fonksiyon	28,5 (8,5/42)	26,5 (6,5/33)	-1,266	0,205
PRWHE Toplam	67 (40,5/78)	56 (18,5/77,5)	-1,308	0,191
MMAYO	60 (40/75)	65 (35/75)	-0,106	0,916
EL 20 Anketi	52,3 (36,4/77,3)	50 (15,9/72,7)	-1,059	0,290
SF-12 PCS	43 (18/68)	33,5 (5/62,5)	-1,514	0,130
SF-12 MCS	37,7 (25,19/43,52)	34,98 (28,56/55,95)	-0,145	0,885

Tüm değerler ortalama ± standart sapma veya medyan (min/maks) olarak verildi. EG= egzersiz grubu; NMESG= nöromusküler elektrik stimülasyonu grubu; p= bağımsız örnekler t-testi veya mann whitney u-testi; %BW= % vücut ağırlığı; VAS= görsel analog ölçeği; EHA= eklem hareket açıklığı; AAK= ağırlık aktarma kapasitesi; PT= tepe tork; TWD= yapılan toplam iş; n=sayı; cm= santimetre; kg= kilogram; m = metre; kgf = kilogram-kuvvet; Nm= newton-metre; °= derece; PRWHE=Hasta Bazlı El Bileği/El Değerlendirme ölçeği; MMAYO=Modifiye MAYO El anketi; anlamlılık düzeyi p<0,05.

4.2. Tedavi Sonuçlarının Karşılaştırılması

4.2.1. QuickDASH skorlarının karşılaştırılması

Grupların grup-içi tedavi öncesi ve tedavi sonrası etkilenen taraf QuickDASH değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.4'te gösterildi. Tedavi sonrasında, primer sonuç ölçütü olan grup içi QuickDASH puanları hem EG'de hem de NMESG'de önemli ölçüde iyileşti (sırasıyla $p=0,001$ ve $p=0,001$). Etkilenen tarafın el bileğinde QuickDASH skorlarındeki değişimin NMESG'de EG'ye göre daha fazla olduğu gözlemlendi ($p=0,007$) (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Grup içi ve gruplar arası QuickDASH skorlarının karşılaştırılması.

	EG (n=15)				NMESG (n=15)				Quade's ANCOVA		
	T0	T8	p	EB	T0	T8	p	ES	F _{1,27}	p	EB
Quick DASH%	52,3 (36,4/77,3)	22,7 (11,4/45,5)	0,001^a	0,62 2	50 (15,9/72,7)	11,4 (0/22,7)	0,001^a	0,623	8,313	0,007^a	0,229

Tüm değerler medyan (min/maks) değerler olarak verildi. a = Wilcoxon İşaretili Sıra Testi, grup içi değişimin önemini test etmek için kullanıldı. x = Quade'nin ANCOVA'sı, tedavilerin etkinliğini karşılaştırmak için kullanıldı. Tedavi sonrası değerler bağımlı değişkene, gruplama değişkeni bağımsız değişkene ve tedavi öncesi değerler kovaryansa atandı. T0: başlangıç değerlendirmesi; T8= tedavi sonrası değerlendirme (8 haftada); EG= egzersiz grubu; NMESG= nöromusküler elektrik stimülasyonu grubu; EB= etki büyüklüğü; anlamlılık düzeyi $p<0,05$.

4.2.2. Hasta Bazlı El Bileği/El Değerlendirme Testi (PRWHE) Değerlerinin Karşılaştırılması

Olguların grup içi tedavi öncesi ve tedavi sonrası etkilenen taraf el bileği PRWHE değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.5'te gösterildi. Grup içi etkilenen taraf el bileği PRWHE-Ağrı değerlerinde EG ve NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu (sırasıyla $p=0,001$, $p=0,001$). Etkilenen taraf el bileği PRWHE-Fonksiyon değerlerinde EG ve NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu (sırasıyla $p=0,001$, $p=0,001$). Etkilenen taraf el bileği PRWHE-Toplam değerlerinde EG ve NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu (sırasıyla $p=0,011$, $p=0,001$). Gruplar arası etkilenen taraf el bileği PRWHE değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.5'te gösterildi. Grupların etkilenen taraf el bileği

PRWHE-Ağrı, PRWHE-Fonksiyon ve PRWHE-Toplam değerlerindeki değişiminin NMESG’de istatistiksel olarak anlamlı biçimde daha fazla olduğu bulundu (sırasıyla $p=0,010$, $p=0,032$ ve $p=0,011$).

4.2.3. Modifiye MAYO El Bilek Skoru Değerlerinin Karşılaştırılması

Olguların grup içi tedavi öncesi ve tedavi sonrası etkilenen taraf el bileği Modifiye MAYO (MMAYO) skoru değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.5’te gösterildi. Grup içi etkilenen taraf el bileği MMAYO değerlerinde EG ve NMESG’de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu (sırasıyla $p=0,001$, $p=0,001$). Gruplar arası etkilenen taraf el bileği MMAYO değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.5’te gösterildi. Grupların etkilenen taraf el bileği MMAYO değerlerindeki değişimin benzer olduğu görüldü ($p>0,05$).

4.2.4. EI20 Anketi Değerlerinin Karşılaştırılması

Olguların grup içi tedavi öncesi ve tedavi sonrası etkilenen taraf el bileği EI20 Anketi ortalamalarının karşılaştırılması Tablo 4.5’te gösterildi. Grup içi etkilenen taraf el bileği EI20 Anketindeki değerlerinde EG ve NMESG’de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel olarak anlamlı bir artış bulundu (sırasıyla $p=0,001$, $p=0,001$). Gruplar arası etkilenen taraf el bileği EI20 Anketi değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.5’te gösterildi. Grupların etkilenen taraf el bileği EI20 Anketi skorlarındaki değişiminin benzer olduğu görüldü ($p>0,05$).

Tablo 4.5. Grup içi ve gruplar arası “Hasta Bazlı El Bileği/El Değerlendirme Testi (PRWHE)”, “Modifiye MAYO El Bilek Skoru” ve “El20 Anketi” değerlerinin karşılaştırılması.

	EG (n=15)				NMESG (n=15)				Quade's ANCOVA		
	T0	T8	p	EB	T0	T8	p	EB	F _{1,27}	p	EB
PRWHE Ağrı	37 (23/42)	15 (0/27)	0,001	0,622	32 (12/48)	9 (0/17)	0,001	0,622	7,547	0,010	0,212
PRWHE Fonksiyon	28,5 (8,5/42)	9 (0/23)	0,001	0,612	26,5 (6,5/33)	3 (0/14)	0,001	0,623	5,072	0,032	0,153
PRWHE Toplam	67 (40,5/78)	25 (0/50)	0,001	0,622	56 (18,5/77,)	11 (0/31)	0,001	0,622	7,316	0,011	0,207
Modifiye MAYO	60 (40/75)	85 (70/100)	0,001	0,625	65 (35/75)	90 (75/100)	0,001	0,626	2,136	0,155	0,071
EL20 ANKETİ	43 (18/68)	13 (3,5/26,5)	0,001	0,622	33,5 (5/62,5)	6,5 (0/18)	0,001	0,622	3,239	0,083	0,104

Değerler medyan (min/maks) olarak verildi. p: Wilcoxon İşaretili Sıralar Testi, grup-içi değişimin anlamlılığını test etmek için kullanıldı. Quade's ANCOVA'ya ait p değeri, tedavilerin etkinliğini karşılaştırmak için kullanıldı. EG= egzersiz grubu; NMESG= nöromusküler elektrik stimülasyonu grubu; T0: başlangıç değerlendirmesi; T8= tedavi sonrası değerlendirme (8 haftada);EB: Etki büyüklüğü, anlamlılık düzeyi $p < 0,05$.

4.2.5. Ağrı Şiddeti Sonuçlarının Karşılaştırılması

Grupların grup-içi tedavi öncesi ve tedavi sonrası etkilenen taraf VAS-istirahat, VAS-aktivite ve VAS-egzersiz değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.5'te gösterildi. NMES ve Kontrol gruplarında grup-içi VAS-istirahat, VAS-aktivite ve VAS-egzersiz değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir azalma bulundu ($p=0,001$).

Gruplar-arası VAS-istirahat, VAS-aktivite ve VAS-egzersiz değerlerinin değişiminin karşılaştırılması Tablo 4.6'da gösterildi. VAS-istirahat, VAS-aktivite ve VAS-egzersiz değerlerinin NMES grubunda daha fazla olduğu tespit edildi (sırasıyla $p=0,008$, $p < 0,001$, $p=0,002$).

Tablo 4.6. Grup içi ve gruplar arası ağrı skorlarının karşılaştırılması.

	EG (n=15)				NMESG (n=15)				Quade's ANCOVA		
	T0	T8	p	EB	T0	T8	p	EB	F _{1,27}	p	EB
VAS-İ	5 (0/8)	1 (0/4)	0,001^a	0,603	4 (0/10)	0 (0/2)	0,001^a	0,606	8,026	0,008^x	0,223
VAS-A	8 (5/10)	3 (0/5)	0,001^a	0,630	8 (5/10)	0 (0/3)	0,001^a	0,625	24,986	<0,001^x	0,472
VAS-E	8 (5/10)	2 (0/5)	0,001^a	0,627	8 (5/10)	0 (0/3)	0,001^a	0,626	11,119	0,002^x	0,284

Tüm değerler medyan (min/maks) değerler olarak verildi. a = Wilcoxon İşaretli Sıra Testi, grup içi değişimin önemini test etmek için kullanıldı. x = Quade'nin ANCOVA'sı, tedavilerin etkinliğini karşılaştırmak için kullanıldı. Tedavi sonrası değerler bağımlı değişkene, gruplama değişkeni bağımsız değişkene ve tedavi öncesi değerler kovaryansa atandı. VAS-İ = istirahat ağrı şiddeti. VAS-A = aktivitede ağrı şiddeti. VAS-E = egzersizde ağrı şiddeti. T0: başlangıç değerlendirmesi; T8= tedavi sonrası değerlendirme (8 haftada); EG = egzersiz grubu; NMESG= nöromusküler elektrik stimülasyonu grubu; EB= etki büyüklüğü; anlamlılık düzeyi p<0,05.

Olguların başlangıç ağrı şiddeti (T0), 2. hafta sonundaki ağrı şiddeti (T2), 4. hafta sonundaki ağrı şiddeti (T4), 6. hafta sonundaki ağrı şiddeti (T6) ve 8. hafta sonundaki ağrı şiddeti (T8) değişiminin karşılaştırılması Tablo 4.7'de gösterildi. 2., 4., 6. ve 8. hafta sonundaki VAS-istirahat, VAS-aktivite ve VAS-egzersiz değişkenlerinde her iki grupta da zaman içinde anlamlı iyileşmeler kaydedildi (p<0,001).

EG'de; VAS-istirahat değişkenine ait T0-T4, T0-T6, T0-T8 ve T2-T8 ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler gözlemlendi ($p_{adj}<0,05$) (Tablo 4.7) (Grafik 4.1). NMESG'de; VAS-istirahat değişkenine ait T0-T4, T0-T6, T0-T8 ve T2-T8 ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler gözlemlendi ($p_{adj}<0,05$) (Tablo 4.7) (Grafik 4.1).

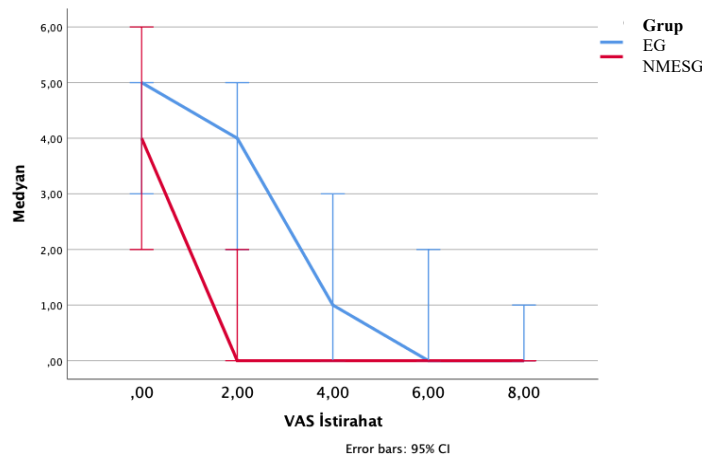
EG'de; VAS-aktivite değişkenine ait T0-T4, T0-T6, T0-T8, T2-T6 ve T2-T8 ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler gözlemlendi ($p_{adj}<0,05$) (Tablo 4.7) (Grafik 4.2). NMESG'de; VAS-aktivite değişkenine ait T0-T4, T0-T6, T0-T8 ve T2-T8 ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler gözlemlendi ($p_{adj}<0,05$) (Tablo 4.7) (Grafik 4.2).

EG'de; VAS-egzersiz değişkenine ait T0-T4, T0-T6, T0-T8, T2-T6 ve T2-T8 ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler gözlemlendi ($p_{adj}<0,05$) (Tablo 4.7) (Grafik 4.3). NMESG'de; VAS-egzersiz değişkenine ait T0-T4, T0-T6, T0-T8 ve T2-T8 ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler gözlemlendi ($p_{adj}<0,05$) (Tablo 4.7) (Grafik 4.3).

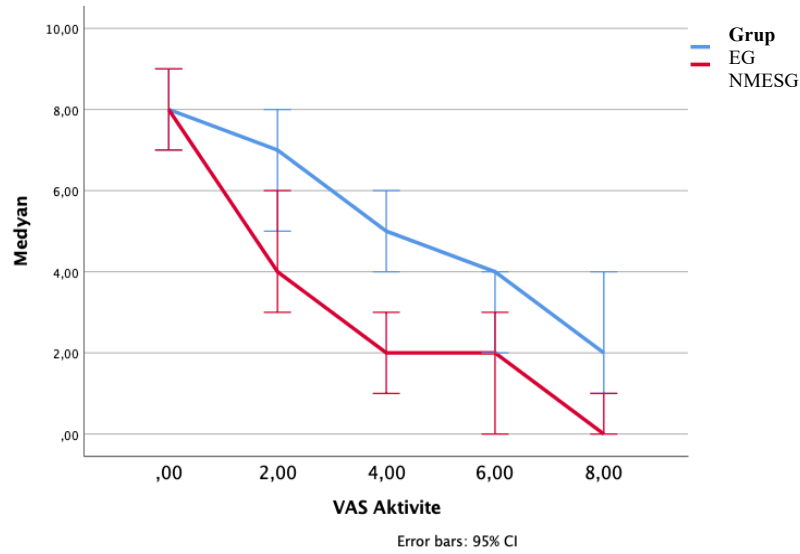
Tablo 4.7. Olguların 8 haftalık ağrı şiddeti ilgili değerlerin grup içi ve gruplar arası karşılaştırılması.

	Ölçümler	EG (n=15)	NMESG (n=15)	Brunner Langer Testi-ANOVA
VAS-İ	T0	5 (0/8)	4 (0/10)	F=1,670 p=0,177
	T2	4 (0/8)	0 (0/5)	
	T4	1 (0/4)	0 (0/4)	
	T6	0 (0/3)	0 (0/2)	
	T8	0 (0/2)	0 (0/2)	
	p	<0,001 ^{b,c,d,f,g}	<0,001 ^{b,c,d}	
VAS-A	T0	8 (5/10)	8 (5/10)	F=5,147 p<0,001
	T2	7 (3/9)	4 (2/9)	
	T4	5 (1/7)	2 (0/7)	
	T6	4 (0/6)	2 (0/4)	
	T8	2 (0/5)	0 (0/3)	
	p	<0,001 ^{b,c,d,f,g}	<0,001 ^{b,c,d,g}	
VAS-E	T0	8 (5/10)	8 (5/10)	F=4,007 p=0,006
	T2	6 (0/9)	4 (2/7)	
	T4	4 (0/7)	1 (0/7)	
	T6	2 (0/6)	1 (0/4)	
	T8	1 (0/5)	0 (0/3)	
	p	<0,001 ^{b,c,d,f,g}	<0,001 ^{b,c,d,g}	

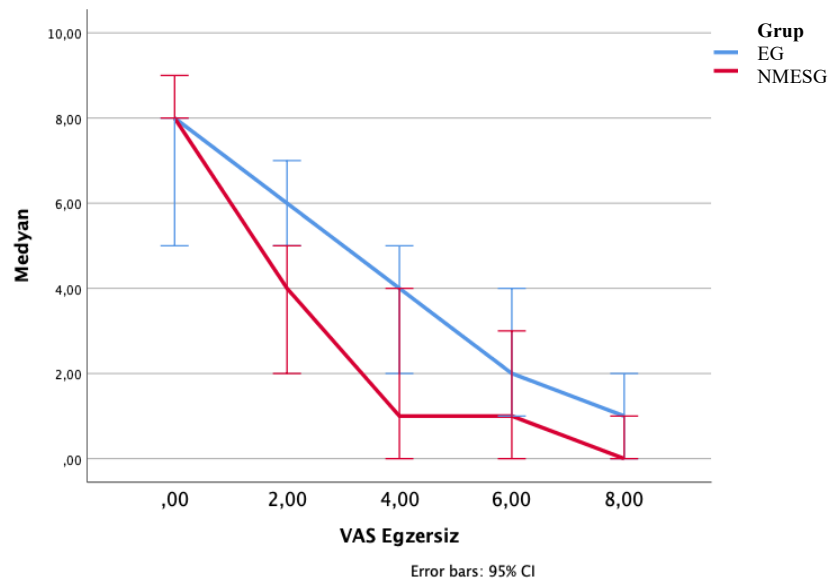
Değerler medyan (min/maks) olarak verildi. T0: ilk değerlendirme, T2: 2. hafta değerlendirmesi, T4: 4. hafta değerlendirmesi, T6: 6. hafta değerlendirmesi, T8: 8. hafta değerlendirmesi. p: Friedman Testi. Grup*Zaman Etkileşimi: Non-parametrik Brunner Langer Testinin ANOVA tipi sonuçlarıdır (F1-LD-F1 tasarımı). **a:** T0-T2 arasında anlamlı farkı işaret eder. **b:** T0-T4 arasında anlamlı farkı işaret eder. **c:** T0-T6 arasında anlamlı farkı işaret eder. **d:** T0-T8 arasında anlamlı farkı işaret eder. **e:** T2-T4 arasında anlamlı farkı işaret eder. **f:** T2-T6 arasında anlamlı farkı işaret eder. **g:** T2-T8 arasında anlamlı farkı işaret eder. **h:** T4-T6 arasında anlamlı farkı işaret eder. **i:** T4-T8 arasında anlamlı farkı işaret eder. **j:** T6-T8 arasında anlamlı farkı işaret eder; VAS-İ = istirahatte ağrı şiddeti. VAS-A = aktivitede ağrı şiddeti. VAS-E = egzersizde ağrı şiddeti. EG= egzersiz grubu; NMESG= nöromusküler elektrik stimülasyonu grubu; EB= etki büyüklüğü; anlamlılık düzeyi p<0,05.



Grafik 4.1. VAS-istirahat sonuçlarının grup içi ve gruplar arası karşılaştırılması.



Grafik 4.2. VAS-aktivite sonuçlarının grup içi ve gruplar arası karşılaştırılması.



Grafik 4.3. VAS-egzersiz sonuçlarının grup içi ve gruplar arası karşılaştırılması.

Gruplar arası VAS-aktivite ve VAS-egzersiz değişkenleri için grup×zaman etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı bulundu (Tablo 4.8). VAS-aktivitenin başlangıçtan 2., 4. ve 8. haftaya kadar olan değişimi, VAS-egzersizin ise sadece başlangıçtan 2. haftaya kadar olan değişiminin NMESG’de daha fazla olduğu

belirlendi ($p<0,05$) (Tablo 4.8). Gruplar arası VAS-istiharat değişimi benzer olduğu ve grup \times zaman etkileşiminin istatistiksel olarak anlamsız olduğu bulunduğu için değişim değerleri (Δ) karşılaştırılması yapılmadı ($p>0,05$) (Tablo 4.7).

Tablo 4.8. Anlamlı grup*zaman etkileşimi gösteren değişkenlerde gruplar arası VAS-aktivite ve VAS-egzersiz değerlerinin karşılaştırılması.

	Delta	EG (n=15)	NMESG (n=15)	p	EB
VAS-A	$\Delta T0-T2$	-2 (-3/0)	-4 (-7/0)	0,008	0,486
	$\Delta T0-T4$	-3 (-7/-1)	-5 (-9/-1)	0,016	0,440
	$\Delta T0-T6$	-5 (-7/-2)	-6 (-10/-4)	0,078	0,322
	$\Delta T0-T8$	-5 (-10/-3)	-8 (-10/-5)	0,011	0,466
VAS-E	$\Delta T0-T2$	-1 (-5/0)	-2 (-10/0)	0,046	0,304
	$\Delta T0-T4$	-4 (-8/1)	-3 (-10/0)	0,769	0,053
	$\Delta T0-T6$	-4 (-8/0)	-4 (-10/0)	0,753	0,058
	$\Delta T0-T8$	-4 (-8/0)	-4 (-10/0)	0,753	0,058

Değerler medyan (min/maks) olarak verildi. p: Bonferroni düzeltilmiş Mann Whitney U test. T0: ilk değerlendirme, T2: 2. hafta değerlendirmesi, T4: 4. hafta değerlendirmesi, T6: 6. hafta değerlendirmesi, T8: 8. hafta değerlendirmesi. VAS-A = aktivitede ağrı şiddeti. VAS-E = egzersizde ağrı şiddeti. EG= egzersiz grubu; Δ = değerlendirmeler arasındaki değişimi temsil eder. NMESG= nöromusküler elektrik stimülasyonu grubu; EB= etki büyüklüğü; anlamlılık düzeyi $p<0,05$.

4.2.6. El Bileği Eklem Hareket Açıklığı Değerlerinin Karşılaştırılması

Olguların grup-içi tedavi öncesi ve tedavi sonrası etkilenen taraf el bileği EHA değerleri karşılaştırılması Tablo 4.9'da gösterildi. Grup içi etkilenen taraf el bileği fleksiyon ve ekstansiyon EHA değerlerinde EG ve NMESG tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış saptandı (tümü $p \leq 0,002$). Her iki grupta da el bileği ulnar deviasyonu tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında artış görüldü, ancak istatistiksel olarak anlamlı bir dereceye ulaşmadı ($p>0,05$) (Tablo 4.9). Radyal deviasyon EHA, EG'de önemli ölçüde arttı ($p=0,005$) ve NMESG'de ise tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0,05$) (Tablo 4.9). Gruplar karşılaştırıldığında fleksiyon, ekstansiyon, ulnar deviasyon ve radyal deviasyon EHA'da benzer değişiklikler gözlemlendi ($p>0,05$) (Tablo 4.9)

Tablo 4.9. Grup içi ve gruplar arasında etkilenen el bileği EHA değerlerinin karşılaştırılması.

	EG (n=15)				NMESG (n=15)				ANCOVA / Quade's ANCOVA		
	T0	T8	p	EB	T0	T8	p	EB	F _{1,27}	p	EB
Fleksiyon EHA (°)	68,20±12,18	82,53±6,69	<0,001 ^a	1,645	70,67±14,39	83,33±5,04	0,002 ^a	1,015	0,005	0,942 ^t	0,000
Ekstansiyon EHA (°)	58,00±8,46	70,07±4,91	<0,001 ^a	1,368	58,93±8,49	72,33±5,65	<0,001 ^a	1,872	1,264	0,271 ^t	0,045
Ulnar Deviasyon EHA (°)	31,07±5,38	31,47±4,00	0,740 ^a	0,087	30,67±9,29	32,67±3,89	0,447 ^a	0,202	0,765	0,390 ^t	0,028
Radial Deviasyon EHA (°)	18 (9/22)	20 (18/24)	0,005 ^b	0,513	19 (9/36)	20 (20/30)	0,247 ^b	0,212	0,081	0,778 ^x	0,003

Tüm değerler, radial deviasyon (medyan (min/maks)) değerleri hariç, ortalama ± standart sapma olarak verildi. Pozitif değerler, tedaviden sonra ilgili parametrede bir artış olduğunu gösterir. a= Paired Sample(s) T testi ve b= Wilcoxon Signed Rank Testi, grup içi değişimin önemini test etmek için kullanılır. t= ANCOVA ve x= Quade's ANCOVA, tedavilerin etkinliğini karşılaştırmak için kullanılır. EG= egzersiz grubu. NMESG= nöromusküler elektrik stimülasyonu grubu; T0: başlangıç değerlendirmesi; T8= tedavi sonrası değerlendirme (8 haftada); EHA= eklem hareket açıklığı; °= derece; EB= etki büyüklüğü, anlamlılık düzeyi p<0,05.

4.2.7. Ağırlık Aktarma Tolerans Testi Sonuçlarının Karşılaştırılması

Olguların grup-içi tedavi öncesi ve tedavi sonrası etkilenen taraf el bileği ağırlık aktarma değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.10'da gösterildi. Etkilenen taraf el bileği ağırlık aktarma değerlerinde EG ve NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu (sırasıyla p=0,001, p=0,001). Gruplar arası etkilenen taraf el bileği ağırlık aktarma değerlerinin değişiminin karşılaştırılması Tablo 4.10'da gösterildi. Grupların etkilenen taraf el bileği ağırlık aktarma değerlerindeki değişiminin NMESG'de daha fazla olduğu tespit edildi (p=0,042).

4.2.8. Kavrama Kuvveti Değerlerinin Karşılaştırılması

Olguların grup-içi tedavi öncesi ve tedavi sonrası etkilenen taraf el bileği kavrama kuvveti değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.10'da gösterildi. Etkilenen taraf el bileği kavrama kuvveti değerlerinde EG ve NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu (sırasıyla p=0,001 ve p=0,001). Gruplar arası etkilenen taraf el bileği kavrama kuvveti değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.10'da gösterildi. Grupların etkilenen taraf el bileği kavrama kuvveti değişiminin benzer olduğu görüldü (p=0,286).

4.2.9. Proprioepsiyon Değerlerinin Karşılaştırılması

Olguların grup-içi tedavi öncesi ve tedavi sonrası etkilenen taraf el bileği proprioepsiyon değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.10'da gösterildi. Acumar cihazı ile yapılan etkilenen taraf el bileği 30 derecelik ekstansiyon açısında proprioepsiyon ortalama değerlerinde EG ve NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu (sırasıyla $p=0,001$ ve $p=0,001$). Acumar cihazı ile yapılan etkilenen taraf el bileği 30 derecelik fleksiyon açısında proprioepsiyon ortalama değerlerinde EG ve NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu (sırasıyla $p=0,001$ ve $p=0,002$). Acumar cihazı ile yapılan gruplar arası etkilenen taraf el bileği proprioepsiyon ortalama değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.10'da gösterildi. Acumar cihazı ile yapılan gruplar arası etkilenen taraf el bileği 30 derecelik ekstansiyon açısındaki proprioepsiyon ortalama değerlerindeki değişimin ve gruplar arası etkilenen taraf el bileği 30 derecelik fleksiyon açısındaki proprioepsiyon ortalama değerlerindeki değişiminin benzer olduğu görüldü (sırasıyla $p=0,270$, $p=0,310$).

Cybex cihazı ile yapılan etkilenen taraf el bileği 30 derecelik ekstansiyon açısında proprioepsiyon ortalama değerlerinde EG ve NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu (sırasıyla $p=0,002$ ve $p=0,005$). Cybex cihazı ile yapılan etkilenen taraf el bileği 30 derecelik fleksiyon açısında proprioepsiyon ortalama değerlerinde EG ve NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu (sırasıyla $p=0,002$ ve $p=0,024$). Cybex cihazı ile yapılan gruplar arası etkilenen taraf el bileği proprioepsiyon ortalama değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.10'da gösterildi. Cybex cihazı ile yapılan gruplar arası etkilenen taraf el bileği 30 derecelik ekstansiyon açısındaki proprioepsiyon ortalama değerlerindeki değişiminin benzer olduğu görüldü ($p=0,565$). Cybex cihazı ile yapılan gruplar arası etkilenen taraf el bileği 30 derecelik fleksiyon açısındaki proprioepsiyon ortalama değerlerindeki değişiminin de benzer olduğu görüldü ($p=0,695$).

4.2.10. İzokinetik Pik Tork ve Endurans Sonuçlarının Karşılaştırılması

Olguların grup içi tedavi öncesi ve tedavi sonrası etkilenen taraf el bileği PT ve TWD ölçümleri sonuçlarının karşılaştırılması Tablo 4.10'da gösterildi. Cybex cihazı ile yapılan izokinetik ölçümlerinde etkilenen taraf el bileği fleksör kasların PT değerlerinde (value ve %BW) EG ve NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu ($p=0,001$). Etkilenen taraf el bileği ekstansör kasların PT değerlerinde de (value ve %BW) EG ve NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu ($p=0,001$). Grup içi etkilenen taraf el bileği fleksör kasların total work done (TWD) değerlerinde (value ve %BW) EG ve NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu ($p=0,001$). Etkilenen taraf el bileği ekstansör kasların TWD değerlerinde de (value ve %BW) EG ve NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu ($p=0,001$).

Gruplar arası etkilenen taraf el bileği PT ve TWD değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4.10'da gösterildi. Gruplar arası etkilenen taraf el bileği hem fleksör kasların hem de ekstansör kasların PT değerlerindeki (value ve %BW) değişimin benzer olduğu görüldü ($p>0,05$). Gruplar arası etkilenen taraf el bileği fleksör kasların TWD değerlerinde (value) değişiminin NMES grubunda daha fazla olduğu tespit edildi ($p=0,031$), ancak fleksör kasların TWD değerlerinde (%BW) ve ekstansör kasların TWD değerlerindeki (value ve %BW) değişimin benzer olduğu görüldü ($p>0,05$).

4.2.11. Reaksiyon Zamanı Değerlerinin Karşılaştırılması

Olguların grup içi tedavi öncesi ve tedavi sonrası etkilenen taraf el bileği reaksiyon zamanı ortalamalarının karşılaştırılması Tablo 4.10'da gösterildi. Grup içi etkilenen taraf el bileği söndürülen led sayısı değerlerinde EG ve NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu ($p=0,001$). Etkilenen taraf el bileği birim söndürme süresi değerlerinde EG ve NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu ($p=0,001$). Ancak grup içi etkilenen taraf el bileği kaçırılan led sayısı değerlerinde EG ve NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamı fark yoktu ($p>0,05$). Gruplar arası etkilenen taraf el bileği reaksiyon zamanı ortalama değerlerinin

karşılaştırılması Tablo 4.10'da gösterildi. Grupların etkilenen taraf el bileği söndürülen led sayısı, birim reaksiyon zamanı ve kaçırılan led sayısı değerlerindeki değişimin benzer olduğu görüldü ($p>0,05$).

Tablo 4.10. Grup içi ve gruplar arası ağırlık aktarma kapasitesi, kavrama kuvveti, propriosepsiyon, pik tork, endurans ve reaksiyon zamanı değerlerinin karşılaştırılması.

	EG (n=15)				NMESG (n=15)				Quade's ANCOVA		
	T0	T8	p	ES	T0	T8	p	ES	F _{1,27}	p ^x	EB
AAK (kg)	17,93 (9,7/41,93)	23,67 (14,43/45,23)	0,00 1	0,62 2	18,17 (9,8/33,1)	27,67 (18,63/39,13)	0,00 1	0,62 2	4,53 0	0,04 2	0,13 9
Jamar® (kgf)	22,67 (7,87/51,67)	27,67 (15,33/52,67)	0,00 1	0,62 2	28,03 (12/31,83)	34,67 (24/43,67)	0,00 1	0,62 2	1,18 3	0,28 6	0,04 1
Ekstansiyon Propriosepsiyon (°) Acumar	2,67 (0,67/4)	1 (0,33/2)	0,00 1	0,60 5	3,67 (0,67/9)	0,67 (0,33/1,67)	0,00 1	0,58 1	1,26 9	0,27 0	0,04 3
Fleksiyon Propriosepsiyon (°) Acumar	3 (0,67/5,33)	0,67 (0,33/1,67)	0,00 1	0,60 3	2 (0,67/6)	1 (0,33/2)	0,00 2	0,56 0	1,07 1	0,31 0	0,03 7
Ekstansiyon Propriosepsiyon (°) Cybex	2 (0,67/4,33)	0,67 (0/2)	0,00 2	0,55 7	1,67 (0,33/7,33)	0,67 (0/2)	0,00 5	0,51 3	0,34 0	0,56 5	0,01 2
Fleksiyon Propriosepsiyon (°) Cybex	1,67 (0/6,33)	1 (0/1,33)	0,00 2	0,55 9	1 (0,33/8)	0,67 (0,33/1,33)	0,02 4	0,41 2	0,15 7	0,69 5	0,00 6
Fleksiyon PT (value) (Nm)	5 (3/18)	11 (6/20)	0,00 1	0,62 4	8 (3/15)	14 (7/19)	0,00 1	0,60 4	2,81 0	0,10 5	0,09 1
Fleksiyon PT (%BW) (Nm)	9 (3/21)	15 (12/33)	0,00 1	0,62 6	9 (3/21)	21 (12/33)	0,00 1	0,60 4	3,25 2	0,08 2	0,10 4
Ekstansiyon PT (value) (Nm)	4 (3/11)	8 (5/12)	0,00 1	0,62 5	5 (3/8)	8 (5/11)	0,00 1	0,60 5	0,56 7	0,45 8	0,02 0
Ekstansiyon PT (%BW) (Nm)	9 (3/12)	12 (9/21)	0,00 1	0,58 7	6 (3/12)	12 (9/15)	0,00 1	0,60 9	0,03 2	0,85 8	0,00 1
TWD Fleksiyon (Value) (Nm)	80 (33/256)	164 (95/313)	0,00 1	0,62 3	108 (19/244)	206 (145/336)	0,00 1	0,62 2	5,17 2	0,03 1	0,15 6
TWD Fleksiyon (%BW) (Nm)	125 (60/298)	235 (173/539)	0,00 1	0,62 2	155 (33/349)	349 (215/569)	0,00 1	0,62 2	4,11 6	0,05 2	0,12 8
TWD Ekstansiyon (Value) (Nm)	72 (28/130)	107 (61/209)	0,00 1	0,62 2	64 (24/123)	125 (62/174)	0,00 1	0,62 2	1,58 9	0,21 8	0,05 4
TWD Ekstansiyon (%BW) (Nm)	116 (45/167)	173 (115/304)	0,00 1	0,62 2	89 (42/226)	179 (110/286)	0,00 1	0,62 2	0,30 1	0,58 8	0,01 1

Tablo 4.10. (Devam) Grup içi ve gruplar arası ağırlık aktarma kapasitesi, kavrama kuvveti, propriocepsiyon, pik tork, endurans ve reaksiyon zamanı değerlerinin karşılaştırılması.

	EG (n=15)				NMESG (n=15)				Quade's ANCOVA		
	T0	T8	p	ES	T0	T8	p	ES	F _{1,27}	p ^x	EB
BlazePod söndürülen led sayısı (n)	45,33 (33,67/ 53)	50,67 (41,33/ 57)	0,00 1	0,602	46,67 (40,33 /52,33)	50 (46,33/ 58,67)	0,001	0,602	0,18 8	0,668	0,00 7
BlazePod reaksiyon zamanı (ms)	504,33 (413,6 7/737,6 7)	454,33 (382,67 /556,33)	0,00 1	0,622	488,67 (421/5 91,33)	442,67 (388,67 /494)	0,001	0,622	0,78 8	0,382	0,02 7
BlazePod kaçırılan led sayısı (n)	0 (0/0)	0 (0/0)	NC	0,000	0 (0/0,6 7)	0 (0/0)	0,317	0,183	NC	NC	NC

Tüm değerler medyan (min/maks) değerler olarak verildi. a = Wilcoxon İşaretli Sıra Testi, grup içi değişimin önemini test etmek için kullanıldı. x = Quade'nin ANCOVA'sı, tedavilerin etkinliğini karşılaştırmak için kullanıldı. Tedavi sonrası değerler bağımlı değişkene, gruplama değişkeni bağımsız değişkene ve tedavi öncesi değerler kovaryansa atandı. NC= hesaplanamaz. EG= egzersiz grubu; NMESG= nöromusküler elektrik stimülasyonu grubu; T0: başlangıç değerlendirmesi; T8= tedavi sonrası değerlendirme (8 haftada); AAK= ağırlık aktarma kapasitesi; %BW= % vücut ağırlığı; PT= pik tork. TWD= yapılan toplam iş (endurans); kg= kilogram; kgf = kilogram-kuvvet; Nm= newton-metre; °= derece; EB= etki büyüklüğü, anlamlılık düzeyi p<0,05.

4.2.12. SF-12 Anketi Değerlerinin Karşılaştırılması

Olguların grup içi tedavi öncesi ve tedavi sonrası ve gruplar arası etkilenen taraf el bileği SF-12 PCS değişimlerinin karşılaştırılması Tablo 4.11'de gösterildi. Grup içi etkilenen taraf el bileği SF-12 PCS değerlerinde NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu (p=0,005), ancak EG'de istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamadı (p>0,05). Gruplar arası etkilenen taraf el bileği SF-12 PCS değerlerindeki değişimin NMESG'de daha fazla olduğu saptandı (p=0,002).

Olguların grup içi tedavi öncesi ve tedavi sonrası ve gruplar arası etkilenen taraf el bileği SF-12 MCS değişimlerinin karşılaştırılması Tablo 4.11'de gösterildi. Grup içi etkilenen taraf el bileği SF-12 MCS değerlerinde EG ve NMESG'de tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış bulundu (p=0,003). Gruplar arası etkilenen taraf el bileği SF-12 MCS değerlerindeki değişimin benzer olduğu görüldü (p>0,05).

Tablo 4.11. Grup içi ve gruplar arası SF 12 değerlerinin karşılaştırılması.

	EG (n=15)				NMESG (n=15)				Quade's ANCOVA		
	T0	T8	p	EB	T0	T8	p	EB	F _{1,27}	p	EB
SF-12 PCS	37,7 (25, 19/4 3,52)	40,16 (33,67/ 49,33)	0,061	0,342	34,98 (28,56 /55,95)	46,77 (36,16/ 56,58)	0,005	0,519	11,162	0,002	0,285
SF-12 MCS	38,2 1 (24, 75/6 5,87)	53,22 (37,11/ 66,68)	0,003	0,539	42,52 (25,54 /64,4)	55,87 (39,44/ 66,68)	0,003	0,550	0,229	0,636	0,008

Değerler medyan (min/maks) olarak verildi. p: Wilcoxon İşaretili Sıralar Testi, grup-içi değişimin anlamlılığını test etmek için kullanıldı. Quade's ANCOVA'ya ait p değeri, tedavilerin etkinliğini karşılaştırmak için kullanıldı. SF-12 PCS= yaşam kalitesi fiziksel bileşeni. SF-12 MCS= yaşam kalitesi zihinsel bileşeni EG= egzersiz grubu; NMESG= nöromusküler elektrik stimülasyonu grubu; T0: başlangıç değerlendirmesi; T8= tedavi sonrası değerlendirme (8 haftada); EB: Etki

5. TARTIŞMA

Bu çalışma, SLİL yaralanmasına bağlı olarak gelişen dinamik skafolunat instabilitesi bulunan bireylerde, nöromusküler elektrik stimülasyonu ile entegre edilmiş yapılandırılmış egzersiz programının; ağrı düzeyi, eklem hareket açıklığı, ağırlık aktarma kapasitesi, kavrama kuvveti, propioseptif algı, izokinetik pik tork, kas dayanıklılığı, reaksiyon süresi, üst ekstremitte fonksiyonel performansı ve sağlıklı ilişkili yaşam kalitesi üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmek amacıyla yürütüldü.

Randomize, kontrollü ve tek kör tasarıma sahip bu klinik araştırmada, katılımcılar NMESG ve EG olmak üzere iki kola ayrıldı. Sekiz haftalık tedavi sonucunda her iki grupta da grup içi değişim açısından klinik ve fonksiyonel düzeyde anlamlı iyileşmeler gözlemlendi. Bununla birlikte, istirahat, aktivite ve egzersiz sırasında ağrı şiddeti; ağırlık aktarma kapasitesi, fleksör kas endüransı; fonksiyonel durumla ilişkili QuickDASH ve PRWHE skorları ile yaşam kalitesinin fiziksel bileşenini yansıtan SF-12 PCS skorlarında NMESG’de istatistiksel olarak üstün sonuçlar elde edildi. Bu bulgular, NMES’in el bileği çevresindeki nöromusküler sistemin yeniden eğitimi ve sensörimotor entegrasyonun geliştirilmesinde etkili bir tamamlayıcı yöntem olabileceğini ortaya koymaktadır.

Çalışmamızda yaş, kilo, VKİ ve cinsiyet gibi demografik bilgiler incelendiğinde her iki grubun benzer özellikler gösterdiği ve grupların homojen dağıldığı görüldü. Ayrıca her iki gruptaki bireylerin, şikâyet başlangıç süreleri, günlük el kullanım süresi ile sigara kullanımı benzer özellik gösterdi. Çalışmaya dahil olan toplam 30 bireyin tamamı sağ el dominanttı ve sağ - sol etkilenen el dağılımı, meslek, travma öyküsü incelendiğinde grupların homojen dağıldığı görüldü. Çalışmamızda cinsiyet dağılımına bakıldığında %86,67’si kadın (26 kişi), %13,33’ü erkeklerden (4 kişi) oluşmaktaydı. Ancak literatürde yaralanmaların çoğu erkeklerde (%68) ortalama 39 yaşında, işte (%38) veya spor sırasında (%36) meydana geldiği bildirilmektedir (147). Literatürde, bu tür el-bilek patolojilerinin erkeklerde daha sık görüldüğü bildirilmişken, çalışmamızın örnekleminde kadın katılımcılar çoğunlukta idi. Bu farklılık, muhtemelen başvuru davranışı, sağlık hizmetlerine erişim, ağrıya duyarlılık ya da mesleki dağılımdan kaynaklanıyor olabilir. Kadın bireylerde genetik ve

hormonal farklılıklar, bağ doku yapısında artmış esneklik ve eklem hiper mobilitesi gibi özellikler, rehabilitasyon yanıtlarını farklılaştırabilir. Örneğin, kadınlarda bağ dokular daha elastik olabildiğinden, stabiliteyi sağlayan kas sistemine daha fazla yük düşebilir. Bu da NMES ve egzersize verilen yanıtın fonksiyonel çıktılar (ağrı, dayanıklılık, ağırlık aktarma) üzerinden daha fazla hissedilmesine neden olabilir. Buna karşın erkek bireylerde, daha yüksek kas kütlesi ve farklı kas lif kompozisyonu nedeniyle, kas gücü ve pik tork çıktılarında farklılıklar gözlenebilirdi. Bu bağlamda, örneklem yapısındaki cinsiyet dengesizliği bulguların tüm popülasyona genellenebilirliğini sınırlayan bir faktör olabilir. Yanı sıra çalışmamızda dinamik skafolunat instabilite tanılı bireyleri içermesi, cinsiyet dağılımındaki bu farklılığı açıklayan önemli bir faktör olabilir. Dinamik instabilite evresinde semptomların daha hafif ve görüntüleme bulgularının çoğunlukla yük altında ortaya çıkması, bu hastaların konservatif tedaviye daha sık yönlendirilmesine ve özellikle sağlık hizmetine başvuru davranışı daha yüksek olan kadınların örnekleme oransal olarak fazla temsil edilmesine yol açmış olabilir.

NMES, Tip II kas liflerini innerve eden motor ünitelerin istemli olarak aktivasyonunu artırarak kas kuvvetini artırmakta ve nöromusküler stimulasyon ile koordinasyonu iyileştirerek fonksiyonel iyileşmeyi desteklemektedir (143). Buna ek olarak NMES, yoğun afferent girdi ve presinaptik modülasyon yoluyla ağrı inhibisyonu sağlamaktadır (148). NMES'in ağrı, kas kuvveti ve fonksiyonellik üzerine etkisi incelendiğinde, literatürde bu uygulamanın genellikle nörolojik hastalıklar (örneğin inme, spinal kord yaralanmaları) üzerinde çalışıldığı; ortopedik alanda ise daha çok diz yaralanmalarında araştırıldığı görülmektedir. SL instabilite gibi el bileği patolojilerinde NMES'in etkinliğini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle araştırmamız, bu alandaki literatür boşluğunu doldurarak yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Hagert ve ark., el bileği ligamentlerinden gelen propriyoseptif girdinin, ön kol kas aktivasyonunu ve refleks ko-kontraksiyon paternlerini düzenlediğini göstermiş; bu durumun, disfonksiyonun temelinde kas kuvveti yetersizliğinden ziyade bozulmuş nöromusküler koordinasyonu düşündüğünü bildirmiştir (149). Benzer şekilde Eraktas ve ark., SL ligament yaralanması sonrasında ön kol kas aktivasyonunun değiştiğini ve el bileği fonksiyonunun korunmasında refleksif nöromusküler kontrolün önemli rol oynadığını vurgulamıştır (82). Bizim

çalışmamızda NMESG’de elde edilen üstün sonuçların; SL eklemi stabilize eden kasların (EKRB, EKRL, FKR, APL) daha etkin aktivasyonu sayesinde SL hizalanmasının korunması, aksiyel yüklenmenin iyileştirilmesi ve el bileği fonksiyonunun optimize edilmesi ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Bu bulgular, NMES temelli rehabilitasyon yaklaşımlarının, SL instabilitesi bulunan hastalarda yalnızca kas kuvvetini artırmakla kalmayıp, nöromüsküler koordinasyonu güçlendirdiğini ortaya koymaktadır. Böylelikle NMES’in fonksiyonel iyileşmenin desteklenmesine katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Bu çalışmada NMES protokolü dört farklı kas grubuna yönelik olarak toplam 60 dakika süreyle uygulanmıştır. Bu süre, araştırma koşullarında standardizasyon açısından uygun olmakla birlikte, klinik pratikte zaman açısından sınırlayıcı olabilir. Klinik uygulanabilirliği artırmak amacıyla, gelecekte yapılacak çalışmalarda el bileği stabilitesinde primer rol oynayan kas gruplarına, özellikle EKRB ve FKR gibi radial kolon stabilizatörlerine öncelik verilmesi uygun olabilir ve bu kaslara odaklanılarak, daha kısa ve hedefe yönelik NMES protokollerinin etkinliği araştırılabilir.

SL instabilitesinde el bileği stabilizasyonunu sağlayan kasların spesifik ve ilerleyici egzersizlerle güçlendirilmesi, kişiselleştirilmiş eğitim, propriyoseptif rehabilitasyon ve etkilenmemiş elin desteklenmesiyle birleştirildiğinde, karpal instabilitesi olan hastalarda cerrahi dışı tedavi yöntemi olarak geçerli bir alternatif oluşturabileceği bildirilmektedir. Bu yaklaşımların, fonksiyonel kapasiteyi artırdığı, ağrı şiddetini azalttığı ve bilek stabilitesini korumada etkili olduğu literatürde vurgulanmaktadır. Dolayısıyla bu bulgular, bilek instabilitesinde egzersiz temelli fizyoterapinin önemini açıkça ortaya koymaktadır. SL yaralanmalarının rehabilitasyonu, iyi bilek stabilitesinin yeniden kazandırılmasını ve SLAC bileğe doğru ilerlemenin önlenmesini sağlamalıdır (76). SL instabilitesinin fizyoterapi yönetiminde öncelikli olarak güçlendirilmesi gereken kas grupları arasında; kavrama sırasında aksiyel kısıtlama oluşturmadan kuvvet kazanmaya katkı sağlayan intrinsik kaslar, skafoidin fleksiyon ve pronasyonuna karşı koyarak SL aralığı stabilize eden FKR, SL eklem stabilitesine doğrudan katkı sağlayan FKU ve karpal supinator kaslar olan radyal ekstansörler olarak EKRL, EKRB bulunmaktadır (88, 89). Bu kasların dışında, EKV kasına yönelik analitik egzersizlerin SL yaralanmalar için zararlı olabileceği bildirilmektedir; çünkü EKV’nun karpal pronatör etkisi SL aralığında

destabilizasyona neden olabilir (89, 90). Buna karşılık, el bileği supinatör kaslar olan APL, EKRL ve FKU özellikle SL ligament disfonksiyonlarında koruyucu bir rol üstlendiği belirtilmektedir. FKR kası, distal karpal sıranın pronatörü olmasına rağmen skafoidin supinasyonunu tetikleyerek SL aralığının daralmasına yardımcı olur ve bu yönüyle faydalı etkiye sahiptir (39). Garcia-Ellias ve ark. (150), bu kasların karpal kemikler arasındaki mesafeyi değiştirerek dinamik stabilite sağladığını ortaya koymuştur. Salva-Coll ve ark. (151), kadavralar üzerinde yaptıkları çalışmalarında EKRL, FKR, FKU, APL ve ECU kaslarının karpal kemikler üzerindeki hareket paternlerini incelemiş; FKR'nin skafoide supinasyon, ECU'nun ise karpal sıraya pronasyon yaptığını göstermiştir. Bulgular, karpal supinasyonun SL aralığını daraltırken, karpal pronasyonun SL aralığı genişlettiğini ortaya koymaktadır (151). Bazı çalışmalar, SL instabilitesinin kas dengesizliklerinden kaynaklanabileceğini ve bu dengesizliklerin eklem stabilitesini bozarak instabiliteye zemin hazırladığını bildirmektedir. Ancak, bu kasların kuvvetini izole biçimde inceleyen ve doğrudan instabilite ile ilişkilendiren randomize klinik çalışmalara rastlanmamıştır. Literatürde, kas dengesizliği ve motor kontrolün SL instabilitesine etkileri tartışılmakta olup, instabilitenin aşırı pasif hareketlilik (kinematik instabilite) veya fizyolojik yüklerin sürdürülememesi (kinetik instabilite) ile karakterize olduğu belirtilmektedir (152). Sonuç olarak, EKRL, EKRB, APL, FKU ve FKR kasları “SL eklem dostu kaslar” olarak kabul edilmekte, buna karşın ECU kasına yönelik egzersizlerden kaçınılması önerilmektedir. Her ne kadar bu kas gruplarının nöromüsküler rehabilitasyondaki rolünü destekleyen biyomekanik veriler bulunsa da bu yaklaşımı objektif olarak doğrulayan randomize kontrollü klinik çalışmalar halen sınırlıdır (12, 52, 83). Bu nedenle, SL instabilitesinde hangi egzersizlerin hangi yoğunlukta ve ne kadar süreyle uygulanması gerektiği konusunda klinisyenlere yol gösterecek standart bir protokol henüz oluşturulamamıştır (8).

SLİL biyomekanik rolü ve proprioseptif katkısı, el bileği stabilitesinin korunmasında kritik öneme sahiptir (40, 153). Literatürde DAH'nin, el bileğinin radyal ekstansiyondan ulnar fleksiyona doğru çapraz düzlemde gerçekleşen fizyolojik ve fonksiyonel bir hareket yolu olduğu bildirilmektedir. Bu hareket paterni, skafoid ve lunat üzerindeki bağ yapısına minimum stres uygulamakta ve günlük yaşam aktivitelerinde (örneğin çekiçleme, kavrama, dart atma) kullanılan doğal bir hareket

yönünü temsil etmektedir. Bu özellikleri nedeniyle DAH, özellikle erken dönemde güvenli mobilizasyonu destekleyen, rehabilitasyon programlarında tercih edilebilecek kontrollü ve fizyolojik bir egzersiz düzlemi olarak tanımlanmaktadır. Çeşitli klinik ve biyomekanik çalışmalar, DAH'nin özellikle erken dönemde skafoid ve lunat üzerindeki yüklenmeyi minimal düzeyde tuttuğunu ve bu sayede iyileşmekte olan karpal yapılarda güvenli mobilizasyon sağladığını göstermektedir. Nitekim, propriyoseptif eğitimle birlikte kontrollü DAH uygulamasının anlamlı fonksiyonel kazanımlar sağladığı vaka çalışmaları literatürde bildirilmektedir (144). Bununla birlikte, bireyler arasında kinematik farklılıkların bulunması nedeniyle DAH egzersizlerinin uygulama açılarının kişiye özel olarak belirlenmesi önerilmektedir. Ayrıca, DAH'nin uzun dönem etkinliğinin değerlendirilmesi için ileri düzey prospektif çalışmalara ihtiyaç duyulduğu vurgulanmaktadır. Garcia-Elias ve arkadaşları, SL instabilitesinde DAH hareketlerinin geniş açılarda değil, kontrollü ve sınırlı hareket düzlemlerinde uygulanması gerektiğini belirtmektedir. Geniş açıdan ve kontrolsüz şekilde yapılan DAH uygulamalarının, iyileşme sürecindeki ligamentöz yapılara aşırı stres bindirerek skafolunat bölgesinde yeniden instabiliteye yol açabileceği bildirilmektedir. Bu nedenle, hareketin fizyolojik sınırlar içinde, kas kontrolüyle desteklenerek uygulanması önerilmektedir (91, 154). Bizim çalışmamızda da DAH düzleminde uygulanan egzersizler, hasta bazlı olarak sınırlı aralıkta, kontrollü ve seçici kas aktivasyonu odaklı olarak uygulandı. Egzersizler, özellikle EKRL, EKRB ve FKR gibi karpal stabilizatör kasları hedef alacak şekilde radyal ekstansiyondan ulnar fleksiyon yönünde gerçekleştirildi; EKV kası üzerine aşırı yük bindirilmemesine dikkat edildi. Böylece hem kuvvetlendirme hem propriyoseptif kontrol hem de dinamik stabilitenin desteklenmesi amaçlandı. Bunlara ek olarak, APL ve intrinsik kas gruplarını içeren kas kuvvetlendirme egzersizleri ile propriyoseptif ve nöromüsküler kontrolü geliştiren uygulamalar da tedavi protokolüne dâhil edildi. Tedavi ilerledikçe reaktif kas kontrolünü hedefleyen egzersizlerin eklenmesi ile bilek çevresi kaslarının koordinasyonu güçlendirildi. Bu yaklaşım sonucunda kontrol grubundaki hastalarda SL eklem üzerindeki yük azalırken, buna paralel olarak ağrı skorlarında azalma, kavrama gücünde artış ve ön kol fleksör-ekstansör kaslarında kuvvet kazanımı sağlandı. Ayrıca propriyosepsiyon ve fonksiyonel parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler elde edildi. Elde edilen bulgular, DAH'nin yalnızca bir hareket

yönü olarak değil, uygulama biçimi ve kas kontrolüyle entegrasyonu açısından da dikkatle ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bu yönüyle çalışmamız, Garcia-Elias ve arkadaşlarının önerilerini destekler nitelikte olup, SL instabilitesinde güvenli mobilizasyonu esas alan ve nöromüsküler dengeyi koruyan biyomekanik temelli bir rehabilitasyon yaklaşımı sunmaktadır.

5.1. Üst Ekstremitte Fonksiyonelliği

5.1.1. QuickDASH

Bu çalışmada, tedavi öncesi QuickDASH skorlarının yüksek olması, el bileği fonksiyonunun belirgin şekilde etkilendiğini göstermektedir. Tedavi sonrası her iki grupta da QuickDASH skorlarında gözlenen anlamlı azalma, her iki gruba da uygulanan rehabilitasyon yaklaşımlarının fonksiyonel iyileşmeye katkı sağladığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte NMES grubunda kontrol grubuna kıyasla daha fazla azalma elde edildi. QuickDASH puanlarında bu önemli farklılıkların olması, günlük yaşamda el bileği fonksiyonelliğine dair öznel iyileşmenin, özellikle NMES ile kombine egzersiz eğitiminde daha belirgin olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, NMES'in sadece kas kuvvetini artırmakla kalmayıp, fonksiyonel performans ve yaşam kalitesi üzerinde de olumlu etkilere sahip olabileceğini göstermektedir. Ancak bu alandaki çalışmaların sınırlı olması nedeniyle sonuçların doğrudan karşılaştırılması güçtür. Bununla birlikte Anderson ve Hoy, DAH ortezleri ve propriyoseptif egzersizlerin kullanımının semptomları azalttığını ve Kol, Omuz ve El Sorunları Anketi (DASH) skorlarında benzer iyileşmeler sağladığını bildirmişlerdir. Kısa ve orta vadede konservatif rehabilitasyonun DASH skorlarını genel olarak iyileştirdiği görülmektedir. Ayrıca egzersiz temelli yaklaşımların daha maliyet-etkin ve sürdürülebilir olduğu, DAH ortezinin kalıcı bir üstünlük sağlamadığı ve iyileşmenin büyük ölçüde egzersizlere atfedilebileceği vurgulanmaktadır (93). QuickDASH skorunda 15 puanlık bir azalmanın, fizyoterapi temelli çok bileşenli bir yaklaşımla karpal tünel sendromunda fonksiyonel iyileşmeyi temsil ettiği bildirilmektedir (155). Çalışmada NMES grubunda QuickDASH skorlarında 27 puan, egzersiz grubunda ise 25 puanlık bir azalma saptandı. Bu bulgular, her iki grupta da tedavi sonrasında üst ekstremitte fonksiyonelliğindeki gelişimi göstermektedir. Bununla birlikte NMES grubunda egzersiz grubuna kıyasla daha fazla iyileşme gözlemlendi. Bu farkın, NMES'in

sağladığı propriyoseptif uyarım ve motor ünite aktivasyonunu hedefleyen nörofizyolojik etkilere bağlı fonksiyonel kazanımlardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir (156).

5.1.2 Hasta Bazlı El- El Bileği Değerlendirme Anketi (PRWHE)

Çalışmamızda, el bileği ağrısı ve fonksiyonelliği PRWHE ölçeği ile değerlendirildi. Olguların etkilenen taraf el bileği PRWHE-Ağrı, PRWHE-Fonksiyon ve PRWHE-Toplam skorlarında hem EG hem de NMESG’de tedavi sonrasında tedavi öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde iyileşme saptandı. Gruplar arası karşılaştırmada ise PRWHE-Ağrı, PRWHE-Fonksiyon ve PRWHE-Toplam skorlarındaki değişimin NMESG’de EG’ye kıyasla istatistiksel olarak anlamlı biçimde daha fazla olduğu belirlendi. Bu bulgular, NMES ile kombine uygulanan egzersiz programının, yalnızca egzersiz uygulanan protokole göre el bileği ağrısını azaltmada ve fonksiyonelliği artırmada daha üstün sonuçlar sağlayabileceğini düşündürmektedir. PRWHE’nin ağrı ve fonksiyondaki değişime duyarlı, güvenilir ve geçerli bir ölçme aracı olması, elde edilen bu klinik iyileşmenin hasta-bazlı, anlamlı bir değişimi yansıttığını düşündürmektedir. Sistematik derlemeler ve metodolojik çalışmalar, PRWE/PRWHE’nin yüksek iç tutarlılık, test–tekrar test güvenilirliği ve güçlü yapısal geçerlilik gösterdiğini, ağrı ve fonksiyon değişikliklerine karşı yüksek yanıt verebilirlik sergilediğini bildirmektedir (157, 158). Farklı dil ve kültürlerde yapılan uyarılma çalışmalarında da PRWHE’nin el bileği/el yaralanmalarında güvenilir, geçerli ve tedaviye yanıtı iyi yansıtan bir ölçek olduğu gösterilmiştir (159, 160). El ve el bileği patolojilerinde egzersiz temelli rehabilitasyon programlarının PRWHE skorlarında anlamlı iyileşmeler sağladığı, orta-büyük etki büyüklükleri ile rapor edilmiştir (161, 162). Bu bağlamda, bizim çalışmamızda hem EG hem de NMESG’de gözlenen PRWHE skorlarındaki anlamlı azalma, literatürde PRWHE kullanılarak bildirilen el-bilek rehabilitasyonu sonuçlarıyla uyumludur (162). Ayrıca, el-bilek patolojilerinde hasta tarafından doldurulan sonuç ölçütleri arasında PRWHE’nin hem yanıt verebilirlik hem de hasta tercihleri açısından öne çıktığı, DASH ve diğer ölçeklere kıyasla en yüksek duyarlılığa ve hastalar tarafından en çok tercih edilen forma sahip olduğu bildirildi (158). Bizim çalışmamızda primer sonuç ölçütü olarak QuickDASH kullanılmıştır. QuickDASH, üst ekstremité genel işlevini kısa sürede

değerlendirmeye olanak tanıyan, güvenilir ve geçerli bir ölçektir. Bununla birlikte, literatürde PRWHE'nin el ve el bileğine özgü yapısı nedeniyle özellikle bu bölgeye yönelik klinik değişimleri izleme açısından daha yüksek yanıt verebilirlik sunduğu belirtilmektedir (163). Çalışmalarda QuickDASH'in iç tutarlılığı, test-tekrar test güvenilirliği ve duyarlılığı PRWHE'ye göre biraz daha avantajlı görünmektedir. Ayrıca, QuickDASH daha az maddeden oluşur ve üst ekstremitenin herhangi bir yerinde sorun yaşayan daha geniş bir popülasyonda kullanılabilirken, PRWHE bilek ve el sorunlarına odaklanmaktadır (164). Bu nedenle, QuickDASH'in PRWHE'ye göre tercih edilebileceğini düşünüyoruz. QuickDASH'in genel kapsamı, bu çalışmada daha fonksiyonel bir bakış sunarken, PRWHE ile birlikte kullanılması durumunda daha özgül bilgiler sağlanabileceği düşünülmektedir. Çalışmamızda NMES ile kombine egzersiz grubunda PRWHE değişiminin daha fazla olması, NMES'in kas fonksiyonu ve ağrı üzerine bilinen olumlu etkilerinin, el bileği/el fonksiyonuna hasta-bazlı ölçekte de yansıdığını göstermekte ve PRWHE temelli literatür bulgularını destekler niteliktedir.

5.1.3. Modifiye MAYO Anketi

Bu çalışmada, MMAYO skoru ile değerlendirilen el bileği fonksiyonunda hem NMESG hem de EG'de tedavi sonrası anlamlı iyileşme saptanmıştır. Bu durum, her iki yaklaşımın da el bileği fonksiyonunu artırmada etkili olduğunu göstermektedir. Ancak gruplar arası karşılaştırmada MMAYO skorlarındaki değişimin benzer bulunması, NMES eklenmesinin bu ölçüt özelinde egzersize belirgin bir üstünlük sağlamadığını düşündürmektedir. Bununla birlikte MMAYO'nun yapısal özellikleri de bu sonuçta etkili olabilir. Ölçeğin yalnızca dört sorudan oluşması ve el bileği fonksiyonlarını spesifik olarak sorgulayan detaylı maddeler içermemesi, duyarlılığını sınırlamaktadır. MMAYO skoru, ağrı, fonksiyon, eklem hareket açıklığı ve kavrama gücünü birlikte değerlendiren, klinik pratikte yaygın kullanılan bir bileşik skorlama sistemidir. Hem hasta bildirimli hem de klinisyen bildirimli bir ölçek olması, klinik ve fonksiyonel durumu yansıtan bir değerlendirme imkan sağladığı için çalışmada tercih edildi. Ağrı, kavrama gücü, hareket açıklığı ve fonksiyonu birlikte değerlendiren bileşik bir ölçüm olması nedeniyle NMES'in yaratabileceği küçük farkların "seyrelmesine" ve istatistiksel olarak anlamlı hale gelmemesine yol açmış olabilir.

Bunun yanında örneklem büyüklüğünün sınırlı olması da küçük etkilerin tespit edilmesini güçleştirdi. Literatürle uyumlu olarak da NMES'in el bileği rehabilitasyonunda yararlı ancak her zaman ek fonksiyonel kazanç garantisi sunmayan, seçilmiş endikasyonlarda tamamlayıcı bir yöntem olabileceği düşünülmektedir (165, 166). Sonuç olarak, çalışmamız MMAYO skoruna göre her iki tedavi programının da el bileği fonksiyonunu anlamlı düzeyde geliştirdiğini; ancak NMES eklenmesinin bu ölçek özelinde ek bir üstünlük oluşturmadığını göstermektedir. MMAYO'nun sınırlı madde yapısı ve duyarlılığının düşük olması göz önüne alındığında, araştırmalarda fonksiyonel değişimleri daha hassas ölçebilen ölçeklerin (örneğin PRWHE veya QuickDASH) kullanılması NMES'in potansiyel etkilerinin daha net ortaya konmasına katkı sağlayacaktır.

5.1.4. El20 Anketi

Bu çalışmada El20 Anketi ile hem NMESG hem de EG tedavi sonrasında anlamlı skor artışı gösterdi. Bu bulgu, üst ekstremiteye yönelik egzersiz ve elektrik stimülasyon temelli yaklaşımların hasta-bildirimli fonksiyonel sonuçlarda iyileşme sağladığını bildiren literatürle uyumludur. Üst ekstremitte rehabilitasyonunda kullanılan QuickDASH, PRWE ve MHQ (Michigan Hand Outcomes Questionnaire) gibi ölçeklerin tedavi sonrası fonksiyon ve semptom değişimlerine duyarlı olduğu, El20'nin de benzer biçimde el-bilek fonksiyonundaki iyileşmeyi yansıttığı bildirilmektedir (167, 168). Gruplar arasında El20 skor değişiminin benzer olması, NMES'in egzersize göre ek bir üstünlük sağlamadığını göstermektedir. Literatürde NMES'in klinik skalalar ve fonksiyonel testlerde fayda sağlayabildiği, ancak tüm hasta-bildirimli ölçeklerde benzer düzeyde üstünlük göstermediği belirtilmektedir (166, 169). Bazı randomize çalışmalarda her iki grupta da anlamlı iyileşme görülürken gruplar arası farkın sınırlı veya anlamsız olduğu rapor edilmektedir (166). El20'nin global fonksiyonel durumu değerlendiren, ancak kas kuvveti veya eklem hareket açıklığı gibi spesifik parametrelere odaklanmayan yapısı (170), NMES'in kas düzeyindeki kazanımlarının anket skorlarına tam yansımamasındaki neden olabilir (169, 171). Bunun yanı sıra çalışmada kuvvetlendirme egzersiz ve kas aktivasyonu NMES yoluyla hedeflenmiş olsa da klinik açıdan asıl önemli olan bu kazanımların fonksiyonel el kullanımını üzerindeki etkisidir. El20, doğrudan kas kuvvetini

ölçmemekle birlikte, kuvvet, koordinasyon ve nöromusküler kontrol gibi bileşenlerin birleşik sonucunu günlük aktiviteler üzerinden yansıttığı için çalışmaya dahil edildi. Sonuç olarak, El20 sonuçları her iki tedavi yaklaşımının da el bileği fonksiyonunu geliştirdiğini, ancak NMES'in egzersize göre ek bir üstünlük sağlamadığını göstermektedir. NMES'in el bileği rehabilitasyonunda yararlı bir tamamlayıcı modalite olabileceği, ancak değerlendirmede kullanılan ölçek ve ölçüm parametrelerinin bu etkiyi belirlemede önemli olduğu düşünülmektedir.

5.2. Ağrı

El bileği ağrısı, SLİL yaralanması sonrasında en sık görülen semptomlardan biridir. Literatürde, SL instabilitesinde ağrı genellikle SL aralıkta hissedilmekle birlikte, kronik dönemde ön kol kaslarına da yayılabilmektedir (172). Bu durum, ligamentlerin yalnızca mekanik değil, aynı zamanda nörolojik özellikler taşıyan yapılar olmasından kaynaklanmaktadır. Ligamentler, mekanik ve nörolojik özellikleri nedeniyle kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarında kritik bir rol oynar. Bağ yaralanmasından sonra eklem çevresindeki kaslarda gözlenen artmış kas tonusu ve spazm kas-iskelet sistemi ağrısına neden olabilir (173). Hagert, ligament yaralanmasından sonra bağ-kas refleks mekanizmasının bozulmasının ağrı algısında artışa neden olabileceğini öne sürmüştür (174). NMES'in, kas-iskelet sistemi hastalıklarında kas kuvveti ve biyomekanik parametrelerin iyileştirilmesine bağlı olarak ağrıyı azaltabileceği, çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir. Çok sayıda çalışma, NMES'in biyomekanik parametreleri iyileştirdiğini, kas kuvvetini artırdığını ve duyu lifleri uyararak ağrıyı azalttığını göstermektedir (115). NMES'in, instabiliteye bağlı ağrı ve fonksiyon kaybı yaşayan bireylerde umut verici sonuçlar sağladığı; özellikle omuz, diz, ayak bileği ve bel gibi farklı bölgelerde kas kuvvetini artırdığı, fonksiyonel iyileşmeyi desteklediği ve ağrıyı azalttığı bildirilmektedir (175). Bununla birlikte, NMES'in yalnızca motor lifleri değil, aynı zamanda duyu liflerini de uyararak analjezik etki sağladığı ve böylece ilgili bölgedeki ağrıyı azaltabileceği ifade edilmektedir (115). NMES sonrasında rehabilitasyon programına nöromusküler temelli egzersizlerin eklenmesinin, ağrının azaltılmasına ek katkı sağlayabileceği de vurgulanmaktadır (176). Çalışmamızda, her iki grupta da tedavi öncesi dönemde istirahat, aktivite ve egzersiz sırasında hissedilen ağrı düzeyi yüksekti. Sekiz haftalık

tedavi sonrası hem NMESG hem de EG'de ağrı şiddetinde azalma gözlenmiş; ancak NMES uygulanan grupta istirahat, aktivite ve egzersiz sırasındaki ağrı düzeylerindeki azalma, diğer gruba kıyasla istatistiksel olarak daha anlamlı bulundu. Bu sonuç, NMES'in motor ve duyu liflerini eşzamanlı uyararak analjezik etki oluşturabileceği, ayrıca kas kuvveti ve biyomekanik özellikleri geliştirerek ağrıyı azaltabileceği görüşleriyle uyumludur (115). NMES uygulamasının ağrı üzerine olan olumlu etkileri, yalnızca kas aktivasyonu artışıyla değil, aynı zamanda nörofizyolojik mekanizmalarla açıklanabilir. NMES sırasında büyük çaplı duysal sinir liflerinin uyarılması, spinal düzeyde kapı kontrol mekanizmasını aktive ederek ağrı sinyallerinin iletimini baskılayabilir. Ayrıca, tekrarlayan uyarılar yoluyla endojen opioidlerin (endorfin, enkefalin) salınımı tetiklenerek, ağrı eşiğinin yükselmesine katkı sağlamış olabilir. Bu etkiler özellikle 4. haftadan sonra daha belirgin hale gelmiştir. NMES'in sağladığı bu analjezik etkiler, rehabilitasyon sürecinde NMES'in kişinin egzersize katılımını artırarak fonksiyonel kazanımları destekleyen önemli bir faktör olarak ele alınabileceğini düşündürmektedir.

5.3. Eklem hareket açıklığı

Literatürde SL instabilite rehabilitasyonun EHA üzerine etkinliğini araştıran sınırlı çalışma olduğu görülmektedir. Parks ve ark. (2022), yapmış oldukları vaka serisi çalışmalarında SLİL yaralanmasına sahip sporcularda EHA'da belirgin kısıtlılıkların olduğunu gözlemlemişlerdir (177). 18 yaşında erkek bir jimnastikçinin SLİL yaralanmasından sonra aktif bilek EHA'nda tüm yönlerde ciddi şekilde kısıtlılıklar tespit etmişlerdir. Fleksiyonda 25°, ekstansiyonda 25° (normalde sırasıyla 75° ve 70°(178)), ulnar deviasyon 0° ve radyal deviasyon 15° (normalde sırasıyla 30° ve 20°(178)) EHA bildirmişlerdir. 23 yaşında olan başka bir kadın olguda da fleksiyonda 50°, ekstansiyonda 50°radyal deviasyonda 10° EHA saptamışlardır. Parks ve ark. (2022) tarafından sunulan olgular, SL instabilitesinin bilek eklem hareket açıklığını hem akut hem de kronik fazda belirgin şekilde sınırlayabileceğini göstermektedir. Fleksiyon, ekstansiyon ve ulnar-radyal deviasyon düzlemlerinde ölçülen düşük EHA değerleri, ligamentöz instabilitenin karpal kinematik üzerine olan etkisini desteklemektedir (177). Benzer şekilde bizim çalışmamızda da hastaların tedavi öncesi her iki grupta el bileği fleksiyon-ekstansiyon ve ulnar-radyal deviasyon düzlemlerinde

ölçülen EHA değerleri düşüktü. Tedavi sonrası her iki grupta da EHA değerlerinde önemli derecede artış olup normal değerlere yaklaşmıştır. Bu sonuçlar, her iki grupta uygulanan rehabilitasyon yaklaşımlarının, SL instabilitesine bağlı EHA kısıtlılığını azaltmada etkili olduğunu göstermektedir. EHA kazanımı açısından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamasına karşın NMES uygulamasının klinik olarak erken dönemde hareket açıklığı kazanımı ve fonksiyonel iyileşmeyi destekleyici bir eğilim gösterdiği gözlemlendi. Bu bulgu, SL instabilitesine yönelik rehabilitasyon protokollerinde DAH düzleminde proprioseptif ve nöromüsküler egzersizlerin temel alınması gerektiğini; NMES uygulamasının ise bu süreçte destekleyici bir tamamlayıcı yöntem olarak değerlendirilebileceğini düşündürmektedir.

5.4. Ağırlık aktarma kapasitesi

El bileğinde ağırlık aktarma kapasitesi hem açık hem de kapalı kinetik zincir içeren günlük aktiviteler ve egzersizler için gerekli olup, özellikle radyal tarafta hissedilen ağrı nedeniyle olumsuz etkilenebilmektedir. Ağrılı el bileği, el bileği yüklenme kabiliyetini olumsuz etkileyebilir (132). AAK, el bileği yüklenmesini değerlendirmek amacıyla kullanılan bir ölçüm yöntemi olmakla birlikte, SL instabiliteye özgü kullanımı önceki çalışmalarda yeterince araştırılmamıştır. Ayhan ve ark., TFCC yaralanması olan hastalarda yapmış oldukları çalışmada ağırlık aktarma testinin rehabilitasyon dönemi boyunca atel protokolü ve egzersiz programlarının ilerlemesini ön görmede yardımcı olabileceğini belirtmişlerdir (132). Çalışmamızda her iki grupta da tedavi sonrasında ağırlık aktarma kapasitesinde artış gözlemlendi, ancak NMES grubunda elde edilen kazanımların anlamlı şekilde daha fazla olduğu saptandı. Bu bulgular, NMES'in periferik afferent uyarımı artırarak nöromüsküler yanıt organizasyonunu ve dinamik stabilite mekanizmalarını destekleyebileceğini düşündürmektedir. Propriosepsiyon ölçümlerinde gruplar arasında anlamlı farklılık saptanmamış olmakla birlikte, ağırlık aktarma kapasitesindeki artışın refleks stabilizasyon ve kas aktivasyon koordinasyonundaki gelişimle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. NMES grubunda gözlenen yük transferindeki belirgin artış hem santral hem de periferik düzeyde daha iyi bir motor kontrol adaptasyonu işaret etmektedir. Motor sinirlerin ve duyu liflerinin eşzamanlı uyarılması, spinal ve supraspinal düzeyde nöral uyarılabilirliği artırarak sensorimotor entegrasyonu

güçlendirmektedir. Kuvvet artışı, postüral stabilite kazanımı ve propriyoseptif girdideki iyileşmenin birlikte etkisi, ağırlık aktarma kapasitesindeki artıştan sorumlu olabilir (179). Bu sonuçlar, NMES'in nörofizyolojik mekanizmalar aracılığıyla fonksiyonel iyileşmeyi desteklediğini ve el bileği stabilitesini artırdığını göstermektedir. NMES uygulamasının temel etkisinin, kas kuvvetinde doğrudan bir artıştan ziyade, ilgili kasların aktivitesini düzenleyerek nöromusküler refleksleri ve ko-kontraksiyon paternlerinin uyumunu geliştirmek olduğu; bu durumun daha önce elektromiyografi ile değerlendirilen çalışmalar tarafından da desteklendiği bildirilmektedir (82). Bu bulgular, düşük düzey SL instabilitesinin konservatif yöntemlerle yönetilebileceğini ve ağırlık aktarma artışı kazanımında cerrahiye alternatif bir yol olabileceğini desteklemektedir.

5.5. Proprioepsiyon

Proprioepsiyon ve nöromusküler kontrolün karpal instabilitede önemli olduğu bilinmesine rağmen (180), bu becerilerin standart terapötik tedavilere entegrasyonu sınırlı düzeydedir (12). Esplugas ve ark. (2024), SLİL yetersizliğinde proprioepsiyonun önemini vurgulayarak, ön kol rotasyonunun hem dinamik kasları hem de statik ligamentleri etkilediğini belirtmektedir (52). SL ligamentin yoğun propriyoseptif innervasyonu hem pasif hem de aktif stabiliteye katkı sağlamaktadır. Salva-Coll ve ark.'nın çalışmalarına göre, dorsal segmentte bulunan Ruffini uçları, eklem pozisyonunu ve gerilimi algılayarak EKRL ve APL gibi stabilizatör kasların refleks aktivasyonunu tetiklemekte; buna karşılık EKV gibi destabilizatör kasların aktivasyonunu inhibe etmektedir (40). Literatürde yayımlanan klinik çalışmalarda, SL instabilitesinde propriyoseptif fonksiyonun sistematik olarak değerlendirildiği bir araştırmaya rastlanmamıştır. Mevcut rehabilitasyon yaklaşımlarının çoğu, refleks motor kontrolün yeniden eğitilmesini ihmal ederek mekanik stabiliteye odaklanmaktadır (52). Bununla birlikte propriyoseptif egzersizlerin, klinik sonuçları iyileştirdiği ve bilateral kas aktivasyonu yoluyla nörolojik çapraz-öğrenme etkisi sağladığı gösterilmektedir (181). Bizim çalışmamızda her iki gruba da propriyoseptif ve nöromusküler temelli egzersiz uygulanması, her iki grupta da proprioepsiyon gelişiminde benzer kazanımlar sağlamış olabilir. NMES uygulamasının kas aktivasyonu ve motor ünite aktivasyonu üzerindeki etkisi, özellikle fonksiyonel çıktı

olan ağırlık aktarma kapasitesinde daha belirgin şekilde gözlenmiştir. Ancak propriosepsiyon, daha çok duyuşsal geri bildirim ve merkezi sinir sistemi entegrasyonuna bağlı olduğu için, NMES'in bu alandaki katkısı sınırlı kalmış olabilir (40, 52).

5.6. Kavrama kuvveti

Literatürde, SL instabilitesi nedeniyle uygulanan cerrahi girişimler sonrasında kavrama kuvvetinde belirgin artışlar bildirilmektedir (182). Ancak mevcut çalışmaların büyük bir bölümü postoperatif döneme odaklanmakta olup, gözlenen iyileşmeler cerrahi ile sağlanan mekanik stabiliteye bağlanmaktadır. Buna karşın, SL instabilitesinde konservatif tedavi yaklaşımlarına ilişkin veriler sınırlıdır. Bununla birlikte bazı olgu sunumları, dart atma düzlemi temelli rehabilitasyon ve yapılandırılmış egzersiz programlarının, cerrahiye gerek kalmaksızın kavrama kuvvetini ve fonksiyonu artırabildiğini göstermektedir (12, 93). Çalışmamızda her iki grupta da kavrama kuvvetinde artış saptandı; ancak gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi. Bu bulgu hem NMES hem de egzersiz temelli yaklaşımların kısa vadede etkili ve uygulanabilir seçenekler olduğunu göstermektedir. Kavrama kuvvetinde her iki grupta da benzer düzeyde artış gözlenmesi, muhtemelen uygulama süresinin kısa olması ve kavrama kuvvetinin çok sayıda kas grubunun ortak katkısını yansıtan bir ölçüm olması olabilir. NMES'in lokal etkisi, bu tür genel ölçümlerde maskelenebilirken; egzersiz temelli nöromüsküler adaptasyonlar da erken dönemde benzer kazanımlar sağlayabilmektedir (183). Bu durum, her iki yaklaşımın da kısa vadede etkili olduğunu, ancak grup farklılıklarının daha uzun süreli veya daha spesifik ölçümlerle belirginleşebileceğini göstermektedir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, her iki grupta yapılandırılmış konservatif tedavinin, SL instabilitesi olan bireylerde cerrahiye güvenli ve geçerli bir alternatif olabileceği düşünülmektedir.

5.7. İzokinetik pik tork ve endurans

Kümülatif el bileği travmasının, fleksör-ekstansör kaslar arasında dengesizliğe, kas kısılmasına ve zayıflığa yol açtığı; bu tür dengesizliklerin ise proprioseptif kontrolü ve karpal sertliği olumsuz etkileyebileceği bildirilmektedir (40). SLİL yaralanmasında, pasif stabilitenin kaybı; kuvvet, dayanıklılık ve SL eklemi için

“dost” kasların (EKRL, EKRB, FKR, APL) kompensatuvar aktivasyonunu daha da azaltabilmektedir (52). El el bileği hastalıklarında izokinetik testler yeterince yaygın kullanılmamasına rağmen, hız kontrollü dinamometri, pik tork ve dayanıklılığın objektif olarak nicelendirilmesine ve agonist–antagonist dengesinin değerlendirilmesine olanak tanır; bu özellikler, SL instabilitesinde dengesizliklerin saptanması ve risk azaltmaya yönelik yaklaşımların planlanması açısından kritik öneme sahiptir. Bu doğrultuda, bu çalışmamızda SL bölgesini destekleyen kasların değerlendirilmesi amacıyla izokinetik testler kullanıldı (184). Başlangıç değerlendirmesinde saptanan düşük pik tork değerleri ve bilateral el bilekleri arasındaki farklılıklar, ligament yetersizliği ile birlikte zayıf veya dengesiz periferik kas aktivasyonu işaret etmektedir (40). Rehabilitasyon sonrasında ise her iki grupta da el bileği fleksör ve ekstansör kaslarına ait pik tork ve dayanıklılıkta grup içi iyileşmeler gözlemlendi; ancak gruplar arası el bileği fleksör ve ekstansör kaslarına ait pik tork değerlerinde ve ekstansör dayanıklılık değerlerinde anlamlı fark bulunmadı. Bununla birlikte fleksör kas dayanıklılığındaki artışın NMES grubunda daha belirgin olduğu saptandı. El bileği fleksör kaslarının dayanıklılığındaki artışın NMES grubunda daha belirgin olması, bu kasların yüzeysel yerleşimli olmaları ve motor uyarılabilirliklerinin yüksek olmasıyla ilişkili olabilir. Çalışmalar NMES'in fleksör kaslara uygulandığında daha belirgin aktivasyon ve dayanıklılık kazanımı sağladığını bildirmiştir (185). Benzer şekilde, başka çalışmalar da fleksör kaslara uygulanan NMES'in, ekstansörlere kıyasla daha güçlü etkiler yarattığını vurgulamıştır (186). Bu bulgular, NMES'in etkilerinin kas grubu özelliklerine göre değişkenlik gösterebileceğini ve tedavi hedeflerinin buna göre planlanması gerektiğini göstermektedir.

Bu çalışma, SL instabilitede el bileği fleksör–ekstansör performansını izokinetik sistemlerle değerlendiren ilk çalışmalardan biridir ve elde edilen veriler bireyselleştirilmiş rehabilitasyon programlarının planlanmasına katkı sağlayabilir. Çalışmaya dâhil edilen tüm olgularda, akut travmadan ziyade kümülatif/aşırı kullanım mekanizması söz konusudur. Bu nedenle bu çalışma, dinamik stabilizatörlerin güçlendirilmesini, propriyoseptif eğitimin entegrasyonunu ve yüksek talep gerektiren aktivitelerin (tekrarlayıcı ekstansiyon–radyal deviasyon, aksiyel yüklenme, kuvvetli kavrama) kademeli olarak modifiye edilmesini içeren bireyselleştirilmiş programlar üzerine odaklanmaktadır.

5.8. Reaksiyon zamanı

Reaksiyon zamanı, üst ekstremitenin sensörimotor performansını, nöromüsküler koordinasyonunu ve refleks yanıt etkinliğini yansıtan önemli bir nörofizyolojik parametredir (187, 188). Günümüzde reaksiyon zamanı ölçümleri; kas-iskelet sistemi yaralanmaları, nörolojik bozukluklar ve proprioseptif fonksiyonlardaki değişimlerin değerlendirilmesinde sıkça kullanılmaktadır (189, 190). Ancak literatürde, SLİL yaralanması veya karpal instabilite durumlarında reaksiyon zamanına ilişkin veriler sınırlıdır ve bu parametreyi doğrudan inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle, mevcut çalışmamız bu alanda reaksiyon zamanı ölçümlerini sistematik olarak değerlendiren ilk araştırma olma özelliği taşımaktadır. SLİL yaralanması, bağıın proprioseptif fonksiyonunun bozulmasına bağılı olarak karpal afferent girdiyi azaltmaktadır. Bu durum merkezi sinir sistemine iletilen duyuşal bilginin gecikmesine ve koruyucu refleksif kas aktivasyonunun zamanlamasının bozulmasına yol açarak reaksiyon zamanının uzamasına neden olabilir. Özellikle dinamik skafolunat instabilite tanılı bireylerde, yük altında ortaya çıkan bu gecikmiş nöromüsküler yanıt, karpal hizalanmanın korunmasını zorlaştırmakta ve fonksiyonel instabiliteyi artırmaktadır. (40, 180, 191). Bu fizyolojik değişimlerin, sensörimotor cevabın bir bileşeni olan reaksiyon zamanı üzerinde de etkili olabileceğı öngörülmektedir. Çalışmamızda bu varsayımdan hareketle, yapılandırılmış egzersiz programı ve egzersizle destekli NMES uygulamasının el bileğı reaksiyon performansı üzerindeki olası etkileri karşılaştırmalı olarak incelendi.

Çalışmamızda hem EG hem de NMESG için tedavi sonrası reaksiyon zamanı parametrelerinde anlamlı gelişmeler saptandı. Her iki grupta da etkilenen taraf el bileğinde söndürülen LED sayısı ve birim söndürme süresi değerlerinde tedavi öncesine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı artış gözlemlendi. Tedavi sonrası dönemde söndürülen LED sayısının artması, katılımcıların birim zaman içerisinde daha fazla uyararı başarıyla yanıtlayabildiğini ve fonksiyonel performansın arttığını göstermektedir. Bu bulgu, uygulanan egzersiz ve NMES protokollerinin hedeflenen nöromüsküler yanıt kapasitesini artırdığını düşündürmektedir. Söndürülen LED sayısındaki bu artış, birim söndürme süresinin kısalması ile açıklanabilir. Müdahale sonrasında uyarın algısı ile motor yanıtın başlatılması arasındaki sürenin azalması

sayesinde, katılımcılar aynı zaman aralığında daha fazla LED'i söndürebildi. Bu durum, reaksiyon süresinin dinamik skafolunat instabilitede nöromüsküler kontrolü yansıtan duyarlı bir parametre olduğunu desteklemektedir. Buna karşılık, kaçırılan LED sayısında anlamlı bir değişiklik izlenmedi. Bu bulgu, katılımcıların tedavi öncesinde de görev doğruluğunu koruyabildiğini ve hata oranının baştan itibaren düşük olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, gözlenen performans artışı hata oranındaki azalmadan ziyade, yanıt hızındaki artışa bağlı olarak ortaya çıktı. Bu durum, dikkat ve hedefe odaklanma performansının tedavi süresince sabit kaldığını, ancak motor yanıt hızının ve duyuşal işleme kapasitesinin iyileştiğini düşündürmektedir. Gruplar arası karşılaştırmada ise, reaksiyon zamanı parametrelerindeki değişimlerin iki grup arasında benzer olduğu görülmüştür. Bu sonuç, NMES uygulamasının egzersiz eğitime ek bir avantaj sağlamadığını ve egzersiz temelli rehabilitasyonun tek başına da reaksiyon zamanı üzerinde güçlü bir etki oluşturduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, NMES'in klinik olarak daha hızlı kas aktivasyonu, motor ünite senkronizasyonu ve proprioseptif duyunun artışı yoluyla reaksiyon performansına dolaylı katkı sağlama potansiyeli göz ardı edilmemelidir. Literatürde, proprioseptif eğitim ve nöromüsküler egzersizlerin reaksiyon süresini iyileştirdiğini ve refleks kas yanıtlarını hızlandırdığını bildiren çalışmalar mevcuttur (11, 97, 142, 175).

NMES'in özellikle motor ünite aktivasyonunu kolaylaştırarak refleks arkın hızını artırabileceği ve afferent geri bildirimini güçlendirebileceği bildirilmektedir (11). Bu doğrultuda, çalışmamızda her iki grupta elde edilen benzer gelişmeler, uygulanan egzersizlerin ve proprioseptif aktivitelerin duyuşal-motor entegrasyon üzerindeki etkisini desteklemektedir. Sonuç olarak hem egzersiz eğitimi hem de NMES ile kombine egzersiz eğitimi programları, SL instabilitesi bulunan bireylerde el bileği reaksiyon zamanı parametrelerinde anlamlı gelişme sağladı. Gruplar arası anlamlı fark bulunmama ile birlikte, NMES'in motor kontrolün güçlendirilmesi ve refleks yanıtların hızlandırılması açısından destekleyici bir yöntem olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir. Bu bulgular, SL instabilitesi rehabilitasyonunda nöromüsküler koordinasyonun geliştirilmesine yönelik egzersizlerin tedavi programlarının temel bileşeni olması gerektiğini göstermektedir.

5.9. Sağlıkla ilişkili yaşam kalitesi SF-12

SF-12 PCS (Fiziksel Bileşen)

Çalışmamızda NMESG’de SF-12 PCS’nin anlamlı artması ve EG’de anlamlı değişiklik olmaması, NMES’in fiziksel kapasite ve fiziksel sağlık algısını güçlendirebildiğini düşündürmektedir. NMES’in travmatik el ve el bileği yaralanmalarında fiziksel sağlıkla ilişkili yaşam kalitesini iyileştirmede ek katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Travmatik el yaralanmalarında fonksiyon kaybı, ağrı ve el kullanımındaki kısıtlılık yalnızca bölgesel fonksiyonel ölçeklerle değil, genel yaşam kalitesi göstergeleriyle de yakından ilişkilidir (192, 193). Daha önceki çalışmalarda, SF-12 PCS skorlarının el fonksiyon yetersizliği (QuickDASH), ağrı ve uyku bozukluğu ile negatif ilişkili olduğu, ayrıca poli-travmalı hastalarda üst ekstremitte yaralanmasının düşük PCS skorlarıyla paralel seyrettiği gösterilmiştir. El ve el bileği kırıklarında da deformite arttıkça SF-12 PCS değerlerinin azaldığı bildirilmektedir (192, 194). Bu bilgiler, NMES grubundaki PCS artışının, ağrı azalması, kas gücü ve fonksiyonel iyileşmedeki kazanımların hastaların genel fiziksel sağlık algısına olumlu yansıdığını desteklemektedir. NMES’in kas aktivasyonunu artırması, propriosepsiyonu geliştirmesi ve ağrı kontrolüne katkısı, bu farkın olası nedenleri arasında değerlendirilebilir. Ayrıca SF-12 PCS’nin QuickDASH ve ABILHAND gibi fonksiyonel ölçeklerle yüksek korelasyon göstermesi (195), NMES ile elde edilen PCS artışının fonksiyonel performanstaki gelişimi yansıttığını düşündürmektedir. Sonuç olarak, çalışmamız NMES’in sadece lokal fonksiyonel parametreleri değil, genel fiziksel sağlık algısını da iyileştirdiğini göstermektedir. Bu bulgular, NMES’in SL instabilitesi ve benzeri el bileği patolojilerinde yaşam kalitesi odaklı rehabilitasyon programlarında etkili bir tamamlayıcı yöntem olabileceğini göstermektedir.

SF-12 MCS (Mental Bileşen)

Her iki grupta SF-12 MCS skorlarının tedavi sonrasında anlamlı biçimde artması ve gruplar arasında fark bulunmaması, el yaralanmalarında rehabilitasyonun genel olarak mental iyilik haline olumlu katkı sağladığını göstermektedir. Literatürde travmatik el yaralanmalarının anksiyete, depresyon ve stres gibi psikolojik etkiler

oluşturduğu; bu durumun yaşam kalitesiyle yakından ilişkili olduğu belirtilmektedir (193, 196). MCS skorlarının iş doyumu, ağrı ve fonksiyonel yetersizlikle ilişkili olduğu; rehabilitasyon sürecinde ağrının azalması, fonksiyonun geri kazanılması ve elin güvenle kullanılabilmesinin mental sağlık üzerinde belirleyici olduğu bildirilmektedir (192, 197). Bu çalışmada da benzer biçimde, gruplar arası farkın olmaması, mental iyileşmenin uygulanan modaliteden çok genel rehabilitasyon süreci ve psikososyal adaptasyonla ilişkili olduğunu düşündürmektedir. Sonuç olarak, SF-12 PCS'de NMES lehine saptanan fark fiziksel kazanımı yansıtırken, SF-12 MCS'deki benzer artış her iki tedavi yaklaşımının da psikolojik iyilik hali üzerinde ortak olumlu etkisini göstermektedir.

Limitasyonlar

Çalışmaya dahil edilen 30 hastanın 26'sı kadın, 4'ü erkektir. Literatürde SL yaralanmaları daha çok erkeklerde görülmekte olup çalışmamızda kadınların fazla olması kadınlarda ligamentöz laksitenin daha fazla olması nedeniyle sonuçları etkilemiş olabilir. Gelecek çalışmalarda cinsiyet dengesinin sağlanması veya sonuçların cinsiyete göre alt grup analizinin yapılması önerilir. Ölçüm yanlılığını azaltmak amacıyla uygulayıcı ve değerlendiricilerin farklı kişiler olması önemli bir avantaj olmakla birlikte, hastaların müdahale süreci boyunca körlenmesi mümkün olmamıştır. El dominantlığı; karpal kinematik, nöromüsküler kontrol, proprioepsiyon ve kavrama/pik tork kapasitesi üzerinde belirgin etkilere sahip olup, dominant elde daha gelişmiş motor kontrol, daha yüksek kuvvet üretimi ve daha iyi proprioseptif geri bildirim mekanizmaları ile ilişkilidir. Bu nedenle, tüm katılımcıların sağ el dominant olması, elde edilen bulguların özellikle nondominant el veya sol el dominant bireylere doğrudan genellenmesini kısıtlayabilir. Dominant elde gözlenen bu nöromüsküler ve kinematik üstünlük hem başlangıç ölçümlerini hem de tedaviye verilen yanıtın büyüklüğünü etkilemiş olabilir. Bu durum, sonuçların genellenebilirliğini sınırlayan önemli bir metodolojik faktör olarak değerlendirilmelidir. Bu nedenle, gelecekte yapılacak çalışmalarda sol el dominant bireylerin de örnekleme dahil edilmesi ve analizlerin el dominantlığına göre stratifiye edilmesi, bulguların daha geniş popülasyonlara genellenebilirliğini artıracaktır. Özellikle ağrı gibi öznel ölçümler açısından hasta kaynaklı yanlılığın tamamen ortadan kaldırılması mümkün olmamıştır.

Çalışmada NMES uygulamasının etkileri yalnızca 8 haftalık müdahale süreci boyunca değerlendirilmiştir. Uygulamanın uzun dönemli etkileri, kazanımların kalıcılığı veya gerileme durumu takip edilmemiştir. Bu nedenle, NMES'in uzun vadeli fonksiyonel faydalarının ve sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi için ileriye yönelik geniş örneklem gruplarını içeren, çok merkezli uzun süreli takip çalışmalarına ihtiyaç vardır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu randomize kontrollü çalışma ile SL instabilitesi olan bireylerde, “SL-dostu” kaslara (EKRL, EKRB, FKR, APL) yönelik izole NMES uygulamaları ve nöromusküler ve proprioseptif egzersiz eğitimi ile tek başına nöromusküler ve proprioseptif egzersiz eğitimi karşılaştırdı. Elde edilen sonuçlar istirahat, aktivite ve egzersiz sırasında ağrı şiddeti, ağırlık aktarma kapasitesi, fleksör kas endüransı, fonksiyonel durumla ilişkili QuickDASH ve PRWHE skorları ile yaşam kalitesinin fiziksel bileşenini yansıtan SF-12 PCS skorlarında NMESG grubunda istatistiksel olarak üstün sonuçlar sağladığını gösterdi ve araştırma başında ortaya konan bu parametrelerle ilgili hipotezleri destekledi.

Bu çalışma, SL instabilitesi olan bireylerde, “SL-dostu” kaslara (EKRL, EKRB, FKR, APL) yönelik izole NMES uygulamaları ile kombine egzersiz eğitimin etkisinin incelendiği ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır. Çalışmada, tedavi etkinliğinin değerlendirilmesinde güvenilir ve objektif yöntemlerin kullanılması, literatüre özgün bir katkı sunmakta ve kanıta dayalı tedavi protokollerinin geliştirilmesi yolunda önemli bir adım oluşturmaktadır. NMES ile entegre rehabilitasyon programı, yalnızca egzersiz uygulanan programa kıyasla ağrı, propriosepsiyon ve el fonksiyonu açısından daha belirgin iyileşmeler sağladı. Bu bulgular, NMES temelli rehabilitasyon yaklaşımlarının seçici kas aktivasyonunu ve sensörimotor kontrolü artırarak, cerrahi tedaviye güvenli ve etkili bir alternatif olabileceğini düşündürmektedir. NMES uygulamaları daha fazla motor ünite aktive edilerek kas liflerinin kasılmasına olanak tanıyabilir; ancak bu durum kısa vadede mutlaka kas kuvveti ve pik tork artışıyla sonuçlanmayabilir. Kas kuvvetinin artabilmesi için daha uzun süreli, yüksek yoğunluklu ve progresif yüklemeye dayalı protokoller gereklidir. Buna karşın NMES’in sağladığı motor ünite aktivasyonu ve artmış afferent girdi, sensorimotor entegrasyonu destekleyerek ağrı yönetimi, ağırlık aktarma kapasitesi ve kas dayanıklılığı gibi fonksiyonel çıktılarda anlamlı iyileşmeler sağlayabilir. Bu bulgular, kas kuvvetinden bağımsız olarak fonksiyonel parametrelerde gelişim sağlanabileceğini göstermektedir. Ayrıca, NMES ile sağlanan eşzamanlı kas kasılması, motor kontrolün yeniden örgütlenmesine de destek olabilir.

Bu yenilikçi yaklaşımın, gelecekteki klinik uygulamalara ve kanıta dayalı rehabilitasyon protokollerinin geliştirilmesine rehberlik edebileceği öngörülmektedir.

Gelecek Çıkarımlar

Literatürde, rehabilitasyon yaklaşımlarının etkinliğini ve sonuçlarını inceleyen olgu sunumları ve küçük ölçekli çalışmalar bulunsa da [33], bu alanda daha kapsamlı, kontrollü ve karşılaştırmalı çalışmalara gereksinim vardır. Mevcut yöntemlerin üstünlükleri, uzun dönem etkileri ve klinik uygulamadaki sürdürülebilirliği konusunda daha fazla kanıta ihtiyaç vardır. El ve el bileği yaralanmalarının sağlık sistemi üzerindeki ekonomik yükü ve iş gücü kaybı göz önüne alındığında, rehabilitasyon yaklaşımlarının işe dönüş süreci ve sağlık harcamaları üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalara öncelik verilmelidir.

Bu çalışmanın bulguları klinik uygulama açısından bazı önemli çıkarımlar sunmaktadır. Her iki grupta da anlamlı gelişmeler gözlenmiş olması, yapılandırılmış ve hedefe yönelik egzersiz programlarının tek başına dahi dinamik skafolunat instabilitede fonksiyonel iyileşme sağlayabileceğini göstermektedir. Bu durum, NMES uygulamasının mümkün olmadığı veya erişimin sınırlı olduğu klinik ortamlarda, iyi planlanmış progresif egzersiz programlarının etkili bir rehabilitasyon yaklaşımı olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, ağrı şiddeti azalması, ağırlık aktarma kapasitesi, el bileği fleksör kas enduransı ve fonksiyonellik ve performans parametrelerindeki ek kazanımlar, NMES'in nöromüsküler kontrol ve dinamik stabiliteyi destekleyici bir tamamlayıcı yöntem olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Çalışmada, ağrı seviyesindeki anlamlı azalmanın özellikle 4. haftadan sonra belirginleştiği gözlemlenmiştir. Bu durum, NMES uygulamalarının yalnızca akut bir analjezik etki değil, zamanla gelişen santral sinir sistemi adaptasyonları aracılığıyla daha kalıcı bir ağrı modülasyonu sağlayabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca, egzersizle birlikte artan hareket kabiliyeti, ağrıya yönelik algıda değişiklik ve psikolojik adaptasyon süreçleri de bu gecikmeli etkinin oluşmasına katkı sunmuş olabilir. Bu nedenle NMES'in ağrı yönetiminde optimal etkiyi gösterebilmesi için en az 4 haftalık düzenli uygulama süresi önerilebilir.

Klinikte çalışan fizyoterapistlerin, dinamik skafolunat instabilite yönetiminde öncelikle DAH düzleminde progresif propioseptif ve nöromüsküler egzersiz programlarını uygulamaları; uygun hastalarda ise NMES'i mevcut parametlerin etkinliğini artırmasını sağlayan destekleyici bir müdahale olarak değerlendirmeleri önerilebilir. Çalışmamızın bu doğrultuda rehabilitasyon uygulamalarının yönlendirilmesine ve kanıta dayalı klinik karar verme sürecine katkı sağlayacağı ve ileri çalışmalar için yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Ünkar EA, Özçelik İB, Orman O. Ligamentous Injuries of the Hand and Wrist. In: Ince B, editor. *Upper Extremity Reconstruction: From Simple to Complex*. Cham: Springer Nature Switzerland; 2025. p. 243-66.
2. Garcia-Elias M, Ananos D, Heras-Palou C. Carpal Instability: Current Techniques. *Current Practice in Hand Surgery-E-book*. 2025:183.
3. Alanen M, Aspinen S, Höglund T, Sippo R, Waris E. Computer-aided three-dimensional analysis of carpal alignment in scaphoid nonunion advanced collapse wrists: A comparative study with scapholunate advanced collapse and healthy wrists. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2025;26(1):423.
4. Esplugas M, Lluch A, Salva-Coll G, Fernandez-Noguera N, Puig de la Bellacasa I, Llusa-Perez M, et al. Influence of forearm rotation on the kinetic stabilizing efficiency of the muscles that control the scapholunate joint. Clinical application in proprioceptive and neuromuscular rehabilitation programs. *J Hand Ther*. 2024;37(2):282-92.
5. Tse YL-F, Chau W-W, Wong CW-Y. Can a structured home-based rehabilitation program reduce dorsal central wrist pain? *Hand Surgery and Rehabilitation*. 2024;43(1):101613.
6. Kim S, Nyaaba W, Mzeihem M, Mejia A, Gonzalez M, Amirouche F. Wrist Kinetics Post-Scapholunate Dissociation: Experimental and Computational Analysis of Scapholunate Interosseous Ligament Injury. *Journal of Hand Surgery Global Online*. 2025;7(2):173-80.
7. van der Heijden BE, Amarasooriya M, Haenen M, Vries H, Hummelink S, Teule E, et al. Dynamic wrist imaging: How it works and how to assess kinematic changes in wrists with scapholunate instability. *Journal of Hand Surgery (17531934)*. 2025;50(6).
8. Salva-Coll G, Lluch A, Esplugas M, Carreño A, Scott-Tennent A, Larrea-Zabalo M, et al. Scapholunate and lunotriquetral joint dynamic stabilizers and their role in wrist neuromuscular control and proprioception. *Journal of Hand Therapy*. 2024;37(2):273-81.
9. Maffiuletti NA. Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. *European journal of applied physiology*. 2010;110(2):223-34.
10. Popesco T, Gardet Q, Bossard J, Maffiuletti NA, Place N. Centrally mediated responses to NMES are influenced by muscle group and stimulation parameters. *Scientific Reports*. 2024;14(1):24918.
11. Juthberg R. *Advancing neuromuscular electrical stimulation optimizing comfort and hemodynamic efficiency*: Karolinska Institutet; 2025.
12. Holmes MK, Taylor S, Miller C, Brewster M. Early outcomes of ‘The Birmingham Wrist Instability Programme’: a pragmatic intervention for stage one scapholunate instability. *Hand Therapy*. 2017;22(3):90-100.
13. Duruoç M. *Hand Function: A Practical Guide to Assessment*2014.
14. Jones LA, Lederman SJ. *Human hand function*: Oxford university press; 2006.
15. Kijima Y, Viegas SF. Wrist anatomy and biomechanics. *The Journal of hand surgery*. 2009;34(8):1555-63.
16. Kamal RN, Starr A, Akelman E. Carpal kinematics and kinetics. *The Journal of hand surgery*. 2016;41(10):1011-8.

17. Dobyns JH, Linscheid RL. A short history of the wrist joint. *Hand clinics*. 1997;13(1):1-12.
18. Kauer J, de Lange A. The carpal joint. *Anatomy and function*. *Hand clinics*. 1987;3(1):23-9.
19. Stuchin SA. Wrist anatomy. *Hand clinics*. 1992;8(4):603-9.
20. Ruby L. Wrist biomechanics. *Instructional course lectures*. 1992;41:25-32.
21. Borisch N, Jacob H. Wrist kinematics after radiolunate arthrodesis. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2015;135(7):1033-41.
22. Obert L, Loisel F, Gasse N, Lepage D. Distal radius anatomy applied to the treatment of wrist fractures by plate: a review of recent literature. *Sicot-j*. 2015;1:14.
23. KAUER JM. Functional anatomy of the wrist. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*. 1980;149:9-20.
24. Moore DC, Casey JA, Gilbert SL, Crisco JJ. μ CT-generated carpal cartilage surfaces: validation of a technique. *Journal of biomechanics*. 2011;44(13):2516-9.
25. Zink J-V, Souteyrand P, Guis S, Chagnaud C, Le Fur Y, Militianu D, et al. Standardized quantitative measurements of wrist cartilage in healthy humans using 3T magnetic resonance imaging. *World journal of orthopedics*. 2015;6(8):641.
26. Berger RA. The anatomy and basic biomechanics of the wrist joint. *Journal of hand therapy*. 1996;9(2):84-93.
27. Berger RA. The ligaments of the wrist. A current overview of anatomy with considerations of their potential functions. *Hand clinics*. 1997;13(1):63-82.
28. Taleisnik J. The ligaments of the wrist. *The Journal of hand surgery*. 1976;1(2):110-8.
29. Savelberg H, Kooloos J, Huijskes R, Kauer J. Stiffness of the ligaments of the human wrist joint. *Journal of biomechanics*. 1992;25(4):369-76.
30. Martin RB, Burr DB, Sharkey NA. Mechanical properties of ligament and tendon. *Skeletal tissue mechanics*: Springer; 1998. p. 309-48.
31. Berger RA. The gross and histologic anatomy of the scapholunate interosseous ligament. *The Journal of hand surgery*. 1996;21(2):170-8.
32. Andersson JK. Treatment of scapholunate ligament injury: current concepts. *EFORT Open reviews*. 2017;2(9):382-93.
33. Sokolow C, Saffar P. Anatomy and histology of the scapholunate ligament. *Hand clinics*. 2001;17(1):77-81.
34. Kitay A, Wolfe SW. Scapholunate instability: current concepts in diagnosis and management. *The Journal of hand surgery*. 2012;37(10):2175-96.
35. Corella F, Del Cerro M, Ocampos M, de Blas CS, Larrainzar-Garijo R. Arthroscopic scapholunate ligament reconstruction, volar and dorsal reconstruction. *Hand Clinics*. 2017;33(4):687-707.
36. Corella F, Del Cerro M, Ocampos M, Larrainzar-Garijo R. Arthroscopic ligamentoplasty of the dorsal and volar portions of the scapholunate ligament. *The Journal of Hand Surgery*. 2013;38(12):2466-77.
37. Wessel LE, Kim J, Morse KW, Loisel F, Koff MF, Breighner RE, et al. The dorsal ligament complex: a cadaveric, histology, and imaging study. *The Journal of Hand Surgery*. 2022;47(5):480. e1-. e9.
38. Chato-Astrain J, Roda O, Carriel V, Hita-Contreras F, Sánchez-Montesinos I, Alaminos M, et al. Histological characterization of the human scapholunate ligament. *Microscopy Research and Technique*. 2024;87(2):257-71.

39. Salva-Coll G, Lluch A, Esplugas M, Carreño A, Scott-Tennent A, Larrea-Zabalo M, et al. Scapholunate and lunotriquetral joint dynamic stabilizers and their role in wrist neuromuscular control and proprioception. *J Hand Ther.* 2024;37(2):273-81.
40. Salva-Coll G, Garcia-Elias M, Hagert E. Scapholunate instability: proprioception and neuromuscular control. *Journal of wrist surgery.* 2013;2(02):136-40.
41. Gelberman RH, Panagis JS, Taleisnik J, Baumgaertner M. The arterial anatomy of the human carpus. Part I: the extraosseous vascularity. *The Journal of hand surgery.* 1983;8(4):367-75.
42. Panagis JS, Gelberman RH, Taleisnik J, Baumgaertner M. The arterial anatomy of the human carpus. Part II: the intraosseous vascularity. *The Journal of hand surgery.* 1983;8(4):375-82.
43. Nordin M, Frankel VH. *Basic biomechanics of the musculoskeletal system:* Lippincott Williams & Wilkins; 2001.
44. Youm Y, McMURTHY RY, Flatt AE, Gillespie TE. Kinematics of the wrist. I. An experimental study of radial-ulnar deviation and flexion-extension. *JBJS.* 1978;60(4):423-31.
45. Kobayashi M, Berger RA, Nagy L, Linscheid RL, Uchiyama S, Ritt M, et al. Normal kinematics of carpal bones: a three-dimensional analysis of carpal bone motion relative to the radius. *Journal of biomechanics.* 1997;30(8):787-93.
46. Ferris BD, Stanton J, Zamora J. Kinematics of the wrist: evidence for two types of movement. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume.* 2000;82(2):242-5.
47. Crisco JJ, McGovern RD, Wolfe SW. Noninvasive technique for measuring in vivo three-dimensional carpal bone kinematics. *Journal of orthopaedic research.* 1999;17(1):96-100.
48. Kamal RN, Rainbow MJ, Akelman E, Crisco JJ. In vivo triquetrum-hamate kinematics through a simulated hammering task wrist motion. *JBJS.* 2012;94(12):e85.
49. Moore DC, Crisco JJ, Trafton TG, Leventhal EL. A digital database of wrist bone anatomy and carpal kinematics. *Journal of biomechanics.* 2007;40(11):2537-42.
50. Fraysse F, Costi JJ, Stanley RM, Ding B, McGuire D, Eng K, et al. A novel method to replicate the kinematics of the carpus using a six degree-of-freedom robot. *Journal of biomechanics.* 2014;47(5):1091-8.
51. Eschweiler J, Stromps JP, Rath B, Pallua N, Radermacher K. Analysis of wrist bone motion before and after SL-ligament resection. *Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik.* 2016;61(3):345-57.
52. Esplugas M, Lluch A, Salva-Coll G, Fernandez-Noguera N, de la Bellacasa IP, Llusa-Perez M, et al. Influence of forearm rotation on the kinetic stabilizing efficiency of the muscles that control the scapholunate joint. Clinical application in proprioceptive and neuromuscular rehabilitation programs. *Journal of Hand Therapy.* 2024;37(2):282-92.
53. Gardner MJ, Crisco JJ, Wolfe SW. Carpal kinematics. *Hand Clin.* 2006;22(4):413-20; abstract v.
54. Crisco JJ, Wolfe SW, Neu CP, Pike S. Advances in the in vivo measurement of carpal kinematics. *Orthopedic Clinics.* 2001;32(2):219-31.
55. Rainbow M, Wolff A, Crisco J, Wolfe S. Functional kinematics of the wrist. *Journal of Hand Surgery (European Volume).* 2016;41(1):7-21.

56. Rainbow MJ, Kamal RN, Leventhal E, Akelman E, Moore DC, Wolfe SW, et al. In vivo kinematics of the scaphoid, lunate, capitate, and third metacarpal in extreme wrist flexion and extension. *The Journal of hand surgery*. 2013;38(2):278-88.
57. Eschweiler J, Li J, Quack V, Rath B, Baroncini A, Hildebrand F, et al. Anatomy, biomechanics, and loads of the wrist joint. *Life*. 2022;12(2):188.
58. Crisco JJ, Coburn JC, Moore DC, Akelman E, Weiss A-PC, Wolfe SW. In vivo radiocarpal kinematics and the dart thrower's motion. *JBJS*. 2005;87(12):2729-40.
59. Chang N, Suh N. Anatomy and Biomechanics of Scapholunate Ligament. *Arthroscopy and Endoscopy of the Elbow, Wrist and Hand*. 2021.
60. Galley I, Bain GI, McLean JM. Influence of lunate type on scaphoid kinematics. *The Journal of hand surgery*. 2007;32(6):842-7.
61. Craigen M, Stanley J. Wrist kinematics: row, column or both? *Journal of Hand Surgery*. 1995;20(2):165-70.
62. Kauer JM, Savelberg HH, Huijskes R, Kooloos JG. Role of the wrist ligaments with respect to carpal kinematics and carpal mechanism. *Advances in the Biomechanics of the Hand and Wrist*: Springer; 1994. p. 271-80.
63. Gould HP, Berger RA, Wolfe SW. The origin and meaning of “intercalated segment”. *Journal of Hand Surgery*. 2015;40(12):2471-2.
64. Sandow M, Fisher T, Howard C, Papas S. Unifying model of carpal mechanics based on computationally derived isometric constraints and rules-based motion—the stable central column theory. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*. 2014;39(4):353-63.
65. Garcia-Elias M, Ribe M, Rodriguez J, Cots M, Casas J. Influence of joint laxity on scaphoid kinematics. *Journal of hand surgery*. 1995;20(3):379-82.
66. Neuhaus V, Jupiter JB. Current concepts review: carpal injuries - fractures, ligaments, dislocations. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2011;78(5):395-403.
67. Goldfarb C, Dy C, Brogan D, Osei D. Sports Injuries of the Hand, Wrist, and Elbow. *Instr Course Lect*. 2019;68:153-66.
68. Scott-Tennent A, Lluch A, Esplugas M, García-Elias M. Carpal Instability. *Orthopaedics and Trauma: Current Concepts and Best Practices*: Springer; 2024. p. 1355-66.
69. Larsen CF, Amadio PC, Gilula LA, Hodge JC. Analysis of carpal instability: I. Description of the scheme. *J Hand Surg Am*. 1995;20(5):757-64.
70. Kuo CE, Wolfe SW. Scapholunate instability: current concepts in diagnosis and management. *J Hand Surg Am*. 2008;33(6):998-1013.
71. Wessel LE, Wolfe SW. Scapholunate Instability: Current Concepts in Diagnosis and Management Classification and Treatment ConsiderationsePart 2. 2023.
72. Manuel J, Moran SL. The diagnosis and treatment of scapholunate instability. *Orthopedic Clinics of North America*. 2007;38(2):261-77.
73. Wessel LE, Wolfe SW. Scapholunate instability: diagnosis and management— anatomy, kinematics, and clinical assessment—part I. *The Journal of Hand Surgery*. 2023;48(11):1139-49.
74. Reichel LM, Bell BR, Michnick SM, Reitman CA. Radial styloid fractures. *The Journal of hand surgery*. 2012;37(8):1726-41.
75. Mesplié G, Léger O. Sprains of the Scapholunate Ligament. *Hand and Wrist Rehabilitation: Theoretical Aspects and Practical Consequences*: Springer; 2015. p. 127-45.

76. Laulan J. Désaxation scapholunaire: physiopathologie et orientations thérapeutiques. *Chirurgie de la main*. 2009;28(4):192-206.
77. Kuhlmann JN. La stabilité et les instabilités radio-et médio-carpiennes: Sauramps médical; 2002.
78. Lane LB, Daher RJ, Leo AJ. Scapholunate dissociation with radiolunate arthritis without radioscaploid arthritis. *The Journal of hand surgery*. 2010;35(7):1075-81.
79. Prosser R, Herbert R, LaStayo PC. Current practice in the diagnosis and treatment of carpal instability—results of a survey of Australian hand therapists. *Journal of Hand Therapy*. 2007;20(3):239-43.
80. Watson HK, Ashmead D, Makhlof MV. Examination of the scaphoid. *Journal of Hand Surgery*. 1988;13(5):657-60.
81. Mesplé G. Hand and wrist rehabilitation: Theoretical aspects and practical consequences: Springer; 2015.
82. Eraktas Í, Ayhan C, Hayran M, Soyulu AR. Alterations in forearm muscle activation patterns after scapholunate interosseous ligament injury: A dynamic electromyography study. *J Hand Ther*. 2021;34(3):384-95.
83. Holmes MK, Miller C, Mansfield M. Rehabilitation of stage-one scapholunate instability (ReSOS): An online survey of UK practice. *Hand Therapy*. 2024;29(4):175-87.
84. Pappou IP, Basel J, Deal DN. Scapholunate ligament injuries: a review of current concepts. *Hand*. 2013;8(2):146-56.
85. Garcia-Elias M, Lluch AL, Stanley JK. Three-ligament tenodesis for the treatment of scapholunate dissociation: indications and surgical technique. *The Journal of hand surgery*. 2006;31(1):125-34.
86. Roberts C, Porter M, Wines A, Shadbolt B. The association of scapho-trapezio-trapezoid osteoarthritis and scapholunate dissociation. *Hand Surgery*. 2006;11(03):135-41.
87. Feehan L, Fraser T. Early controlled mobilization using dart-throwing motion with a twist for the conservative management of an intra-articular distal radius fracture and scapholunate ligament injury: a case report. *Journal of Hand Therapy*. 2016;29(2):191-8.
88. Salvà-Coll G, Garcia-Elias M, Llusá-Pérez M, Rodríguez-Baeza A. The role of the flexor carpi radialis muscle in scapholunate instability. *The Journal of hand surgery*. 2011;36(1):31-6.
89. León-Lopez MM, Salvà-Coll G, Garcia-Elias M, Lluch-Bergadà A, Llusá-Pérez M. Role of the extensor carpi ulnaris in the stabilization of the lunotriquetral joint. An experimental study. *Journal of Hand Therapy*. 2013;26(4):312-7.
90. Salva-Coll G, Garcia-Elias M, Leon-Lopez M, Llusá-Perez M, Rodríguez-Baeza A. Role of the extensor carpi ulnaris and its sheath on dynamic carpal stability. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*. 2012;37(6):544-8.
91. Wolff AL, Wolfe SW. Rehabilitation for scapholunate injury: application of scientific and clinical evidence to practice. *Journal of Hand Therapy*. 2016;29(2):146-53.
92. Bergner JL, Farrar JQ, Coronado RA. Dart thrower's motion and the injured scapholunate interosseous ligament: A scoping review of studies examining motion, orthoses, and rehabilitation. *Journal of Hand Therapy*. 2020;33(1):45-59.

93. Anderson H, Hoy G. Orthotic intervention incorporating the dart-thrower's motion as part of conservative management guidelines for treatment of scapholunate injury. *Journal of Hand Therapy*. 2016;29(2):199-204.
94. Amarasooriya M, Jerome TJ, Turret L. Current concepts in scapholunate instability without arthritic changes. *Indian journal of orthopaedics*. 2023;57(4):515-26.
95. Langeard A, Bigot L, Chastan N, Gauthier A. Does neuromuscular electrical stimulation training of the lower limb have functional effects on the elderly?: A systematic review. *Experimental gerontology*. 2017;91:88-98.
96. Miyamoto T, Kamada H, Tamaki A, Moritani T. Low-intensity electrical muscle stimulation induces significant increases in muscle strength and cardiorespiratory fitness. *European journal of sport science*. 2016;16(8):1104-10.
97. Flodin J. Neuromuscular electrical stimulation in physical inactivity: Karolinska Institutet (Sweden); 2024.
98. Glaviano NR, Saliba S. Can the use of neuromuscular electrical stimulation be improved to optimize quadriceps strengthening? *Sports health*. 2016;8(1):79-85.
99. Miyamoto T, Fukuda K, Watanabe K, Hidaka M, Moritani T. Gender difference in metabolic responses to surface electrical muscle stimulation in type 2 diabetes. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2015;25(1):136-42.
100. Jabbour G, Belliveau L, Probizanski D, Newhouse I, McAuliffe J, Jakobi J, et al. Effect of low frequency neuromuscular electrical stimulation on glucose profile of persons with type 2 diabetes: a pilot study. *Diabetes & metabolism journal*. 2015;39(3):264-7.
101. Hajibandeh S, Hajibandeh S, Antoniou GA, Scurr JR, Torella F. Neuromuscular electrical stimulation for the prevention of venous thromboembolism. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2017(11).
102. Doheny EP, Caulfield BM, Minogue CM, Lowery MM. Effect of subcutaneous fat thickness and surface electrode configuration during neuromuscular electrical stimulation. *Medical engineering & physics*. 2010;32(5):468-74.
103. Burgess LC, Taylor P, Wainwright TW, Bahadori S, Swain ID. Adherence to neuromuscular electrical stimulation interventions for muscle impairment in hip and knee osteoarthritis: A systematic review. *Clinical Medicine Insights: Arthritis and Musculoskeletal Disorders*. 2021;14:11795441211028746.
104. Doucet BM, Lam A, Griffin L. Neuromuscular electrical stimulation for skeletal muscle function. *The Yale journal of biology and medicine*. 2012;85(2):201.
105. Bickel CS, Gregory CM, Dean JC. Motor unit recruitment during neuromuscular electrical stimulation: a critical appraisal. *European journal of applied physiology*. 2011;111(10):2399-407.
106. Kern H, Barberi L, Löfler S, Sbardella S, Burggraf S, Fruhmann H, et al. Electrical stimulation counteracts muscle decline in seniors. *Frontiers in aging neuroscience*. 2014;6:189.
107. Rabello R, Fröhlich M, Maffiuletti NA, Vaz MA. Influence of pulse waveform and frequency on evoked torque, stimulation efficiency, and discomfort in healthy subjects. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2021;100(2):161-7.
108. Jang EM, Park SH. Effects of neuromuscular electrical stimulation combined with exercises versus an exercise program on the physical characteristics and functions

of the elderly: a randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(5):2463.

109. Borzuola R, Laudani L, Labanca L, Macaluso A. Superimposing neuromuscular electrical stimulation onto voluntary contractions to improve muscle strength and mass: A systematic review. *European Journal of Sport Science*. 2023;23(8):1547-59.

110. Karlsen A, Cullum CK, Norheim KL, Scheel FU, Zinglensen AH, Vahlgren J, et al. Neuromuscular electrical stimulation preserves leg lean mass in geriatric patients. *Medicine and science in sports and exercise*. 2020;52(4):773-84.

111. Zinglensen AH, Halsteen MB, Kjaer M, Karlsen A. Can electrical stimulation enhance effects of a functional training program in hospitalized geriatric patients? *Experimental gerontology*. 2018;106:101-8.

112. Sillen MJ, Franssen FM, Gosker HR, Wouters EF, Spruit MA. Metabolic and structural changes in lower-limb skeletal muscle following neuromuscular electrical stimulation: a systematic review. *PloS one*. 2013;8(9):e69391.

113. Lyons G, Leane G, Clarke-Moloney M, O'brien J, Grace P. An investigation of the effect of electrode size and electrode location on comfort during stimulation of the gastrocnemius muscle. *Medical engineering & physics*. 2004;26(10):873-8.

114. Forrester BJ, Petrofsky JS. Effect of electrode size, shape, and placement during electrical stimulation. *J Appl Res*. 2004;4(2):346-54.

115. Nussbaum EL, Houghton P, Anthony J, Rennie S, Shay BL, Hoens AM. Neuromuscular electrical stimulation for treatment of muscle impairment: critical review and recommendations for clinical practice. *Physiotherapy Canada*. 2017;69(5):1-76.

116. Vieira TM, Potenza P, Gastaldi L, Botter A. Electrode position markedly affects knee torque in tetanic, stimulated contractions. *European journal of applied physiology*. 2016;116(2):335-42.

117. Gorgey AS, Mahoney E, Kendall T, Dudley GA. Effects of neuromuscular electrical stimulation parameters on specific tension. *European journal of applied physiology*. 2006;97(6):737-44.

118. Medeiros FV, Vieira A, Carregaro RL, Bottaro M, Maffiuletti NA, Durigan JL. Skinfold thickness affects the isometric knee extension torque evoked by Neuromuscular Electrical Stimulation. *Brazilian journal of physical therapy*. 2015;19(6):466-72.

119. Flodin J, Juthberg R, Ackermann P. Motor point heatmap guide for neuromuscular electrical stimulation of the quadriceps muscle. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2023;70:102771.

120. Camus E, Van Overstraeten L. La chirurgie ligamentaire du carpe avant l'arthrose: Sauramps médical; 2009.

121. Megerle K, Bertel D, Germann G, Lehnhardt M, Hellmich S. Long-term results of dorsal intercarpal ligament capsulodesis for the treatment of chronic scapholunate instability. *The Journal of Bone & Joint Surgery British Volume*. 2012;94(12):1660-5.

122. Garcia-Elias M. Carpal instability. *Green's operative hand surgery*. 2011;491.

123. Hopewell S, Chan A-W, Collins GS, Hróbjartsson A, Moher D, Schulz KF, et al. CONSORT 2025 statement: updated guideline for reporting randomised trials. *The Lancet*. 2025;405(10489):1633-40.

124. Pai S, Jeyaraman N, Jayakumar T, Jeyaraman M. Scapholunate Advanced Collapse Wrist – Keeping it Simple – A Case Report. *Journal of Orthopaedic Case Reports*. 2023;13:137-40.
125. Gummesson C, Ward MM, Atroshi I. The shortened disabilities of the arm, shoulder and hand questionnaire (Quick DASH): validity and reliability based on responses within the full-length DASH. *BMC musculoskeletal disorders*. 2006;7:1-7.
126. Changulani M, Okonkwo U, Keswani T, Kalairajah Y. Outcome evaluation measures for wrist and hand–which one to choose? *International orthopaedics*. 2008;32:1-6.
127. Topcu DÖ, Afşar Si. Reliability, validity, and cross-cultural adaptation study of the Turkish version of the Patient-Rated Wrist/Hand Evaluation questionnaire. *Turkish journal of medical sciences*. 2019;49(2):574-82.
128. Cooney W, Bussey R, Dobyns J, Linscheid R. Difficult wrist fractures perilunate fracture-dislocations of the wrist. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 1987;214:136-47.
129. DEMİREL M, EKİNCİ M, ERSİN M. *Ortopedi ve Travmatoloji Klinik Araştırmalarında Sık Kullanılan Skorlama Sistemleri: Akademisyen Kitabevi*; 2020.
130. Hawker GA, Mian S, Kendzerska T, French M. Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain Grade Scale (CPGS), Short Form-36 Bodily Pain Scale (SF-36 BPS), and Measure of Intermittent and Constant Osteoarthritis Pain (ICOAP). *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2011;63 Suppl 11:S240-52.
131. Pourahmadi MR, Ebrahimi Takamjani I, Sarrafzadeh J, Bahramian M, Mohseni-Bandpei MA, Rajabzadeh F, et al. Reliability and concurrent validity of a new iPhone® goniometric application for measuring active wrist range of motion: a cross-sectional study in asymptomatic subjects. *J Anat*. 2017;230(3):484-95.
132. Kuru CA, Uysal O, Karaca NB, Akar Z, Ayhan E, Kuru I. Responsiveness and Validity of Weight-Bearing Test for Measuring Loading Capacity in Patients With Triangular Fibrocartilage Complex Injury. *Journal of sport rehabilitation*. 2022;31(7):876-84.
133. Fess E. Clinical assessment recommendations. *American society of hand therapists*. 1981:6-8.
134. Seven B, Cobanoglu G, Oskay D, Atalay-Guzel N. Test–retest reliability of isokinetic wrist strength and proprioception measurements. *Journal of sport rehabilitation*. 2019;28(7).
135. Fatima A, Veqar Z, Zaidi S, Tanwar T. Effects of scapular stabilization and upper limb proprioception as an adjunct to cervical stabilization in chronic neck pain patients: A randomized controlled trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2022;29:291-301.
136. Stark T, Walker B, Phillips JK, Fejer R, Beck R. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *Pm&r*. 2011;3(5):472-9.
137. El Mhandi L, Bethoux F. Isokinetic testing in patients with neuromuscular diseases: a focused review. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2013;92(2):163-78.

138. de-Oliveira LA, Matos MV, Fernandes IG, Nascimento DA, da Silva-Grigoletto ME. Test-retest reliability of a visual-cognitive technology (BlazePod™) to measure response time. *Journal of sports science & medicine*. 2021;20(1):179.
139. Janković D, Čvorović A, Dopsaj M, Prčić I, Kukić F. Effects of the Task Complexity on the Single Movement Response Time of Upper and Lower Limbs in Police Officers. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(14).
140. de Pádua Maia MV, de Moraes VY, Dos Santos JBG, Faloppa F, Belloti JC. Minimal important difference after hand surgery: a prospective assessment for DASH, MHQ, and SF-12. *SICOT-J*. 2016;2.
141. Reid R. Motor points in relation to the surface of the body. *Journal Of Anatomy*. 1920;54(Pt 4):271.
142. Uçar N, Öner H, Kuş MA, Karaca H, Fırat T. The effect of neuromuscular electrical stimulation applied at different muscle lengths on muscle architecture and sarcomere morphology in rats. *The Anatomical Record*. 2024;307(2):356-71.
143. Adams V. Electromyostimulation to fight atrophy and to build muscle: facts and numbers. *Wiley Online Library*; 2018. p. 631-4.
144. Wolff AL, Wolfe SW. Rehabilitation for scapholunate injury: Application of scientific and clinical evidence to practice. *J Hand Ther*. 2016;29(2):146-53.
145. Field A. *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*: Sage publications limited; 2024.
146. Noguchi K, Gel YR, Brunner E, Konietschke F. nparLD: an R software package for the nonparametric analysis of longitudinal data in factorial experiments. *Journal of Statistical software*. 2012;50:1-23.
147. Montgomery SJ, Rollick NJ, Kubik JF, Meldrum AR, White NJ. Surgical outcomes of chronic isolated scapholunate interosseous ligament injuries: a systematic review of 805 wrists. *Canadian Journal of Surgery*. 2019;62(3):199.
148. Rudolph KS, Cloutier M, Stackhouse S. Pain inhibition-the unintended benefit of electrically elicited muscle strengthening contractions. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023;24(1):131.
149. Hagert E, Persson JK. Desensitizing the posterior interosseous nerve alters wrist proprioceptive reflexes. *The Journal of hand surgery*. 2010;35(7):1059-66.
150. Coll GS, Garcia-Elias M, Bergada ÀL, López ML, Pérez ML, Baeza AR. Carpal dynamic stability mechanisms. Experimental study. *Revista Espanola de Cirugia Ortopedica y Traumatologia (English Edition)*. 2013;57(2):129-34.
151. Jantea CL, An K-N, Linscheid RL, Cooney W. The Role of the Scapho—Trapezial—Trapezoidal Ligament Complex on Scaphoid Kinematics. *Advances in the Biomechanics of the Hand and Wrist*. 1994:345-61.
152. Garcia-Elias M, Salva-Coll G. Distal radius fractures and secondary carpal dysfunction. *Distal Radius Fractures: Current Concepts*. 2014:333-42.
153. Mataliotakis G, Doukas M, Kostas I, Lykissas M, Batistatou A, Beris A. Sensory innervation of the subregions of the scapholunate interosseous ligament in relation to their structural composition. *The Journal of hand surgery*. 2009;34(8):1413-21.
154. Garcia-Elias M, Alomar Serrallach X, Monill Serra J. Dart-throwing motion in patients with scapholunate instability: a dynamic four-dimensional computed tomography study. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*. 2014;39(4):346-52.


155. Ionică A-M, Apostu M. Study On Therapeutic Management Of Carpal Tunnel Syndrome. *Discobolul-Physical Education, Sport & Kinetotherapy Journal*. 2024;63(1).
156. Seyri KM, Maffiuletti NA. Effect of electromyostimulation training on muscle strength and sports performance. *Strength & Conditioning Journal*. 2011;33(1):70-5.
157. Shafiee E, Macdermid J, Farzad M, Karbalaei M. A systematic review and meta-analysis of Patient-Rated Wrist (and Hand) Evaluation (PRWE/PRWHE) measurement properties, translation, and/ or cross-cultural adaptation. *Disability and Rehabilitation*. 2021;44:6551-65.
158. Ziebart C, Bobos P, Furtado R, Dabbagh A, Macdermid J. Patient-reported outcome measures used for hand and wrist disorders: An overview of systematic reviews. *Journal of hand therapy : official journal of the American Society of Hand Therapists*. 2023.
159. Bastard C, Sandman É, Balg F, Patenaude N, Chapleau J, Rouleau D. Validity, reliability and responsiveness of the French translation of the Patient-Rated Wrist Evaluation questionnaire (PRWE). *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR*. 2023:103549.
160. Van Gorp B, Krastman P, Kraan G, Mathijssen N, Bierma-Zeinstra S, Runhaar J. Psychometric qualities of the patient rated Wrist/Hand evaluation (PRWHE) in dutch primary care patients with wrist complaints. *BMC Primary Care*. 2022;23.
161. Suero-Pineda A, Oliva-Pascual-Vaca Á, Durán MR-P, Sánchez-Laulhé PR, García-Frasquet M, Blanquero J. Effectiveness of a Telerehabilitation Evidence-based Tablet App for Rehabilitation in Traumatic Bone and Soft-Tissue Injuries of the Hand, Wrist and Fingers. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2023.
162. Brands M, Selles R, Van Kooij Y, Feitz R, Videler A, Slijper H, et al. Outcomes of an exercise program in patients with dorsal or volar midcarpal laxity: a cohort study of 213 patients. *Disability and Rehabilitation*. 2023;46:1825-31.
163. Van Gorp B, Krastman P, Kraan G, Mathijssen NM, Bierma-Zeinstra SM, Runhaar J. Psychometric qualities of the patient rated Wrist/Hand evaluation (PRWHE) in dutch primary care patients with wrist complaints. *BMC Primary Care*. 2022;23(1):274.
164. Berduszek RJ, Reneman MF, Dekker R, van der Sluis CK. Measurement properties of the Dutch versions of QuickDASH and PRWHE in patients with complaints of hand, wrist, forearm and elbow. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2024;37(4):871-81.
165. Setianto C, Syahrir A, Ridwan M. Neuromuscular Electrical Stimulation Effect On Wrist Spasticity And Function In Post-Stroke Patient With Upper Extremity Recovery Exercise. *Mnj (Malang Neurology Journal)*. 2024.
166. Larsson S, Ekstrand E, Dahlin L, Björkman A, Brogren E. Effects of a neuromuscular joint-protective exercise therapy program for treatment of wrist osteoarthritis: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2024;25.
167. Wiitavaara B, Florin J. Content and psychometric evaluations of questionnaires for assessing physical function in people with arm–shoulder–hand disorders. A systematic review of the literature. *Disability and Rehabilitation*. 2021;44:7575-86.
168. Changulani M, Okonkwo U, Keswani T, Kalairajah Y. Outcome evaluation measures for wrist and hand – which one to choose? *International Orthopaedics*. 2008;32:1-6.

169. Monte-Silva K, Piscitelli D, Norouzi-Gheidari N, Batalla MAP, Archambault P, Levin M. Electromyogram-Related Neuromuscular Electrical Stimulation for Restoring Wrist and Hand Movement in Poststroke Hemiplegia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2019;33:111-96.
170. Schuind F, Mouraux D, Robert C, Brassinne E, Rémy P, Salvia P, et al. Functional and outcome evaluation of the hand and wrist. *Hand clinics*. 2003;19 3:361-9.
171. Van De Stadt L, Kroon F, Kloppenburg M. Measures of Hand Function. *Arthritis Care & Research*. 2020;72.
172. Zebis MK, Andersen LL, Bencke J, Kjær M, Aagaard P. Identification of athletes at future risk of anterior cruciate ligament ruptures by neuromuscular screening. *The American journal of sports medicine*. 2009;37(10):1967-73.
173. Brown TN, Palmieri-Smith RM, McLean SG. Sex and limb differences in hip and knee kinematics and kinetics during anticipated and unanticipated jump landings: implications for anterior cruciate ligament injury. *British journal of sports medicine*. 2009;43(13):1049-56.
174. Bencke J, Aagaard P, Zebis MK. Muscle activation during ACL injury risk movements in young female athletes: a narrative review. *Frontiers in physiology*. 2018;9:445.
175. Moroder P, Karpinski K, Akgün D, Danzinger V, Gerhardt C, Patzer T, et al. Neuromuscular electrical stimulation–Enhanced physical therapist intervention for functional posterior shoulder instability (type B1): A multicenter randomized controlled trial. *Physical Therapy*. 2024;104(1):pzad145.
176. Lötters FJ, Schreuders TA, Videler AJ. SMOc-Wrist: a sensorimotor control-based exercise program for patients with chronic wrist pain. *Journal of Hand Therapy*. 2020;33(4):607-15.
177. Parks A, Lee AD, Billham J. Recognition and conservative management for a spectrum of sport-related scapholunate interosseous ligament injuries: a case series. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*. 2022;66(3):265.
178. Surgeons AAoO. Joint motion: method of measuring and recording: Churchill Livingstone; 1965.
179. Sheffler LR, Chae J. Neuromuscular electrical stimulation in neurorehabilitation. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*. 2007;35(5):562-90.
180. Hagert E, Lluch A, Rein S. The role of proprioception and neuromuscular stability in carpal instabilities. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*. 2016;41(1):94-101.
181. Cheuquelaf-Galaz C, Antúnez-Riveros MA, Lastra-Millán A, Canals A, Aguilera-Godoy A, Núñez-Cortés R. Exercise-based intervention as a nonsurgical treatment for patients with carpal instability: A case series. *Journal of Hand Therapy*. 2024;37(3):397-404.
182. Moran SL, Ford KS, Wulf CA, Cooney WP. Outcomes of dorsal capsulodesis and tenodesis for treatment of scapholunate instability. *The Journal of hand surgery*. 2006;31(9):1438-46.
183. Mohamed SN, Ahmed NTM, Beshe BN, Ali EAH. Effect of Early Rehabilitation Interventions on ICU-Acquired Weakness Prevention in Critically Ill Patients. *Alexandria Scientific Nursing Journal*. 2025;27(3):200-18.

184. Ellenbecker TS, Davies GJ. The application of isokinetics in testing and rehabilitation of the shoulder complex. *Journal of athletic training*. 2000;35(3):338.
185. Holcomb WR. Effect of training with neuromuscular electrical stimulation on elbow flexion strength. *Journal of sports science & medicine*. 2006;5(2):276.
186. Borzuola R, Caricati V, Parrella M, Scalia M, Macaluso A. Frequency-dependent effects of superimposed NMES on spinal excitability in upper and lower limb muscles. *Heliyon*. 2024;10(21).
187. Hunter SK, Thompson MW, Adams RD. Reaction time, strength, and physical activity in women aged 20–89 years. *Journal of Aging and Physical activity*. 2001;9(1):32-42.
188. Nikam LH, Gadkari JV. Effect of age, gender and body mass index on visual and auditory reaction times in Indian population. *Indian J Physiol Pharmacol*. 2012;56(1):94-9.
189. Huerta Ojeda Á, Lizama Tapia P, Pulgar Álvarez J, González-Cruz C, Yeomans-Cabrera M-M, Contreras Vera J. Relationship between attention capacity and hand–eye reaction time in adolescents between 15 and 18 years of age. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(17):10888.
190. Wilk KE, Thomas ZM, Mangine RE, Fuller P, Davies GJ. Neurocognitive and reactive return to play testing protocol in overhead athletes following upper extremity injury. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2023;18(6):1364.
191. Vekris MD, Mataliotakis GI, Beris AE. The scapholunate interosseous ligament afferent proprioceptive pathway: a human in vivo experimental study. *The Journal of Hand Surgery*. 2011;36(1):37-46.
192. Haddar A, Sellami I, Hrairi A, Ghrab M, Zouari H, Feki A, et al. Assessing Quality of Life After Return to Work Among Victims of Work-Related Hand Injuries. *European Psychiatry*. 2025;68.
193. Kablanoğlu S, Sade S. The relationship between pain and activity participation, quality of life and depression symptoms in traumatic hand injuries. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*. 2025;59:146-51.
194. Zeelenberg M, Hartog D, Halvachizadeh S, Pape H, Verhofstad M, Van Lieshout E. The impact of upper extremity injuries on polytrauma patients at a level 1 Trauma Center. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2021.
195. Khoury E, Barbier O, Libouton X, Thonnard J, Lefèvre P, Penta M. Manual ability in hand surgery patients: Validation of the ABILHAND scale in four diagnostic groups. *PLoS ONE*. 2020;15.
196. Naylor J, Bhandari P, Descallar J, Yang OO, Rider M, Mayland E, et al. Comparison of short-term outcomes between people with and without a pre-morbid mental health diagnosis following surgery for traumatic hand injury: a prospective longitudinal study of a multicultural cohort. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2023;24.
197. Haddar A, Sellami I, Hrairi A, Ghrab M, Zouari H, Feki A, et al. Assessing Mental Distress in Victims of Work-Related Hand Injuries. *European Psychiatry*. 2025;68.


8. EKLER


EK 1. Tübitak 1002 – A Hızlı Destek Projesi




ARDEB PBS

Proje Başvuru Sistemi


Ana Sayfa


ARZU DAĞ


Çıkış

Başvurularım (0)
Yeni Destek Başvurusu
E-İmza Süreci
ARDEB Proje Görevlerim
Kuruluş Yetkilisi

ARDEB Proje Görevlerim

Kolaya Dahil Projelerim
ARDEB Proje Görevlerim
Desteklenen ARDEB Proje Görevlerim

Proje Türü	Projedeki Görevi	Proje No	Proje Adı	Proje Durumu	Katılım / Ayrılış Tarihi	Proje Başlangıç/Bitiş Tarihi
1002 - Hızlı Destek	Yürütücü	125S042	Skafolat Instabilite Tanılı Hastalarda Nöromuskuler Elektrik Stimulasyonu ile Kombine Yapılan Egzersiz Eğitiminin Kas Kuwetli, Propriozeptif Duyu, Reaksiyon Zamanı ve Fonksiyonelliğe Etkisi	Yürürükte	K:28/08/2025 A:	28/08/2025 28/08/2026

Showing 1 to 1 of 1 entry

EK 2. Etik Kurul Kararı

Tarih ve Sayı: 02.05.2024-2543208

İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU KARAR FORMU

ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU
	AÇIK ADRESİ:	İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ - FATİH/İSTANBUL
	TELEFON	0 (212) 414 21 53
	FAKS	0 (212) 414 21 53
	E-POSTA	itifetikkurul@istanbul.edu.tr.

BAŞVURU BİLGİLERİ	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	"Skafolunat İnstabilite Tanılı Hastalarda Nöromuskuler Elektrik Stimulasyonu İle Kombine Yapılan Egzersiz Eğitiminin Kas Kuvveti, Propriyoseptif Duyu, Reaksiyon Zamanı ve Fonksiyonelliğe Etkisi"			
	ARAŞTIRMA PROTOKOL KODU	---			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Danışman Prof. Dr. Semra TOPUZ Sorumlu Araştırmacı Dr. Öğrt. Üyesi Ömer AYIK			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Fizyoterapi ve Rehabilitasyon, Ortopedi ve Travmatoloji,			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Hacettepe Üniversitesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Fakültesi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı			
	DESTEKLEYİCİ	TÜBİTAK			
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ	---			
	ARAŞTIRMANIN FAZI	FAZ 1	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 2	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 3	<input type="checkbox"/>		
FAZ 4		<input type="checkbox"/>			
ARAŞTIRMANIN TÜRÜ	Yeni Bir Endikasyon	<input type="checkbox"/>			
	Yüksek Doz Araştırması	<input type="checkbox"/>			
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	Diğer ise belirtiniz :				
	TEK MERKEZ	ÇOK MERKEZLİ	ULUSAL	ULUSLAR ARASI	
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Sayfa 1

Tarih ve Sayı: 02.05.2024-2543208

İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	"Skafolunat İnstabilite Tanılı Hastalarda Nöromuskuler Elektrik Stimulasyonu İle Kombine Yapılan Egzersiz Eğitiminin Kas Kuvveti, Propriyoseptif Duyu, Reaksiyon Zamanı ve Fonksiyonelliğe Etkisi"
-----------------------	--

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili		
		ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	12.03.2024		Türkçe <input checked="" type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	<input checked="" type="checkbox"/>		Türkçe <input checked="" type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
	OLGU RAPOR FORMU	<input type="checkbox"/>		Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ	<input type="checkbox"/>		Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama				
	TÜRKÇE ETİKET ÖRNEĞİ	<input type="checkbox"/>				
	SİGORTA	<input type="checkbox"/>				
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	<input checked="" type="checkbox"/>				
	BİYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	<input type="checkbox"/>				
	HASTA KARTI/GÜNLÜKLERİ	<input type="checkbox"/>				
	İLAN	<input type="checkbox"/>				
	YILLIK BİLDİRİM	<input type="checkbox"/>				
	SONUÇ RAPORU	<input type="checkbox"/>				
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	<input type="checkbox"/>				
KARAR BİLGİLERİ	Karar No: 06	Tarih: 22/03/2024				
	Prof. Dr. Semra TOPUZ' un danışmanlığında, Dr. Öğrt. Üyesi Ömer AYIK ' ın sorumlu araştırmacılığında ve Üzm. Fzt. Arzu DAĞ' ın yürüteceği yukarıda bilgileri verilen araştırma başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın gereke, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş, gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplanıya katılan Etik Kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir					

İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU

ÇALIŞMA ESASI		Beyeri Tıbbi Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, Tıbbi Cihaz Klinik Araştırmaları Yönetmeliği, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu							
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:		Prof. Dr. A. Yağız ÜRESİN							
Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile İlişki *		Katılım **	İmza	
Prof. Dr. A. Yağız ÜRESİN	Farmakoloji ve Klinik Farmakoloji	İstanbul Tıp Fakültesi (Etik Kurul Başkanı)	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	e-İmza
Prof. Dr. Berrin UMMAN	Kardiyoloji	İstanbul Tıp Fakültesi (Etik Kurul Başkan Yardımcısı)	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	e-İmza
Prof. Dr. Ahmet GÜL	Romatoloji	İstanbul Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	e-İmza
Prof. Dr. Fatma Aytül UYAR	Fizyoloji	İstanbul Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	e-İmza

Yönetmelik kapsamı dışında kalan araştırmalar ise Etik Kurul bünyesinde oluşturulmuş 4 kişilik alt komisyon tarafından değerlendirilmekte olup Sağlık Bakanlığı iznine tabi değildir.
*Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında çalışmaya katılan gönüllülerin verilerinin korunması ile ilgili tedbirleri almak Araştırmacının sorumluluğundadır"

Sayfa 2

EK 3. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU ÖRNEĞİ (BGOF)

Sizi Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD tarafından yürütülen “**Skafolunat İnstabilite Tanılı Hastalarda Nöromusküler Elektrik Stimulasyonu ile Kombine Yapılan Egzersiz Eğitiminin Kas Kuvveti, Propriyoseptif Duyu, Reaksiyon Zamanı ve Fonksiyonelliğe Etkisi**” başlıklı araştırmaya davet ediyoruz. Bu araştırmanın amacı, skafolunat instabilite tanılı bireylerde nöromusküler elektrik stimulasyonu ile kombine yapılan egzersiz eğitiminin tek başına yapılan egzersiz eğitimine kıyasla kas kuvveti, propriyoseptif duyu, reaksiyon zamanı ve fonksiyonelliğe etkisinin araştırılmasıdır.

Skafolunat instabilite en sık görülen karpal instabilitedir. Bu instabilite tedavi edilmediğinde, karpal kemikler arasındaki mekanik ilişki kalıcı olarak bozulur ve radyokarpal ve midkarpal eklemlerde ilerleyici dejeneratif değişiklikler ile sonuçlanır. Bu dejeneratif değişiklikler skafolunat aşırı çökme görülebilir ve el bilek osteoartritinin en sık sebebidir. SL instabilitede ekstansiyon ve ulnar deviasyondaki elin üzerine düşme tipik olarak yaralanma mekanizmasını oluşturmaktadır. İnstabilite nedeni ile meydana gelen çeşitli semptomlardan biri olan ağrı sonucu hareket yeteneğinde azalma ve kuvvet kaybı yaşanmaktadır. Ağrıya bağlı hareket yeteneğindeki azalma, yaşanan kuvvet kaybı elin reaksiyon zamanı ve fonksiyonelliğindeki azalmalar bireylerin günlük yaşam aktivitelerini ve yaşam kalitesini etkilemektedir.

Uygulanacak olan rehabilitasyon programı içeriğindeki egzersizler ve/veya Nöromusküler elektrik stimülasyonu ile hareket açıklığını arttırmak, reaksiyon zamanı artırmak ve kuvvet kazanımı için kullanılan egzersizlerdir ve bu çalışmada karşılaşabileceğiniz herhangi bir zarar veya risk yoktur. El bileği eklemizin hareket açıklığı gonyometre ile ölçülerek değerlendirilecektir. Ağrı şiddeti Vizüel Analog Skala ile değerlendirilecektir. El bileği bölgesinde hissettiğiniz ağrının şiddetini; istirahatte, aktivite sırasında ve gece için sayısal olarak ifade etmeniz istenecektir. El bileği kas kuvvetiniz Cybex izokinetik cihazı ve Jamar® el dinometresi ile değerlendirilecektir. El bileğinizin eklem pozisyon hissi izokinetik cihazı ve

ACUMAR cihazı ile, ağırlık aktarma baskül ile, reaksiyon zamanı hızının ise BlazePod cihazı ile değerlendirilecektir. Yine Hızlı Kol, Omuz ve El Sorunları Anketi (Quick DASH), Modifiye Mayo El Bilek Skoru, Hasta Bazlı El Bileği/El Değerlendirme Ölçeği (PRWHE), El20 Anketi ve KF-12 Sağlık Taraması tedavi öncesi ve tedavi bitiminde değerlendirme amacıyla kullanılacaktır. İlk değerlendirmenin ardından egzersiz programı (tedavi programı) 8 hafta, haftada 3 gün olmak üzere 12 seans uygulanacaktır. Tedaviden hemen sonra tüm ölçümler tekrarlanacaktır. Değerlendirmelerin 90 dakika, her tedavi seansının yaklaşık 60-90 dk süreceği bir tedavi programı uygulanacaktır. Bu çalışmada yer almanız için öngörülen süre 8 haftadır.

Bu çalışmaya katılmak tamamen **gönüllülük** esasına dayanmaktadır. Çalışmanın amacına ulaşması için sizden beklenen, çalışma sırasında araştırmacının verdiği talimatları takip etmek ve size öğretilen ev egzersizlerini düzenli olarak uygulamak sizin sorumluluklarınızdır. Bu formu okuyup onaylamanız, araştırmaya katılmayı kabul ettiğiniz anlamına gelecektir. Ancak, çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmayı bırakma hakkına da sahiptir. Araştırma için yapılacak harcamalarla ilgili herhangi bir parasal sorumluluk altında kalmanız söz konusu değildir. Ayrıca çalışmaya katılımınızdan dolayı size herhangi bir ödeme yapılmayacaktır. Bu çalışmadan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacak olup kişisel bilgileriniz **gizli tutulacaktır**; ancak verileriniz yayın amacı ile kullanılabilir.

İletişim bilgileriniz ise sadece izninize bağlı olarak ve farklı araştırmacıların sizinle iletişime geçebilmesi için “ortak katılımcı havuzuna” aktarılabilir. Eğer araştırmanın amacı ile ilgili verilen bu bilgiler dışında şimdi veya sonra daha fazla bilgiye ihtiyaç duyarsanız araştırmacı **Uzm. Fzt. Arzu DAĞ’a** şimdi sorabilir veya *******@hotmail.com** e-posta adresi ve **0 5** *** ** **** numaralı telefondan ulaşabilirsiniz.

Yukarıda yer alan ve araştırmadan önce katılımcıya verilmesi gereken bilgileri okudum ve katılmam istenen çalışmanın kapsamını ve amacını, gönüllü olarak üzerime düşen sorumlulukları anladım. Çalışma hakkında yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen araştırmacı tarafından yapıldı. Bana, çalışmanın muhtemel riskleri ve faydaları sözlü olarak da anlatıldı. Kişisel bilgilerimin özenle korunacağı konusunda yeterli güven verildi.

Bu koşullarda söz konusu araştırmaya kendi isteğimle, hiçbir baskı ve telkin olmaksızın katılmayı kabul ediyorum.

Katılımcının:

Adı-Soyadı:

Tarih:

İletişim Bilgileri:

e-posta:

Telefon:

İletişim bilgilerimin diğer araştırmacıların benimle iletişime geçebilmesi için “ortak araştırma havuzuna” aktarılmasını:

kabul ediyorum kabul etmiyorum (lütfen uygun seçeneği işaretleyniz)

İmzası:

Araştırmacının:

Adı-Soyadı: Uzm. Fzt. Arzu DAĞ

İmzası:

EK 4. Hasta Takip Formu

HASTA DEĞERLENDİRME FORMU

Tanı:		
Katılımcı kodu	Tel:	Tarih:
Cinsiyet:	Yaş:	
Boy:	Kilo:	VKİ:
Dominant El:	Yaralanan El:	
Meslek:		
Şikâyet:		
Hikâye:	Travma Öyküsü Var <input type="checkbox"/> Yok: <input type="checkbox"/>	Kümülatif Travma Öyküsü Var <input type="checkbox"/> Yok <input type="checkbox"/>
El Kullanımı:	Gün/Saat	Aktivite Tipi:
Elle İlgili Bir İşe Başladıktan Ne Kadar Sonra Ağrı Başlıyor?		
Ağrı Oluştuktan Sonra Daha Ne Kadar Aktiviteye Devam Edebiliyor?		

Radyolojik Değerlendirme:		
MRI:	US:	BT:

Ağrı Değerlendirme:		
Vas İstirahat:	0	10
Vas Aktivite:	0	10
Vas Egzersiz:	0	10

El Bileği Normal Eklem Hareket Açıklığı (Gonyometre)		
	Sağ	Sol
Fleksiyon		
Ekstansiyon		
Ulnar Deviyasyon		
Radyal Deviyasyon		

Ağırlık Aktarma (Kg) (AAK)					
Sağ			Sol		
1.	2.	3.	1.	2.	3.
Sağ Ort:			Sol Ort:		

El Kavrama Kuvveti Değerlendirmesi (Jamar® Hand Held Dinometre)					
Sağ			Sol		
1.	2.	3.	1.	2.	3.
Sağ Ort:			Sol Ort:		

El Bileği Propriosepsiyon Ölçümleri (Acumar)									
Sağ					Sol				
30° ekstansiyon			30° fleksiyon		30° ekstansiyon			30° fleksiyon	

El Bileği Propriosepsiyon Ölçümleri (Cybex)									
Sağ					Sol				
30° ekstansiyon			30° fleksiyon		30° ekstansiyon			30° fleksiyon	

El Bileği İzokinetik Ölçümleri (Cybex)							
İzokinetik Con/Con	Extensors (Con)			Flexors (Con)			Ratio
	Value	Cof Var	%BW	Value	Cof Var	%BW	
Speed 60/60 d/s 4 Repts							
Peak Torque (Newton-Meters-Average Value)							
Right							
Left							
Deficit							
Work per Repetition (Newton-Meters-Average Value)							
Right							
Left							
Deficit							
Range of Motion (Degrees)							
Right							
Left							
İzokinetik Con/Con	Extensors (Con)			Flexors (Con)			Ratio
	Value	Cof Var	%BW	Value	Cof Var	%BW	
Speed 90/90 d/s 15 Repts							
Initial Peak Torque (Newton-Meters-Average Value)							
Right							
Left							
Deficit							
Fatigue Index							
Right							
Left							
Total Work Done (Newton-Meters)							
Right							
Left							
Deficit							

Reaksiyon Zamanı Ölçümleri (Blazepod)						
	Sağ			Sol		
	1	2	3	1	2	3
Söndürülen led sayısı (adet)						
Birim söndürme süresi (msn)						
Kaçırılan led sayısı (adet)						

QUICK-DASH ANKETİ

Lütfen son hafta içindeki aşağıdaki etkinlikleri yapma yeteneğinizi uygun cevabın altındaki numarayı daire içine alarak sıralayınız.

	Zorluk Yok	Hafif Derecede Zorluk	Orta Derecede Zorluk	Aşırı Zorluk	Hiç Yapmadı
1-Sıkı kapatılmış ya da yeni bir kavanozu açmak	1	2	3	4	5
2-Ağır ev işleri yapmak duvar silmek, yer silmek, tamirat yapmak vs.)	1	2	3	4	5
3-Alışveriş çantası ya da evrak çantası taşımak	1	2	3	4	5
4-Sırtını yıkamak.	1	2	3	4	5
5-Yiyecekleri kesmek için bıçak kullanmak	1	2	3	4	5
6-Kolunuzdan, omzunuzdan veya elinizden güç aldığımız veya darbe vurduğunuz eğlenceye yönelik etkinlikler (önünüzde yerde bulunan bir konserve kutusu veya küçük bir taş iki elinizle kavradığımız bir sopayla yandan vurmak, tenis oynamak, pinpon oynamak)	1	2	3	4	5
	Engel yok	Az engel	Orta derecede	Bir hayli	Aşırı
7-Son hafta süresince kol omuz ya da el probleminiz aile arkadaşlar, komşular veya gruplarla normal sosyal etkinliklerinize ne ölçüde engel oldu?	1	2	3	4	5
	Hiç kısıtlanmadım	Hafif derecede kısıtlı	Orta derece kısıtlı	Çok kısıtlı	Hiç yapamadım
8-Son hafta süresince kol omuz ya da el sorununuz nedeniyle işinizde ya da diğer günlük etkinliklerde kısıtlandınız mı?	1	2	3	4	5
	Yok	Hafif	Orta derecede	Bir hayli	Aşırı
9-Geçen hafta içerisinde olan el, omuz ya da kol ağrınızı işaretleyiniz	1	2	3	4	5
10- Geçen hafta içerisinde olan el, omuz yada kolunuzdaki karıncalanma (iğnelenme) yoğunluğunu işaretleyiniz.	1	2	3	4	5
11-Geçen hafta içinde el, omuz ya da kol ağrınız nedeniyle uyumada ne kadar zorlandınız	1	2	3	4	5
HIZLI DASH DİSABİLİTİY/SEMPATOM SKORU: $((n \text{ toplam puanı}/n)-1) \times 25$; n cevaplanmış soru sayısını göstermektedir, Eğer bir taneden fazla cevaplanmamış soru varsa Hızlı DASH skoru hesaplanamaz.					

12) Kişisel bakımla ilgili işler (giyinme, yıkanma)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13) Ev işleri (temizlik, tamir- bakım)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14) İş hayatı (çalışmakta olduğunuz işyerindeki işler veya her gün yaptığınız işler)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

15) Eğlence- dinlenme aktiviteleri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Görünüm – İsteğe Bağlı										
Elinizin görünümünü ne kadar önemli?	Çok			Biraz			Hiç önemli değil			
	Rahatsızlığım yok Çok rahatsızım									
Son bir hafta içinde el bileği/elinizin görünümünden ne kadar rahatsız olduğunuzu derecelendiriniz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eklemek istediğiniz başka bir konu var mıdır?										

**MODİFİYE MAYO EL BİLEK SKORU
(MMWS, THE MODİFİED MAYO WRİST SCORE)**

Bölüm 1 - Ağrı Şiddeti			
• Yok	25		
• Hafif, nadiren	20		
• Orta, dayanabilir	15		
• Şiddetli, dayanamaz	0		
Bölüm 2 - İşlevsel Durum			
• Normal işine geri döndü	25		
• Kısıtlamalı çalışabiliyor	20		
• Çalışabilir fakat boşta	15		
• Ağrı nedeni ile çalışmıyor	0		
Bölüm 3 (3a veya 3b'den birini seçin)			
Bölüm 3a - Hareket açıklığı (Normal tarafa oranla)	Bölüm 3b - Sadece problemlili taraf muayenesi		
• 100 %	25	• 120 dereceden fazla	25
• 75-99 %	15	• 90-120 derece	15
• 50-74 %	10	• 60-90 derece	10
• 25-49 %	5	• 30-60 derece	5
• 0-24 %	0	• 30 dereceden az	0
Bölüm 4 - Kavrama gücü (normal tarafa göre %)			
• 100 %	25		
• 75-100 %	15		
• 50-75 %	10		
• 25-50 %	5		
• 0-25 %	0		

EL 20 ANKETİ

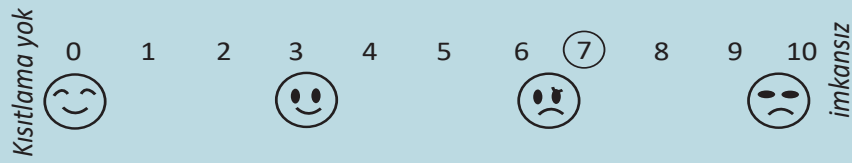
El 20 Anketi

Bu anket, bazı aktivitelerinizi gerçekleştirme kabiliyetinizi belirlemek içindir. Lütfen her bir soruya geçen haftaki durumunuza göre tek bir cevap verin. Her soruya metni tamamlayan bir görsel eşlik etmektedir.

Soruları cevaplamak için kademeli 10 seviyesi olan bir ölçek mevcuttur. Geçen haftaki kişisel durumunuzu en uygun tanımlayan noktayı belirlemek için uygun sayıyı daire içine alın. Eğer o işi herhangi bir zorluk olmadan yapabiliyorsanız veya herhangi bir belirtiniz yoksa çizginin en solunu işaretleyin. Eğer işi yapamıyorsanız en sağını işaretleyin. Eğer şu anki kabiliyet düzeyiniz bu düzeyler arasında olduğunu hissediyorsanız uygun olanı işaretleyin.

Eğer geçen hafta bir aktiviteyi yapma fırsatınız olmadı ise lütfen o işi şu an nasıl yapacağınızı en doğru şekilde tahmin edin.

Aşağıda örnek bir cevap vardır. Bu örnekte çizgide işaretlenmiş cevap, işi epey zorlukla gerçekleştirdiğiniz anlamına gelir. (Kabiliyet normalden %30'a düşmüştür)



İsim:

Yaş:







Cinsiyet: E/K





El tercihi: Sağ/ Sol






Tarih:

Sayı:

	Sorular	Sizin Durumunuzu En İyi Tanımlayan Puanı İşaretleyin.
1	Yüzünüzü iki elle yıkamak.	<p>Kısıtlama yok</p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p>imkansız</p>
2	İki elinizin 10 tırnağının hepsini düzgün bir şekilde kesmek. (tırnak makası kullanarak)	<p>Kısıtlama yok</p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p>imkansız</p>
3	Gömleğinizin düğmelerini iki elle iliklemek.	<p>Kısıtlama yok</p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p>imkansız</p>
4	Cüzdanınızdan etkilenmiş elle bozuk para çıkarmak.	<p>Kısıtlama yok</p> <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p>imkansız</p>

5	Musluğu etkilenmiş elle açmak/kapatmak		Kısıtlama yok 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız
6	Süt kutusunu iki elle açmak		Kısıtlama yok 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız
7	Pet şişeyi açmak.		Kısıtlama yok 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız
8	Bir havluyu rulo yapmak ve iyice sıkmak		Kısıtlama yok 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız
9	Bıçak kullanarak elma soymak		Kısıtlama yok 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız
10	Etkilenmiş elle kapı kolunu çevirmek ve ağır bir kapıyı açmak.		Kısıtlama yok 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız

	Sorular		Sizin Durumunuzu En İyi Tanımlayan Puanı İşaretleyin.
1	Ağır bir cismi iki elle kaldırıp baş üstü bir rafa koymak. (yaklaşık 5 kg.)		Kısıtlama yok 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız
2	Islak çamaşırları mandalla askıya asmak		Kısıtlama yok 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız
3	Saçınızı iki elle yıkamak.		Kısıtlama yok 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız
4	Bir gazetenin sayfalarını etkilenmiş elle çevirmek.		Kısıtlama yok 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız

5	Elle yapılan işi çok zorlamadan yapmak.		Kısıtlama yok 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız
6	Görüntüsü nedeniyle etkilenmiş elinizi insanlara göstermekte tereddüt ediyor musunuz?		Kısıtlama yok 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız
7	Serbest zaman aktivitelerinde zorluk yaşıyor musunuz? (resim, örgü, spor)		Kısıtlama yok 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız
8	Günlük yaşam aktivitelerinde zorluk yaşıyor musunuz?		Kısıtlama yok 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız
9	Etkilenmiş elinizde ne kadar ağrınız var?		Kısıtlama yok 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız
10	Etkilenmiş eliniz nedeniyle özgüveninizin azaldığını hissediyor musunuz?		Kısıtlama yok 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 imkansız

SF-12 (Kısa Form 12)

Katılımcı Adı Soyadı: _____ Tarih: ____/____/____

Bu soru formu size sağlığınıza ilgili görüşlerinizi sormaktadır. Aşağıdaki her soru için lütfen en uygun cevabın karşısındaki kutuyu işaretleyin.

1 Genel olarak sağlığınız için aşağıdakilerden hangisini söyleyebilirsiniz?

Mükemmel	Çok iyi	İyi	Orta	Kötü
<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅

2 Aşağıdaki sorular normal olarak gün içinde yapabileceğiniz faaliyetlerdir. Şu sıralar sağlığınız sizi bu faaliyetler bakımından kısıtlıyor mu? Kısıtlıyorsa, ne kadar?

	Evet, oldukça kısıtlıyor	Evet, biraz kısıtlıyor	Hayır, hiç kısıtlamıyor
a. Orta zorlukta faaliyetler (ör. masa kaldırmak, süpürmek ya da bisiklete binme, yürüme gibi hafif spor yapmak)	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃
b. Birkaç kat merdiven çıkmak	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃

3 Geçtiğimiz 4 hafta boyunca, işinizde veya diğer günlük faaliyetlerinizde, bedensel sağlığınız nedeniyle aşağıdaki sorunların herhangi biriyle ne sıklıkta karşılaştınız?

	Her zaman	Çoğu zaman	Bazen	Seyrek olarak	Hiçbir zaman
a. Yapmak istediğinizden daha azını yapabilmek;	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅
b. Yapabildiğiniz iş türünde ya da diğer faaliyetlerde kısıtlanmak;	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅

4 Geçtiğimiz 4 hafta boyunca, işinizde veya diğer günlük faaliyetlerinizde, duygusal problemler nedeniyle aşağıdaki sorunların herhangi biriyle ne sıklıkta karşılaştınız (bunalım veya fazla heyecan hissetmek gibi)?

	Her zaman	Çoğu zaman	Bazen	Seyrek olarak	Hiçbir zaman
a. Yapmak istediğinizden daha azını yapabilmek	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅
b. İş ya da diğer uğraşları her zamanki gibi dikkatlice yapamamak	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅

5 Geçtiğimiz 4 hafta boyunca, ağrı normal işinize (ev dışında ve ev içinde) ne kadar engel oldu?

	Hiç olmadı	Çok az	Orta derecede	Epey	Çok fazla
	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅

6 Aşağıdaki sorular geçtiğimiz 4 hafta boyunca kendinizi nasıl hissettiğinizle ve işlerin sizin için nasıl gittiğiyle ilgilidir. Lütfen, her soru için nasıl hissettiğinize en yakın olan cevabı verin. Geçtiğimiz 4 hafta içinde ne sıklıkla.

	Her zaman	Çoğu zaman	Bazen	Seyrek olarak	Hiçbir zaman
a. Sakin ve huzurlu hissettiniz?	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅
b. Çok enerjiniz oldu?	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅
c. Çökkün ve kederli oldunuz?	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅

7 Geçtiğimiz 4 hafta boyunca, bedensel sağlığınız ya da duygusal problemleriniz, ne sıklıkla sosyal faaliyetlerinize (arkadaş, akraba ziyareti gibi) engel oldu?

	Her zaman	Çoğu zaman	Bazen	Seyrek olarak	Hiçbir zaman
	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄	<input type="checkbox"/> ₅

EK 5. Tez Çalışması ile İlgili Bildiriler

1.

Dear Arzu Dağ,

On behalf of the International Congress on Physiotherapy organization committee, we are pleased to invite "Mrs Arzu Dağ" 2nd International Congress on Physiotherapy (ICPTT) between 3-5 October 2024 in Alexandroupoli, Greece.

Main topics of the congress are Telerehabilitation, Robotic Rehabilitation, Exergaming, Sensor-based Devices, Movement Analysis, Wearable Technology, Image Processing, Electronic Medical Records, Exercise Technology, Electrophysical Agents, Mobile-Health, Virtual Rehabilitation, Assistive Technology, 3D printing, etc. We aimed to bring experts from different fields (physiotherapists, medical doctors, computer/electrical-electronics/mechatronics/software engineers, industrial designer, etc) for the second time to organize more effective and useful use of technological developments in rehabilitation.

The abstract you sent to the congress has been accepted to be presented at the congress. We are delighted to formally invite the person named below to attend the congress:

First Name : Arzu
Last Name : DAĞ
Presentation Number: OP-52
Presentation Title: "SCAPHOLUNATE INSTABILITY: COMPARATIVE ANALYSIS OF WRIST MUSCLE STRENGTH AND REACTION TIME"
Presentation Type: Oral
Presentation Time: 3th October 2024 – 17:15-17:20



The study will be presented as an oral presentation for 5 minutes.

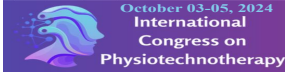
The purpose of its visit is to attend the 2nd International Congress on Physiotherapy (ICPTT) from 3 to 5 October, 2024.

Mrs Arzu Dağ's participation is compulsory as a presenting author of an/several abstract(s). We look forward to greeting Mrs Arzu Dağ in Alexandroupoli, Greece.


You can find detailed information about congress at the website (<https://physiotherapy.com>). We can provide you with any additional information if you require.

Kind Regards,
 Sibel AKSU YILDIRIM, PT, PhD, Prof.
 ICPTT Congress President



PRESENTATIONS



SCAPHOLUNATE INSTABILITY: COMPARATIVE ANALYSIS OF WRIST MUSCLE STRENGTH AND REACTION TIME

Arzu DAĞ^{1,2}, Ömer Ayık³, Tüzün FIRAT¹, Orhun AYAN⁴, İsmail Bülent ÖZÇELİK⁵, Türker ŞAHINKAYA⁴, Bülent BAYRAKTAR⁴, Semra TOPUZ¹

¹ Faculty of Physical Therapy and Rehabilitation, Hacettepe University, Ankara, Turkey
² Department of Physiotherapy and Rehabilitation, Faculty of Health Science, Istanbul Yeni Yuzyil University, Istanbul, Turkey
³ Department of Orthopedics and Traumatology, Istanbul University, Istanbul Faculty of Medicine, Istanbul, Turkey
⁴ Department of Sports Medicine, Istanbul Faculty of Medicine, Istanbul University, Istanbul, Turkey.
⁵ Department of Hand and Reconstructive Microsurgery, Istanbul Yeni Yuzyil University Gaziosmanpaşa Hospital, Istanbul, Türkiye

Purpose: This study aims to investigate wrist flexor and extensor isokinetic muscle strength and reaction time in scapholunate instability (SLI), as no studies have measured these factors before.

Methods: Fifteen patients (12 females, 3 males; mean age was 35.33±9.03 years) with SLI were included. Flexors-extensors isokinetic muscle strengths (peak torque and work per-repetition) and endurance (total work done) was measured using isokinetic dynamometer and were compared with those of healthy extremity. Hand reaction time was assessed with Blazepod-Trainer-Device.

Results: All parameters were lower in the affected wrist compared to the contralateral wrist. Extensor muscles were significantly weaker than flexor muscles of affected sides, with significant differences in muscle strength (p=0.03), work per repetition (p=0.01) and endurance (p=0.006). No significant differences were found in muscle strength and work-per repetition values of flexors or extensors between the affected and healthy sides (p>0.05). However, significant differences were observed in the endurance of flexor muscles when comparing the involved and unaffected sides. The endurance of the extensor muscles was also statistically significant between involved and unaffected wrists. There were no significant differences in reaction time between the involved side and unaffected side.

Conclusions: This study especially highlights the differences in isokinetic muscle strength, and endurance parameters in individuals with SLI. These findings will guide clinical practices and contribute to the development of appropriate treatment plans, suggesting the need for including more participants in future research.

Keywords: Scapholunate Instability, Carpal Instability, Isokinetic Muscle Strength Test, Reaction Time

23

2.



A-0064 The Effectiveness of NMES-Integrated Therapy in Scapholunate Ligament Injuries – A Randomized Controlled Trial

Arzu Dağ^{1,2}, Ömer Ayık³, Tüzün Fırat⁴, Türker Şahinkaya⁵, Semra Topuz⁶

¹ Department of Physiotherapy and Rehabilitation, Faculty of Health Science, Istanbul Yeni Yüzyıl University, Istanbul, Türkiye; ² Department of Physical Therapy and Rehabilitation, Institute of Health Science, Hacettepe University, Ankara, Türkiye; ³ Department of Orthopedics and Traumatology, Istanbul Faculty of Medicine, Istanbul University, Istanbul, Türkiye; ⁴ Faculty of Physical Therapy and Rehabilitation, Hacettepe University, Ankara, Türkiye; ⁵ Department of Sports Medicine, Istanbul Faculty of Medicine, Istanbul University, Istanbul, Türkiye; ⁶ Faculty of Physical Therapy and Rehabilitation, Movement Analysis Laboratory, Hacettepe University, Ankara, Türkiye

Presenter: Arzu Dağ

Dear Colleague,

We would like to thank you for your application to present your valuable work at the FESSH 2026 Congress. The scientific committee has now finished reviewing more than 1000 free paper submissions, whereas each abstract was reviewed by three different reviewers.

We are pleased to inform you that your abstract has been accepted for **ORAL PRESENTATION**. Congratulations on your successful submission!

PRESENTATION SCHEDULE

The schedule of the scientific program will be available from **10 February 2026**.

You will be notified about the exact timing of your presentation in an other email, along with presentation instructions.

PRESENTER REGISTRATION

Please note that it is mandatory for all presenters to register for the congress by **20 April 2026**. Any presentation without a registered presenter by this date will be removed from the program.

ONLINE REGISTRATION

Online registration is launched on the congress website.

EK 6. Tez Çalışması ile İlgili Yayınlar

Dağ et al. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation* (2026) 18:12
<https://doi.org/10.1186/s13102-025-01452-4>

BMC Sports Science, Medicine
and Rehabilitation

RESEARCH

Open Access



The effectiveness of NMES-integrated therapy in scapholunate ligament injuries - a randomized controlled trial

Arzu Dağ^{1,2*}, Ömer Ayık³, Tüzün Fırat⁴, Türker Şahinkaya⁵ and Semra Topuz⁶

Abstract

Background and purpose Recent investigations into carpal biomechanical and ligamentous properties associated with dynamic scapholunate (SL) instability have contributed to the development of conservative treatment approaches. The aim of this study was to investigate the impact of isolated neuromuscular electrical stimulation (NMES) training of the forearm muscles combined with structured exercise training on weight bearing, muscle strength, proprioceptive sensation and upper limb functionality in individuals diagnosed with SL instability.

Methods This randomized, single-blind, controlled study included 30 patients (26 females / 4 males) aged between 18 and 50 years, who had been diagnosed with SL instability. The patients were randomly assigned to one of two groups: the Exercise Group (EG), who received an exercise program alone, and the Neuromuscular Electrical Stimulation Group (NMESG), who received NMES in addition to the same exercise program. The NMES protocol was applied three days a week for eight weeks, with 15 min each for the abductor pollicis longus, flexor carpi radialis, extensor carpi radialis longus, and extensor carpi radialis brevis muscles, for a total of 60 min. Each patient also exercised daily at home throughout the eight-week period. Exercise training was prescribed seven days per week. On clinic days, one supervised session was completed in the clinic, followed by two additional unsupervised home-based sessions later the same day. On non-clinic days, patients performed three unsupervised home sessions each day. The primary outcome measure was upper extremity disability, assessed using the QuickDASH questionnaire. The secondary outcome measures included activity-related pain (assessed using the Visual Analog Scale during activity (VAS-a)), wrist range of motion (ROM), the weight-bearing tolerance test (WBT), isokinetic muscle performance, grip strength, and proprioceptive sense. Pain was evaluated five times in total: at baseline and every two weeks thereafter. All the other assessments were performed twice: at baseline and at the end of the 8th week.

Results Significant improvements from before to after the intervention were observed in all parameters in both groups ($p < 0.001$). Statistically significant improvements were observed in the NMESG compared to the EG in terms of QuickDASH scores, VAS-a, WBT, and endurance in flexion ($p < 0.005$). Decreases in pain levels during activity were more pronounced in the NMESG from baseline to the 2nd, 4th, and 8th weeks of follow-up ($p < 0.05$).

*Correspondence:

Arzu Dağ
arzu.dag@yeniuyuzil.edu.tr

Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s) 2025. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License, which permits any non-commercial use, sharing, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if you modified the licensed material. You do not have permission under this licence to share adapted material derived from this article or parts of it. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.

EK 7. Orijinallik Raporu Ekran Çıktısı

SKAFOLUNAT İNSTABİLİTE TANILI HASTALARDA
NÖROMUSKÜLER ELEKTRİK STİMULASYONU İLE KOMBİNE
YAPILAN EGZERSİZ EĞİTİMİNİN KAS KUVVETİ, PROPRIÖSEPTİF
DUYU, REAKSİYON ZAMANI VE FONKSİYONELLİĞE ETKİSİ

ORJİNALLİK RAPORU

%9	%5	%7	%2
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	Arzu Dağ, Ömer Ayık, Tüzün Fırat, Türker Şahinkaya, Semra Topuz. "The effectiveness of NMES-integrated therapy in scapholunate ligament injuries - a randomized controlled trial", BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation, 2025 Yayın	%2
2	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	%1
3	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBİTAK) Öğrenci Ödevi	<%1
4	Mete, Emel. "İnme Hastalarında Eşik Değerinde Elektrik Stimulasyonu ile Beraber Uygulanan Modifiye Kısıtlayıcı Zorunlu Hareket Tedavisinin Etkinliği", Marmara Üniversitesi (Turkey), 2024 Yayın	<%1
5	docplayer.biz.tr İnternet Kaynağı	<%1
6	openaccess.hacettepe.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
7	Torlakcik, Metehan. "Myofasiyal Gevsetme Tekniginin Hemiplejik üst Ekstremitede	<%1

EK 8. Dijital Makbuz



Dijital Makbuz

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen: Arzu Dağ
 Ödev başlığı: Skafolunat İnstabilite Tanılı Hastalarda Nöromusküler Elektrik ...
 Gönderi Başlığı: SKAFOLUNAT İNSTABİLİTE TANILI HASTALARDA NÖROMUSKÜ...
 Dosya adı: 04.02._ARZU_DA_DOKTORA_TEZ_REV_ZE.docx
 Dosya boyutu: 19.88M
 Sayfa sayısı: 98
 Kelime sayısı: 23,278
 Karakter sayısı: 165,711
 Gönderim Tarihi: 04-Şub-2026 01:34ÖS (UTC+0300)
 Gönderim Numarası: 2870899034



9. ÖZGEÇMİŞ