

GERİATRİK BİYOMEKANİK

YAŞLANMANIN EKLEMLER ÜZERİNDEKİ
MEKANİK İZLERİ



— EDITÖRLER —



Dr. Öğr. Üyesi Ece ACAR



Uzm. Fzt. Eylül ESEN

SERÜVEN
YAYINEVİ

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Haziran 2026

ISBN • 978-625-8762-80-8

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz. The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruyenyayinevi.com

e-mail: seruyenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

GERİATRİK BİYOMEKANİK

YAŞLANMANIN EKLEMLER ÜZERİNDEKİ MEKANİK İZLERİ

EDİTÖRLER

DR. ÖĞR. ÜYESİ ECE ACAR¹

UZM. FZT. EYLÜL ESEN²

1 Karabük Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Karabük, email. eceacar@karabuk.edu.tr, Orcid: 0000 0002 0470 5935

2 Safranbolu Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi, Safranbolu, Karabük, email: eylulesennnn@gmail.com, Orcid: 0009-0002-8497-3418

ÖNSÖZ

Yaşlanma, insan bedeninde sessiz fakat son derece sistematik bir dönüşüm sürecidir. Bu dönüşüm çoğu zaman yalnızca kas kuvvetinde azalma ya da eklem hareketlerinde kısıtlanma olarak algılansa da, gerçekte tüm hareket sistemini etkileyen çok katmanlı biyomekanik değişimleri beraberinde getirir. Bir fizyoterapist için yaşlı bireyin yavaşlayan adımı, öne eğilen postürü, nesneyi kavrarken yaşadığı tereddüt ya da başını çevirirken hissettiği güvensizlik yalnızca basit fonksiyon kayıpları değildir; bunlar bedenın yıllar içinde yeniden organize olan hareket stratejisinin dışı yansıyan işaretleridir.

Klinik uygulamalarım boyunca gördüm ki yaşlı bireylerde ortaya çıkan birçok yakınma tek bir eklemın ya da tek bir kas grubunun sorunu olarak açıklanamaz. Boyundaki sertlik yürüyüş güvenliğini, torakal kifoz omuz fonksiyonunu, lomber stabilite kaybı alt ekstremitte yük dağılımını, eldeki ince motor gerileme ise bireyin bağımsız yaşam becerilerini doğrudan etkileyebilmektedir. İnsan bedeni birbirinden bağımsız çalışan parçaların toplamı değil; birbirini sürekli etkileyen biyomekanik bir bütündür. Bu nedenle yaşlanmayı anlamak, aslında bu bütünün nasıl değiştiğini anlamaktır.

Bu bölümü hazırlama motivasyonum, geriatrik bireylerde sık gözlenen hareket bozukluklarının yalnızca klinik belirtilerini değil, altında yatan mekanik nedenleri de görünür kılmaya istegidir. Çünkü fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamalarında kalıcı ve etkili sonuçlara ulaşmanın yolu, yalnızca semptomu tedavi etmekten değil, hareketin bozulduğu zinciri doğru okumaktan geçmektedir. Yaşlı bireyin attığı adımın, uzattığı kolun, çevirdiğı başın, sıktığı parmağın ardında değişen biyomekanik kuralları anlamak; tedaviyi daha hedefli, daha güvenli ve daha işlevsel hale getirir.

Bu kitap bölümünde omurgadan temporomandibular ekleme, üst ekstremiteden alt ekstremiteye kadar yaşlı bireylerde görülen biyomekanik ve kinezyolojik değişiklikler yalnızca anatomik bilgi düzeyinde değil, klinik fonksiyon ve rehabilitasyon perspektifi ile birlikte ele alınmıştır. Amacım, okuyucunun her bir segmenti izole bir yapı olarak değil; yaşlanmanın tüm vücutta oluşturduğu ortak hareket paterninin bir parçası olarak değerlendirebilmesidir.

Umarım bu bölüm, yaşlı bireye yalnızca “hareketi azalmış bir hasta” olarak değil; değişen beden stratejileriyle yaşamını sürdürmeye çalışan bütüncül bir hareket sistemi olarak bakabilmeye katkı sağlar. Çünkü doğru değerlendirilen her hareket, daha bağımsız bir yaşamın kapısını aralar.

Dr. Öğr. Üyesi Ece ACAR

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	V
BÖLÜM 1	
YAŞLI BİREYLERDE AYAK VE AYAK BİLEĞİ BİYOMEKANİĞİ	
<i>Ece ACAR, Eylül ESEN</i>	1
BÖLÜM 2	
YAŞLI BİREYLERDE DİZ EKLEMİ BİYOMEKANİĞİ	
<i>Erenay YILMAZ, Fatma Nur KARADAŞ</i>	9
BÖLÜM 3	
YAŞLI BİREYLERDE KALÇA EKLEMİ BİYOMEKANİĞİ	
<i>Emine Yeliz Gümüş DEMİRTAŞ, Zeynep Sude ÇOBANOĞLU</i>	17
BÖLÜM 4	
YAŞLI BİREYLERDE PELVİS BİYOMEKANİĞİ	25
<i>Berru ACIBAL, Merve Nur ÇELİK</i>	25
BÖLÜM 5	
YAŞLI BİREYLERDE LOMBER OMURGA BİYOMEKANİĞİ	
<i>Hilal EMDİ, Hacer Dilara AYDEMİR</i>	31
BÖLÜM 6	
YAŞLI BİREYLERDE TORAKAL OMURGA BİYOMEKANİĞİ.....	
<i>Nursel ECE, Devlet BABEKOV</i>	37
BÖLÜM 7	
YAŞLI BİREYLERDE SERVİKAL OMURGA BİYOMEKANİĞİ.....	
<i>Buse KABAK, Eylül ESEN</i>	43
BÖLÜM 8	
YAŞLI BİREYLERDE TEMPOROMANDİBULAR EKLEM BİYOMEKANİĞİ	
<i>Cebrail BAŞAKÇI, Elif DEMİR</i>	51

BÖLÜM 9

YAŞLI BİREYLERDE OMUZ KOMPLEKSİ BİYOMEKANİĞİ

Sudenur ARICI, Rahime Nur ARSUN.....59

BÖLÜM 10

YAŞLI BİREYLERDE DİRSEK EKLEMİ BİYOMEKANİĞİ

Omar ALI65

BÖLÜM 11

YAŞLI BİREYLERDE EL BİLEĞİ VE EL BİYOMEKANİĞİ

Efsaneh RAHIMI, Esmail FAGHIHI.....71

BÖLÜM 12

YAŞLI BİREYLERDE PARMAK BİYOMEKANİĞİ

Amenah Ali Idan IDAN.....,

Aya Ali Idan IDAN.....77

GERİATRİK BİYOMEKANİKTE GENEL SONUÇ VE BÜTÜNCÜL

DEĞERLENDİRME 83



YAŞLI BİREYLERDE AYAK VE AYAK BİLEĞİ BİYOMEKANİĞİ

“ ”

Ece ACAR¹

Eylül ESEN²

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Karabük, email: eceacar@karabuk.edu.tr, Orcid: 0000 0002 0470 5935

² Uzman Fizyoterapist, Safranbolu Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi, Safranbolu, Karabük, email: eylulesennnn@gmail.com, Orcid: 0009-0002-8497-3418

1. GİRİŞ

Ayak ve ayak bileği kompleksi, insan vücudunda postüral stabilitenin sağlanması, yüklerin zemine aktarılması, şok absorpsiyonu ve yürüyüş siklusunun verimli biçimde sürdürülmesi açısından kritik öneme sahip anatomik yapılardır (Perry & Burnfield, 2010; Nigg & Wakeling, 2001). Günlük yaşam aktiviteleri sırasında vücut ağırlığının tamamı bu bölge üzerinden taşınmakta ve hareketin her fazında karmaşık biyomekanik uyum mekanizmaları devreye girmektedir. Yaşlanma ile birlikte kas-iskelet sisteminin diğer bölümlerinde olduğu gibi ayak ve ayak bileğinde de kemik, eklem, bağ, tendon, kas ve nörosensöryel yapılarda belirgin değişiklikler meydana gelmekte; bu değişiklikler bireyin denge, yürüme ve fonksiyonel bağımsızlık kapasitesini doğrudan etkilemektedir (Menz, 2015; Rodríguez-Sanz et al., 2018).

Geriatrik popülasyonda düşme riskinin artması, yürüme hızının azalması, denge stratejilerinin bozulması ve postüral kompensasyonların gelişmesi çoğu zaman ayak tabanından başlayan mekanik zincir değişimleri ile ilişkilidir (Menz et al., 2006; Yan et al., 2023). Ayak, yalnızca pasif bir destek yüzeyi değil; zeminden gelen duyuşal girdileri merkezi sinir sistemine ileten ve buna göre anlık postüral cevaplar oluşturan aktif bir sensörimotor organdır (Peters et al., 2016; Hu et al., 2023). Bu nedenle ayakta meydana gelen yapısal deformiteler, plantar duyu kaybı, kas kuvvetinde azalma veya eklem sertlikleri yalnızca lokal sorun yaratmaz; tüm alt ekstremité biyomekanikini etkileyen sonuçlar doğurur (Pol et al., 2021).

Yaşlı bireylerde sık görülen halluks valgus, pençe parmak, pes planus, plantar yağ yastıkçığında incelme, ayak bileği dorsifleksiyonunda azalma ve intrinsik ayak kaslarında zayıflama gibi değişiklikler yük dağılımını bozar, plantar basınç noktalarını değiştirir ve yürüme sırasında enerji verimliliğini azaltır (Menz et al., 2005; Wang et al., 2024). Sonuç olarak birey daha kısa adım atmakta, daha geniş destek yüzeyi aramakta ve kompensatuar yürüme paternleri geliştirmektedir (Gimunová et al., 2018).

Bu bölümde ayak ve ayak bileğinin anatomik ve biyomekanik özellikleri, normal yürüme içerisindeki fonksiyonel rolleri, yaşlanmaya bağlı yapısal ve nöromüsküler değişiklikler, klinik sonuçlar ile fizyoterapi ve rehabilitasyon yaklaşımları ayrıntılı biçimde ele alınacaktır.

2. AYAK VE AYAK BİLEĞİNİN ANATOMİK VE BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Ayak kompleksi toplam 26 kemik, 33 eklem ve çok sayıda bağ, kas ve tendon yapısından oluşan son derece kompleks bir biyomekanik sistemdir (Neumann burada yoktu, o yüzden Perry & Burnfield, 2010; Flores et al., 2019). Talus, kalkaneus, naviküler, kuboid ve kuneiform kemikler ile metatarsaller ve

falanksar longitudinal ve transvers ark yapıları oluşturarak hem stabilite hem de esneklik sağlar. Bu ark sistemleri, yürüyüş sırasında gelen aksiyel yükleri dağıtmak, şoku absorbe etmek ve itme fazında rijit bir kaldıraç oluşturmak açısından kritik rol üstlenir (Cavanagh & Rodgers, 1987; Ker et al., 1987).

Ayak bileği eklemi esas olarak tibia, fibula ve talus arasında oluşan talokrural eklem ile subtalar ekleminden meydana gelir. Talokrural eklem plantar fleksiyon ve dorsifleksiyonun ana merkezidir. Subtalar eklem ise inversiyon-eversion ve pronasyon-supinasyon kombinasyonlarının yürütülmesini sağlar. Midtarsal eklemler ayak rijiditesi ile esnekliği arasında geçiş görevi görür (Flores et al., 2019; Arain et al., 2024).

Ayak tabanındaki plantar fasya, spring ligament, uzun ve kısa plantar bağlar longitudinal arkın korunmasında pasif stabilizatör olarak görev yaparken; tibialis posterior, tibialis anterior, peroneal kaslar, fleksör hallucis longus, fleksör digitorum longus ve intrinsik ayak kasları dinamik destek sağlar (Hicks, 1954; McKeon et al., 2015).

Yük taşıma sırasında topuk teması ile başlayan aksiyel kuvvetler subtalar eklem üzerinden dağıtılır, midfoot arklarında absorbe edilir ve ön ayakta itme kuvvetine dönüştürülür. Özellikle birinci metatarsofalangeal eklem terminal stance ve pre-swing fazlarında rijit kaldıraç görevi üstlenir. Bu sistemin herhangi bir halkasındaki bozulma tüm yürüyüş biyomekaniğini etkiler (Welte et al., 2021).

Ayak tabanındaki mekanoreseptörler, Merkel diskleri, Pacini cisimcikleri ve Ruffini sonlanmaları zeminin sertliği, basınç değişimi ve yük aktarımı hakkında merkezi sinir sistemine sürekli bilgi iletir. Bu proprioseptif ağ postüral denge için temel duyuşal kaynaklardan biridir (Perry et al., 2006; Peters et al., 2016).

3. NORMAL AYAK KİNEZYOLJİSİ VE YÜRÜYÜŞTEKİ FONKSİYONEL ROLÜ

Normal yürüyüş siklusunda ayak ve ayak bileği her fazda farklı görev üstlenir (Perry & Burnfield, 2010). Initial contact sırasında topuk zemine temas eder ve ayak hafif supinasyondadır. Loading response ile birlikte subtalar eklem pronasyona giderek şok absorbsiyonu sağlar ve zemin düzensizliklerine uyum oluşturur. Mid stance fazında tibia öne doğru ilerlerken talokrural eklem dorsifleksiyona gelir ve ayak tabanı tümüyle yük taşır.

Terminal stance döneminde subtalar eklem yeniden supinasyona yönelir, midfoot sertleşir ve ayak rijit kaldıraç haline gelir. Bu sayede gastrosoleus kompleksi ve plantar fleksörler etkili itme kuvveti üretir. Pre-swing fazında özellikle halluks dorsifleksiyonu ve plantar fasya gerginliği ile windlass mekanizması devreye girer; medial longitudinal ark yükselir ve enerji geri kazanımı sağlanır (Hicks, 1954; Welte et al., 2021).

Yürüme dışında ayak; statik ayakta durma, tek ayak denge, yön değiştirme, merdiven inip çıkma ve ani postüral cevaplarda da aktif rol oynar. Plantar duyu girdileri ile ayak bileği çevresi kasların refleks aktivasyonu arasında milisaniyelik bir ilişki vardır. Bu nedenle ayak tabanı postüral kontrolün ilk savunma hattı olarak kabul edilir (Jonsson et al., 2004; Hu et al., 2023).

4. YAŞLANMAYA BAĞLI YAPISAL VE FONKSİYONEL DEĞİŞİKLİKLER

4.1. Yapısal ve Mekanik Değişiklikler

Yaşla birlikte ayak kemiklerinde osteopenik değişiklikler, eklem kıkırdaklarında dejenerasyon, ligamentöz yapılarda elastisite kaybı ve plantar yağ yastıkçığında incelmeye meydana gelir. Medial longitudinal arkta çökme eğilimi artabilir ve pes planovalgus deformitesi görülebilir. Bazı bireylerde ise uzun yıllar süren yüklenme paterni sonucunda rijit pes cavus gelişebilir (Menz, 2015; Rodríguez-Sanz et al., 2018).

Birinci metatarsofalangeal eklem hareket açıklığında azalma, halluks rigidus veya halluks valgus deformitesi itme fazını belirgin şekilde bozar. Parmaklarda claw toe ve hammer toe deformiteleri plantar basınç noktalarını değiştirerek ağırlı kallus oluşumuna zemin hazırlar (Awale et al., 2017).

Ayak bileği dorsifleksiyonunda görülen azalma, tibianın stance fazındaki ilerlemesini sınırlar ve erken topuk kalkışı oluşturur. Bu durum adım uzunluğunu azaltır (Pol et al., 2021).

4.2. Kas Kuvveti ve Nöromüsküler Kontrolde Değişiklikler

Yaşlanma ile özellikle plantar fleksörler, dorsifleksörler ve intrinsik ayak kaslarında sarkopenik kuvvet kaybı gelişir. Tibialis anterior zayıflığı ayak kaldırma kapasitesini azaltırken, gastrosoleus kuvvet kaybı itme gücünü düşürür. İntrinsik kas zayıflığı ise parmak stabilitesini ve longitudinal ark desteğini azaltır (McKeon et al., 2015; Wang et al., 2024).

Plantar mekanoreseptör duyarlılığında azalma ve periferik sinir iletim hızında düşüş nedeniyle zeminden gelen duyu bilgisi işlenmesi gecikir. Bunun sonucunda postüral salınım artar ve ayak bileği stratejisi zayıflar (Perry et al., 2006; Peters et al., 2016).

4.3. Yürüme ve Dengeye Yansımalar

Yaşlı bireylerde: yürüme hızı azalır, adım uzunluğu kısalır, çift destek süresi artar, ayak yerden kaldırma yüksekliği azalır, ayak bileği plantar fleksiyon momenti düşer (Gimunová et al., 2018; Pol et al., 2021).

Bu değişiklikler enerji verimliliğini azaltırken düşme riskini artırır. Birey daha temkinli, daha geniş tabanlı ve daha yavaş yürümeye başlar. Ayrıca zemin değişikliklerine adaptasyon kapasitesi düşer (Mickle et al., 2010; Yan et al., 2023).

5. KLİNİK DEĞERLENDİRME

Geriatrik ayak değerlendirmesinde yalnızca lokal ağrı değil, tüm postüral zincir dikkate alınmalıdır.

Başlıca değerlendirme bileşenleri şunlardır: statik ayak postürü analizi, ark yüksekliği değerlendirmesi, halluks ve parmak deformiteleri gözlemi, ayak bileği aktif-pasif ROM, plantar fleksör/dorsifleksör kas kuvveti, tek ayak duruş testi, plantar duyu değerlendirmesi, plantar basınç analizi, yürüme analizi, düşme öyküsü ve denge testleri.

Foot Posture Index, Timed Up and Go, Berg Denge Ölçeği ve plantar baropodometrik analizler yararlı olabilir (Redmond et al., 2006; Jonsson et al., 2004).

6. FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON YAKLAŞIMLARI

Ayak ve ayak bileği rehabilitasyonunda temel hedef; yük dağılımını optimize etmek, denge stratejilerini geliştirmek, kas kuvvetini artırmak ve güvenli yürüyüşü desteklemektir (Menz et al., 2006).

Temel müdahaleler:

6.1. Eklem Mobilitesi ve Germe

Talokrural dorsifleksiyon mobilizasyonları, subtalar mobilizasyon, plantar fasya ve gastroknemius-soleus germe.

6.2. Kas Güçlendirme

Theraband ile dorsifleksiyon/plantar fleksiyon, parmak kavrama egzersizleri, towel curl, marble pickup, heel raise (McKeon et al., 2015).

6.3. Denge ve Propriyosepsiyon Eğitimi

Tek ayak duruş, köpük zemin, tandem yürüyüş, ayak bileği strateji eğitimi.

6.4. Yürüme Yeniden Eğitimi

Adım uzunluğu, topuk teması, itme fazı farkındalığı ve ritim çalışmaları.

6.5. Ortez ve Ayakkabı Düzenlemeleri

Medial ark destekleri, metatarsal pedler, uygun taban sertliği ve kaymaz tabanlı ayakkabılar.

6.6. Düşme Önleme Eğitimi

Çevresel düzenleme, gece aydınlatması, ev içi güvenlik ve yardımcı cihaz kullanımı.

7. SONUÇ

Ayak ve ayak bileği kompleksi yaşlanmanın en erken ve en belirgin etkilerinin görüldüğü fonksiyonel bölgelerden biridir. Kemik-eklem dejenerasyonu, plantar duyu azalması, kas kuvveti kaybı ve yürüme mekaniğinde bozulma; yaşlı bireylerde postüral instabilite ve düşme riskinin artmasına zemin hazırlar (Menz, 2015; Yan et al., 2023). Ayakta başlayan bu biyomekanik değişim yalnızca lokal deformite oluşturmaz; diz, kalça, pelvis ve omurga boyunca uzanan tüm kinetik zinciri etkiler (Pol et al., 2021).

Bu nedenle geriatrik fizyoterapi uygulamalarında ayak değerlendirmesi ve ayak tabanlı rehabilitasyon yaklaşımları temel önceliklerden biri olmalıdır. Uygun egzersiz, proprioseptif eğitim, ortotik destek ve fonksiyonel yürüme çalışmaları ile yaşlı bireylerin denge, mobilite ve bağımsız yaşam kapasitesi anlamlı düzeyde korunabilir

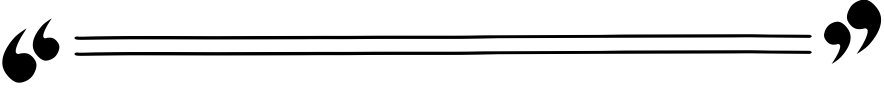
KAYNAKÇA

- Arain, A., Grant, A., & Tisdell, C. (2024). Progressive collapsing foot deformity. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
- Awale, A., Dufour, A. B., Katz, P., Menz, H. B., Hannan, M. T., & Casey, V. A. (2017). Foot function, foot pain, and falls in older adults: The Framingham Foot Study. *Gerontology*, 63(4), 318–324.
- Cavanagh, P. R., & Rodgers, M. M. (1987). The arch index: A useful measure from footprints. *Journal of Biomechanics*, 20(5), 547–551.
- Flores, D. V., Mejía Gómez, C., Fernández Hernando, M., Davis, M. A., Pathria, M. N., & Bencardino, J. T. (2019). Adult acquired flatfoot deformity: Anatomy, biomechanics, staging, and imaging findings. *Radiographics*, 39(5), 1437–1460.
- Gimunová, M., Zvonař, M., Duvač, I., Tomanová, K., & Toman, O. (2018). The effect of aging and gender on plantar pressure distribution during gait in elderly. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 20(4), 139–144.
- Hicks, J. H. (1954). The mechanics of the foot. II. The plantar aponeurosis and the arch. *Journal of Anatomy*, 88(1), 25–30.
- Hu, X., Qu, X., Jin, S., Han, X., Chen, J., & Fan, Y. (2023). Age-related changes in plantar sensation and ankle proprioception across the lifespan. *Somatosensory & Motor Research*, 40(2), 71–79.
- Jonsson, E., Seiger, A., & Hirschfeld, H. (2004). One-leg stance in healthy young and elderly adults: A measure of postural steadiness? *Clinical Biomechanics*, 19(7), 688–694.
- Ker, R. F., Bennett, M. B., Bibby, S. R., Kester, R. C., & Alexander, R. M. (1987). The spring in the arch of the human foot. *Nature*, 325, 147–149.
- McKeon, P. O., Hertel, J., Bramble, D., & Davis, I. (2015). The foot core system: A new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *British Journal of Sports Medicine*, 49(5), 290.
- Menz, H. B. (2015). Biomechanics of the ageing foot and ankle: A mini-review. *Gerontology*, 61(4), 381–388.
- Menz, H. B., Morris, M. E., & Lord, S. R. (2005). Gait instability in older people with hallux valgus. *Foot & Ankle International*, 26(6), 483–489.
- Menz, H. B., Morris, M. E., & Lord, S. R. (2006). Foot and ankle risk factors for falls in older people: A prospective study. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(8), 866–870.
- Mickle, K. J., Munro, B. J., Lord, S. R., Menz, H. B., & Steele, J. R. (2010). Foot pain, plantar pressures, and falls in older people: A prospective study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 58(10), 1936–1940.
- Nigg, B. M., & Wakeling, J. M. (2001). Impact forces and muscle tuning: A new paradigm. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 29(1), 37–41.

- Perry, J., & Burnfield, J. M. (2010). *Gait analysis: Normal and pathological function* (2nd ed.). SLACK Incorporated.
- Perry, S. D., McIlroy, W. E., & Maki, B. E. (2006). Evaluation of age-related plantar-surface insensitivity in older adults. *Neuroscience Letters*, 392(1–2), 62–67.
- Peters, R. M., McKeown, M. D., Carpenter, M. G., & Inglis, J. T. (2016). Age-related changes in plantar skin sensitivity and postural stability in older adults. *Journal of Neurophysiology*, 116(4), 1848–1858.
- Pol, F., de Blaiser, C., Van Petegem, S., et al. (2021). Foot and ankle biomechanics during walking in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Biomechanics*, 127, 110656.
- Redmond, A. C., Crosbie, J., & Ouvrier, R. A. (2006). Development and validation of the Foot Posture Index. *Clinical Biomechanics*, 21(1), 89–98.
- Rodríguez-Sanz, D., Fernández-de-Las-Peñas, C., & Calvo-Lobo, C. (2018). Foot disorders in the elderly: A mini-review. *Disease-a-Month*, 64(3), 64–91.
- Wang, J., Xu, Y., Zhang, Z., et al. (2024). Age-related reduction of foot intrinsic muscle function and its association with postural control in older adults. *Scientific Reports*, 14, 12557.
- Welte, L., Kelly, L. A., Kessler, S. E., Lieberman, D. E., & D'Andrea, S. (2021). The extensibility of the plantar fascia influences the windlass mechanism during human running. *Proceedings of the Royal Society B*, 288, 20202095.
- Yan, Y., Wang, C., Chen, L., et al. (2023). Plantar pressure and falling risk in older individuals. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11, 1110417.



YAŞLI BİREYLERDE DİZ EKLEMİ BİYOMEKANIĞI



Erenay YILMAZ¹
Fatma Nur KARADAŞ²

¹ Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD
ORCID: 0009-0006-2291-3216

² Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD
ORCID: 0009-0000-0140-8217

1. GİRİŞ

Diz eklemi, insan vücudunda yük taşıma, şok absorpsiyonu, yürüme, merdiven inip çıkma, oturma-kalkma ve yön değiştirme gibi temel fonksiyonların merkezinde yer alan en önemli sinoviyal eklemlerden biridir (Neumann, 2010; Perry & Burnfield, 2010). Femur, tibia ve patella arasında oluşan bu kompleks yapı, hem mobilite hem de stabilite gereksinimini aynı anda karşılamak zorundadır. Günlük yaşam boyunca maruz kaldığı yüksek kompresif ve shear kuvvetler nedeniyle diz eklemi yaşlanmaya bağlı dejeneratif süreçlerden en fazla etkilenen bölgeler arasında yer almaktadır (Ahmed & Burke, 1983; Felson, 2013).

İleri yaşla birlikte diz ekleminde yalnızca kıkırdak aşınması değil; menisküslerde dejenerasyon, bağ dokularda elastikiyet kaybı, kas kuvvetinde azalma, proprioseptif geribildirimde yetersizlik ve alt ekstremité yük aktarım stratejilerinde değişim meydana gelir. Bu değişiklikler dizin mekanik davranışını bozarak ağrı, hareket kısıtlılığı, denge sorunları ve fonksiyonel bağımsızlıkta azalma ile sonuçlanır (Buckwalter et al., 1994; Ribeiro & Oliveira, 2007).

Yaşlı bireylerde diz kaynaklı problemler özellikle osteoartrit ile ilişkilendirilse de, konu yalnızca dejeneratif eklem hastalığı ile sınırlı değildir. Kas zayıflığına bağlı diz stabilite kaybı, frontal planda varus-valgus yüklenme değişimleri, yürüyüş sırasında azalan ekstansiyon momenti ve patellofemoral mekanik bozulmalar da klinik tabloyu derinleştirmektedir (Andriacchi & Mündermann, 2006; DeVita & Hortobágyi, 2000). Diz ekleminde başlayan bu bozulmalar kalça, ayak ve lomber bölgeyi de içine alan kompensatuar hareket paternlerinin gelişmesine neden olur (Judge et al., 1996).

Bu bölümde diz ekleminin anatomik ve biyomekanik özellikleri, normal fonksiyonel hareket mekanizması, yaşlanmaya bağlı yapısal ve nöromusküler değişiklikler, klinik sonuçlar ve fizyoterapi-rehabilitasyon yaklaşımları ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

2. DİZ EKLEMİNİN ANATOMİK VE BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Diz eklemi tibiofemoral ve patellofemoral olmak üzere iki temel fonksiyonel bileşenden oluşur. Tibiofemoral eklem femur kondilleri ile tibia platosu arasında yük aktarımını sağlarken, patellofemoral eklem quadriceps mekanizmasının kaldıraç kolunu artırarak diz ekstansiyon verimliliğini optimize eder (Neumann, 2010; Nordin & Frankel, 2012).

Tibia platosunun nispeten düz yapısı femur kondillerine göre düşük konkavlık sunduğundan, dizin pasif stabilitesinde menisküsler büyük rol oynar. Medial ve lateral menisküsler eklem temas alanını artırır, kompresif kuvvetleri dağıtır ve şok absorpsiyonu sağlar. Ayrıca eklem propriosepsiyonuna katkıda bulunurlar (Fox et al., 2012; Amis, 2013).

Ön çapraz bağ (ACL), arka çapraz bağ (PCL), medial kollateral bağ (MCL) ve lateral kollateral bağ (LCL) dizin anteroposterior ve frontal düzlem stabilitesini sağlar. Özellikle ACL tibianın anterior translasyonunu ve rotasyonel instabiliteyi sınırlar (LaPrade et al., 2003).

Aktif stabilite quadriceps, hamstring, gastrocnemius ve popliteus kaslarının koordineli aktivitesine bağlıdır. Quadriceps diz ekstansiyonunun temel motoru olup aynı zamanda patellar takipte belirleyicidir. Hamstringler tibianın posterior çekişi ile anterior shear kuvvetlerini dengeler (Solomonow & Krogsgaard, 2001).

Diz tam bir menteşe eklem değildir; fleksiyon-ekstansiyon yanında iç-dış rotasyon ve minimal translasyonlar içerir. Özellikle terminal ekstansiyonda screw-home mekanizması devreye girer ve tibia dış rotasyona giderek diz stabilitesini artırır (Neumann, 2010).

Patellofemoral eklemden patella quadriceps tendonunun bir sesamoid kemiği olarak moment kolunu artırır. Diz fleksiyonu arttıkça patellofemoral temas kuvvetleri yükselir; bu nedenle çömelme ve merdiven çıkma gibi aktivitelerde bu bölge yüksek yük alır (Ahmed & Burke, 1983).

3. NORMAL DİZ KİNEZYOLOJİSİ VE FONKSİYONEL YÜK AKTARIMI

Normal yürüyüşte diz initial contact sırasında hafif fleksiyondadır. Loading response döneminde kontrollü fleksiyon ile şok absorpsiyonu sağlanır. Mid stance sürecinde diz ekstansiyona yaklaşarak vücut ağırlığını taşır. Swing fazında ise yeterli fleksiyon ayak yerden temizliğini sağlar (Perry & Burnfield, 2010).

Merdiven çıkarken diz yaklaşık 80–90 derece fleksiyona, oturmakalkmada ise 90 derecenin üzerine ihtiyaç duyar. Çömelme sırasında tibiofemoral kompresif kuvvetler vücut ağırlığının birkaç katına ulaşabilir (Papa & Cappozzo, 2000).

Dizin frontal plandaki mekanik aksı yük dağılımı için kritiktir. Normalde yük hafif medial kompartmana yönelir; ancak bu dağılım kontrollüdür. Quadriceps ve hamstringlerin ko-aktivasyonu dizin dinamik stabilitesini korur ve anlık zemin değişikliklerine uyum sağlar (Solomonow & Krogsgaard, 2001).

Patellanın femoral oluk içindeki düzgün superior-inferior kayışı diz ekstansiyon verimliliği için gereklidir. Vastus medialis ve vastus lateralis arasındaki denge patellar izlemeyi belirler.

4. YAŞLANMAYA BAĞLI YAPISAL VE BİYOMEKANİK DEĞİŞİKLİKLER

4.1. Artiküler Kıkırdak ve Subkondral Kemik Değişiklikleri

Yaşla birlikte eklem kıkırdığında proteoglikan kaybı, su içeriğinde azalma, yüzey fibrilasyonu ve elastikiyet kaybı görülür. Subkondral kemikte skleroz ve osteofit oluşumu yük dağılımını bozar. Bu değişiklikler tibiofemoral kompresyon toleransını azaltır (Bank et al., 1998; Radin & Rose, 1986).

4.2. Menisküs Dejenerasyonu

Menisküslerde su içeriği azalır, lif organizasyonu bozulur ve yırtılmaya yatkınlık artar. Dejeneratif menisküs temas alanını azaltarak birim yüzeye düşen basıncı yükseltir (Englund et al., 2009; Fox et al., 2012).

4.3. Ligamentöz Yapılarda Esneklik ve Propriyosepsiyon Kaybı

Bağ dokularda kollajen sertleşmesi ve elastisite azalması görülür. Aynı zamanda mekanoreseptör yoğunluğu azalır. Bu durum dizin ani pozisyon değişikliklerine verdiği nöromüsküler cevabı geciktirir (Amis, 2013; Ribeiro & Oliveira, 2007).

4.4. Sarkopeni ve Kas Kuvvetinde Azalma

Quadriceps kas kuvvetindeki azalma geriatrik diz biyomekaniğinin en kritik unsurudur. Diz ekstansiyon momenti düşer, oturma-kalkma zorlaşır, merdiven performansı azalır. Hamstring zayıflığı ise dinamik stabiliteyi bozar (Lexell et al., 1988; Cruz-Jentoft et al., 2019).

5. YAŞLANMAYA BAĞLI KİNEMATİK VE KİNETİK DEĞİŞİMLERİN KLİNİK YANSIMALARI

Yaşlı bireylerde yürüyüş sırasında: diz fleksiyon-ekstansiyon amplitüdü azalır, stance fazında daha rijit diz stratejisi gelişir, push-off kuvveti azalır, frontal planda varus momenti artabilir (Chang et al., 2005; DeVita & Hortobágyi, 2000).

Quadriceps zayıflığı nedeniyle birey dizini tam ekstansiyona kilitleyerek yürümeye çalışabilir. Bu durum şok absorpsiyonunu azaltır. Diz osteoartriti olan bireylerde ağrıdan kaçınma nedeniyle yük transferi sağlam ekstremiteye kayar (Andriacchi & Mündermann, 2006).

Patellofemoral mekanikte bozulma merdiven inip çıkma sırasında anterior diz ağrısını artırabilir. Menisküs dejenerasyonu ve eklem sertliği ani dönüşlerde güven hissini azaltır. Sonuçta birey daha yavaş, daha kısa adımlarla ve destek arayarak yürür (Studenski et al., 2011; Mian et al., 2007).

6. KLİNİK DEĞERLENDİRME

Diz değerlendirmesinde yalnızca ağrı değil, mekanik fonksiyon analiz edilmelidir; bu kapsamda aktif/pasif eklem hareket açıklığı, quadriceps ve hamstring kas kuvvet testi, diz çevresi ödem ve deformite gözlemi, varus-valgus dizilimi, patellar mobilite, tek ayak otur-kalk performansı, Timed Up and Go testi, merdiven testi, proprioseptif değerlendirme ve yürüme analizi incelenmelidir. WOMAC ve KOOS gibi ölçekler fonksiyonel değerlendirmede yararlıdır (Tinetti, 1986; Rikli & Jones, 2013).

7. FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON YAKLAŞIMLARI

7.1. Eklem Mobilitesi ve Ağrı Kontrolü

Tibiofemoral-patellofemoral mobilizasyonlar, yüzeyel ısı, uygun manuel terapi.

7.2. Quadriceps Güçlendirme

Straight leg raise, terminal knee extension, mini squat, sit-to-stand (Cruz-Jentoft et al., 2019).

7.3. Hamstring ve Kalça Çevresi Destekleme

Hamstring curl, gluteal güçlendirme, pelvik stabilizasyon.

7.4. Propriyosepsiyon ve Denge

Tek ayak denge, ağırlık transferi, step çalışmaları (Horak, 2006).

7.5. Fonksiyonel Görev Eğitimi

Merdiven, oturma-kalkma, yön değiştirme, kontrollü yürüyüş.

7.6. Yardımcı Destekler

Uygun dizlik, baston kullanımı, ayakkabı ve tabanlık optimizasyonu.

8. SONUÇ

Diz eklemi yaşlanma ile birlikte kıkırdak dejenerasyonu, menisküs bozulması, ligamentöz sertlik, kas kuvvet kaybı ve proprioseptif yetersizlik sonucu hem yapısal hem de fonksiyonel olarak belirgin değişime uğramaktadır (Buckwalter et al., 1994; Cruz-Jentoft et al., 2019). Bu değişimler yürüyüş verimliliğinin azalmasına, ağrıya, denge bozukluğuna ve bağımsız yaşam aktivitelerinde kısıtlılığa yol açmaktadır.

Geriatrik fizyoterapi yaklaşımında diz yalnızca osteoartrit perspektifinden değerlendirilmemelidir; tüm alt ekstremité kinetik zinciri içindeki rolü dikkate alınmalıdır. Kas kuvvetlendirme, denge eğitimi, fonksiyonel hareket çalışmaları ve yük yönetimi ile yaşlı bireylerin mobilitesi anlamlı biçimde korunabilir.

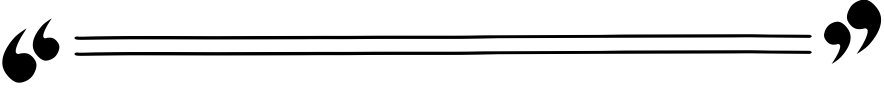
KAYNAKÇA

- Ahmed, A. M., & Burke, D. L. (1983). In-vitro measurement of static pressure distribution in synovial joints—Part I: Tibial surface of the knee. *Journal of Biomechanical Engineering*, 105(3), 216–225.
- Amis, A. A. (2013). Biomechanics of ligaments and menisci of the knee. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 21(2), 211–219.
- Andriacchi, T. P., & Mündermann, A. (2006). The role of ambulatory mechanics in the initiation and progression of knee osteoarthritis. *Current Opinion in Rheumatology*, 18(5), 514–518.
- Bank, R. A., Bayliss, M. T., Lafeber, F. P. J. G., Maroudas, A., & Tekoppele, J. M. (1998). Ageing and zonal variation in post-translational modification of collagen in normal human articular cartilage. *Osteoarthritis and Cartilage*, 6(3), 166–174.
- Buckwalter, J. A., Roughley, P. J., & Rosenberg, L. C. (1994). Age-related changes in cartilage proteoglycans: Quantitative electron microscopic studies. *Microscopy Research and Technique*, 28(5), 398–408.
- Chang, A., Sehl, M. E., & Kuo, A. D. (2005). Age-related changes in walking biomechanics. *Clinics in Geriatric Medicine*, 21(2), 205–218.
- Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., et al. (2019). Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*, 48(1), 16–31.
- DeVita, P., & Hortobágyi, T. (2000). Age causes a redistribution of joint torques and powers during gait. *Journal of Applied Physiology*, 88(5), 1804–1811.
- Englund, M., Guermazi, A., & Lohmander, L. S. (2009). The role of the meniscus in knee osteoarthritis: A cause or consequence? *Radiologic Clinics of North America*, 47(4), 703–712.
- Felson, D. T. (2013). Osteoarthritis as a disease of mechanics. *Osteoarthritis and Cartilage*, 21(1), 10–15.
- Ferrucci, L., Baroni, M., Ranchelli, A., et al. (2014). Interaction between bone and muscle in older persons with mobility limitations. *Current Pharmaceutical Design*, 20(19), 3178–3197.
- Fox, A. J. S., Bedi, A., & Rodeo, S. A. (2012). The basic science of human knee menisci. *Sports Health*, 4(4), 340–351.
- Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance? *Age and Ageing*, 35(Suppl 2), ii7–ii11.
- Judge, J. O., Davis, R. B., & Öunpuu, S. (1996). Step length reductions in advanced age: The role of ankle and hip kinetics. *The Journals of Gerontology Series A*, 51(6), M303–M312.
- Kirkwood, T. B. L. (2005). Understanding the odd science of aging. *Cell*, 120(4), 437–447.
- LaPrade, R. F., Muench, C., Wentorf, F., & Lewis, J. L. (2003). The effect of injury to the

- posterolateral structures of the knee on force in a posterior cruciate ligament graft. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(2), 233–238.
- Lexell, J., Taylor, C. C., & Sjöström, M. (1988). What is the cause of ageing atrophy? *Journal of the Neurological Sciences*, 84(2–3), 275–294.
- Lord, S. R., Ward, J. A., Williams, P., & Anstey, K. J. (1994). Physiological factors associated with falls in older community-dwelling women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 42(10), 1110–1117.
- Maki, B. E., Holliday, P. J., & Topper, A. K. (1994). A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. *Journal of Gerontology*, 49(2), M72–M84.
- Mian, O. S., Thom, J. M., Ardigò, L. P., Narici, M. V., & Minetti, A. E. (2007). Metabolic cost, mechanical work, and efficiency during walking in young and older men. *Acta Physiologica*, 186(2), 127–139.
- Neumann, D. A. (2010). *Kinesiology of the musculoskeletal system* (2nd ed.). Mosby Elsevier.
- Nordin, M., & Frankel, V. H. (2012). *Basic biomechanics of the musculoskeletal system* (4th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Papa, E., & Cappozzo, A. (2000). Sit-to-stand motor strategies investigated in able-bodied young and elderly subjects. *Journal of Biomechanics*, 33(9), 1113–1122.
- Perry, J., & Burnfield, J. M. (2010). *Gait analysis: Normal and pathological function* (2nd ed.). SLACK Incorporated.
- Radin, E. L., & Rose, R. M. (1986). Role of subchondral bone in the initiation and progression of cartilage damage. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 213, 34–40.
- Ribeiro, F., & Oliveira, J. (2007). Aging effects on joint proprioception: The role of physical activity in proprioception preservation. *European Review of Aging and Physical Activity*, 4, 71–76.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). *Senior fitness test manual* (2nd ed.). Human Kinetics.
- Sharma, L. (1999). Proprioceptive impairment in knee osteoarthritis. *Rheumatic Disease Clinics of North America*, 25(2), 299–314.
- Solomonow, M., & Krogsgaard, M. (2001). Sensorimotor control of knee stability: A review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 11(2), 64–80.
- Studenski, S., Perera, S., Patel, K., et al. (2011). Gait speed and survival in older adults. *JAMA*, 305(1), 50–58.
- Tinetti, M. E. (1986). Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *Journal of the American Geriatrics Society*, 34(2), 119–126.



YAŞLI BİREYLERDE KALÇA EKLEMİ BİYOMEKANİĞİ



Emine Yeliz Gümüş DEMİRTAŞ¹

Zeynep Sude ÇOBANOĞLU²

¹ Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD
ORCID: 0009-0004-58506896, yeliz.gumus.ftr@gmail.com

² Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD
ORCID: 0009-0001-8926-3792, zeynep.sude.19591@gmail.com

1. GİRİŞ

Kalça eklemi, insan vücudunda yük taşıma, denge, yürüme, yön değiştirme ve alt ekstremitenin gövde ile koordineli çalışması açısından merkezi role sahip top-yuva tipi sinoviyal bir eklemdir (Neumann, 2017; Perry & Burnfield, 2010). Femur başının asetabulum içerisinde derin yerleşimi kalçaya yüksek stabilite sağlarken, aynı zamanda çok eksenli hareket kapasitesi sunar. Günlük yaşam aktivitelerinde vücut ağırlığının büyük kısmı bu eklem üzerinden aktarılmakta; tek ayak yüklenme, merdiven çıkma, oturma-kalkma ve yürüyüş sırasında kalça çevresi kaslar yüksek düzeyde biyomekanik kontrol sağlamaktadır (Bergmann et al., 1993).

Yaşlanma ile birlikte kalça eklemünde kemik mineral yoğunluğu azalması, eklem kıkırdağında dejenerasyon, kapsüler sertleşme, gluteal kaslarda sarkopeni ve proprioseptif geribildirim kaybı gelişir. Bu değişiklikler yalnızca kalça hareket açıklığını sınırlamakla kalmaz; aynı zamanda pelvik stabiliteyi bozar, yürüme verimliliğini azaltır ve düşme riskini artırır (Kanis et al., 2019; Roubenoff, 2000).

Geriatrik bireylerde kalça çevresi kas kuvvet kaybı özellikle frontal plandaki pelvik kontrolü ciddi biçimde etkiler. Tek ayak basma fazında gluteus medius yetersizliği pelvisin karşı tarafa düşmesine, adım genişliğinin değişmesine ve kompensatuar gövde eğimine neden olur. Bu durum enerji tüketimini artırırken yürüyüş hızını azaltır (DeVita & Hortobágyi, 2000; Woollacott & Shumway-Cook, 2002). Bunun yanında kalça ekstansör zayıflığı oturma-kalkma ve merdiven çıkma performansını sınırlar.

Kalça eklemünde gelişen osteoartritik süreçler, femur boyun açısı değişimleri, asetabular yük dağılımındaki bozulmalar ve kapsül rijiditesi alt ekstremitenin tüm kinetik zincirini etkileyen sonuçlar doğurur. Ayak progresyon açısı, diz yüklenmesi ve lomber lordoz dahi kalçadaki bu değişimlerden etkilenebilmektedir (Glyn-Jones et al., 2015; Ng et al., 2019).

Bu bölümde kalça eklemine anatomik ve biyomekanik özellikleri, normal hareket mekanizması, yaşlanmaya bağlı yapısal ve nöromusküler değişiklikler, yürüyüşe yansımalar, klinik değerlendirme ve fizyoterapi yaklaşımları ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

2. KALÇA EKLEMİNİN ANATOMİK VE BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Kalça eklemi femur başı ile asetabulum arasında oluşan sferoideal bir eklemdir. Asetabulumun derin konkav yapısı ve labrum asetabulare femur başının temas yüzeyini artırarak stabilite sağlar (Bsat et al., 2016). Kalça eklemi vücudun en güçlü ligamentleri arasında yer alan iliofemoral, pubofemoral ve ischiofemoral ligamentlerle desteklenir. Bu bağ yapıları özellikle ekstansiyon ve uç hareketlerde pasif stabiliteyi artırır (van Arkel et al., 2015).

Kalça çevresinde gluteus maximus, gluteus medius-minimus, iliopsoas, adductor grup, kısa dış rotatörler ve hamstringler aktif biyomekanik kontrol sağlar. Gluteus medius-minimus frontal planda pelvik denge için kritik iken, gluteus maximus sagittal planda ekstansiyon momenti oluşturur. İliopsoas kalça fleksiyonunun temel motorudur (Neumann, 2017).

Tek ayak basma sırasında kalça eklemi vücut ağırlığının yaklaşık 2.5–3 katı yük taşır; merdiven çıkma ve hızlı yürüyüşte bu kuvvet daha da artar. Femur boyun açısı, asetabular örtünme miktarı ve abduktör kasların moment kolu yük dağılımını belirleyen temel unsurlardır (Bergmann et al., 1993).

Kalçada yalnızca fleksiyon-ekstansiyon değil; abduksiyon-adduksiyon ve iç-dış rotasyon da fonksiyonel olarak önemlidir. Özellikle transversal plandaki rotasyon kontrolü yürüyüş hattı stabilitesi için gereklidir.

3. NORMAL KALÇA KİNEZYOLOJİSİ VE PELVİK KONTROLDEKİ ROLÜ

Yürüyüş siklusunda kalça initial contact sırasında yaklaşık 30 derece fleksiyondadır. Stance fazı boyunca kontrollü ekstansiyona gider ve terminal stance sonunda yaklaşık 10 derece ekstansiyona ulaşır. Swing fazında tekrar fleksiyon gelişir (Perry & Burnfield, 2010).

Kalça abduktörleri özellikle tek ayak basma fazında pelvisin karşı tarafa düşmesini engeller. Bu mekanizma Trendelenburg kontrolü olarak bilinir. Eğer abduktör moment yeterli değilse birey gövdesini yük taşıyan tarafa eğerek kompensasyon geliştirir (Neumann, 2017).

Kalça ekstansörleri topuk teması sonrası gövdenin öne düşmesini kontrol eder. Kalça rotatörleri femurun iç-dış rotasyonunu düzenleyerek diz ve ayak hizasını etkiler. Oturma-kalkma sırasında kalça fleksiyonundan ekstansiyona güçlü bir moment gerekir (Podsiadlo & Richardson, 1991).

Pelvis ile kalça arasında ritmik bir koordinasyon vardır. Pelvik tilt değişimleri kalça hareket açıklığını fonksiyonel olarak tamamlar. Bu lumbopelvik uyum bozulduğunda hareket ekonomisi azalır.

4. YAŞLANMAYA BAĞLI YAPISAL VE FONKSİYONEL DEĞİŞİKLİKLER

4.1. Kemik Mineral Yoğunluğunda Azalma

Femur boynu ve asetabular bölgede osteopeni/osteoporoz gelişir. Bu durum yük toleransını azaltır ve kırık riskini artırır. Özellikle düşme sonrası femur boyun kırıkları geriatrik mobilitayı ciddi etkiler (Kanis et al., 2019; Seeman & Delmas, 2006).

4.2. Eklem Kıkırdağında Dejenerasyon

Hyalin kıkırdakta su kaybı, kollajen bozulması ve yüzey düzensizlikleri görülür. Asetabular temas basıncı daha lokalize hale gelir. Osteofitler ve eklem aralığında daralma hareketi ağrılı hale getirir (Loeser, 2006; Glyn-Jones et al., 2015).

4.3. Sarkopeni ve Kalça Çevresi Kas Kuvvetinde Azalma

Gluteus medius, gluteus maximus ve iliopsoas kaslarında kuvvet kaybı yaşlanmanın en önemli fonksiyonel sonuçlarından biridir. Bu durum yürüme hızını, adım uzunluğunu ve tek ayak denge süresini azaltır (Roubenoff, 2000; DeVita & Hortobágyi, 2000).

4.4. Proprioseptif Geribildirim Kaybı

Eklem reseptörleri ve kas içciklerinden gelen bilgi azalır. Tek ayak yüklenme sırasında stabilizasyon gecikir (Riemann & Lephart, 2002; Tomlinson et al., 2020).

4.5. Hareket Açıklığında Azalma ve Kapsüler Sertlik

Özellikle ekstansiyon ve iç rotasyon hareketlerinde belirgin azalma görülür. Bu durum adım uzunluğunu sınırlar ve pelvisin kompansatuar anterior tiltine yol açabilir (Ng et al., 2019).

5. YÜRÜYÜŞ VE POSTÜRAL KONTROLE YANSIMALAR

Yaşlı bireylerde kalça kaynaklı biyomekanik değişiklikler kısa adım, yavaş yürüme, azalan itme fazı, artmış çift destek süresi ve gövde lateral salınımı şeklinde görülür (DeVita & Hortobágyi, 2000; Woollacott & Shumway-Cook, 2002). Gluteus medius zayıflığı Trendelenburg veya kompansatuar Duchenne yürüyüşüne neden olabilir. Kalça ekstansiyon kısıtlılığı terminal stance süresini kısaltırken, iç rotasyon sertliği ayak progresyon açısını değiştirerek diz yüklenmesini etkiler. Ayrıca kalça fleksiyon kontraktürü pelvik anterior tilt ve lomber lordoz artışı ile ilişkili olabilir. Böylece sorun yalnızca lokal eklem düzeyinde kalmaz.

6. KLİNİK DEĞERLENDİRME

Kalça değerlendirmesinde aktif/pasif kalça eklem hareket açıklığı, gluteal kas kuvvet testi, Trendelenburg testi, tek ayak duruş performansı, Timed Up and Go testi, otur-kalk testi, yürüyüş analizi, kalça iç rotasyon-ekstansiyon değerlendirmesi ile ağrı ve fonksiyon ölçekleri (HHS, HOOS) birlikte incelenmelidir. Pelvik kompansasyonların gözlenmesi değerlendirmede özellikle önemlidir (Podsiadlo & Richardson, 1991; Nilsdotter et al., 2003).

7. FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON YAKLAŞIMLARI

7.1. Eklem Mobilitesi

Kalça ekstansiyon, iç rotasyon ve abduksiyon mobilizasyonları.

7.2. Gluteal Güçlendirme

Clamshell, bridge, side stepping, hip abduction (Bennell et al., 2010).

7.3. Kalça Ekstansör ve Fleksör Dengeleme

Sit-to-stand, resisted hip extension, marching.

7.4. Denge ve Tek Ayak Kontrol

Single leg stance, lateral weight shift, step-up (Ganz et al., 2007).

7.5. Fonksiyonel Yürüme Eğitimi

Adım uzunluğu, pelvik stabilite, yön değiştirme.

7.6. Düşme Önleme ve Yardımcı Destek

Baston eğitimi, çevresel güvenlik, uygun ayakkabı (Rubenstein, 2006).

8. SONUÇ

Kalça eklemi yaşlanmanın etkisiyle kemik fragilitesi, kırık riski, dejenerasyonu, kapsüller sertlik, gluteal sarkopeni ve proprioseptif kayıplar sonucu belirgin biyomekanik dönüşüme uğramaktadır (Kanis et al., 2019; Roubenoff, 2000). Bu değişiklikler pelvik kontrolün bozulmasına, yürüyüş ekonomisinin azalmasına ve düşme riskinin artmasına neden olur.

Geriatrik fizyoterapi uygulamalarında kalça yalnızca ağırlı bir eklem olarak değil; tüm alt ekstremité postüral zincirinin merkezi stabilizatörü olarak ele alınmalıdır. Uygun kas kuvvetlendirme, denge eğitimi ve fonksiyonel mobilite çalışmaları ile yaşlı bireylerin hareket güvenliği ve bağımsızlığı korunabilir.

KAYNAKÇA

- ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. (2002). ATS statement: Guidelines for the six-minute walk test. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 166(1), 111–117.
- Bellamy, N., Buchanan, W. W., Goldsmith, C. H., Campbell, J., & Stitt, L. W. (1988). Validation study of WOMAC: A health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes. *The Journal of Rheumatology*, 15(12), 1833–1840.
- Bennell, K. L., Hunt, M. A., Wrigley, T. V., et al. (2010). Hip strengthening reduces symptoms but not knee load in people with medial knee osteoarthritis and varus malalignment. *Osteoarthritis and Cartilage*, 18(5), 621–628.
- Bergmann, G., Graichen, F., & Rohlmann, A. (1993). Hip joint loading during walking and running, measured in two patients. *Journal of Biomechanics*, 26(8), 969–990.
- Bsat, S., Frei, H., & Beaulé, P. E. (2016). The acetabular labrum: A review of its function. *Bone & Joint Journal*, 98-B(6), 730–735.
- DeVita, P., & Hortobágyi, T. (2000). Age causes a redistribution of joint torques and powers during gait. *Journal of Applied Physiology*, 88(5), 1804–1811.
- Fransen, M., McConnell, S., Harmer, A. R., et al. (2014). Exercise for osteoarthritis of the hip. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 4, CD007912.
- Ganz, D. A., Bao, Y., Shekelle, P. G., & Rubenstein, L. Z. (2007). Will my patient fall? *JAMA*, 297(1), 77–86.
- Glyn-Jones, S., Palmer, A. J. R., Agricola, R., et al. (2015). Osteoarthritis. *The Lancet*, 386(9991), 376–387.
- Harris, W. H. (1969). Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: Treatment by mold arthroplasty. *The Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*, 51(4), 737–755.
- Kanis, J. A., Cooper, C., Rizzoli, R., et al. (2019). European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporosis International*, 30(1), 3–44.
- Loeser, R. F. (2006). Molecular mechanisms of cartilage destruction: Mechanics, inflammatory mediators, and aging collide. *Arthritis & Rheumatism*, 54(5), 1357–1360.
- Neumann, D. A. (2017). *Kinesiology of the musculoskeletal system* (3rd ed.). Elsevier.
- Ng, K. C. G., Jeffers, J. R. T., & Beaulé, P. E. (2019). Hip joint capsular anatomy, mechanics, and surgical management. *The Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*, 101(23), 2141–2151.

- Nilsdotter, A. K., Lohmander, L. S., Klässbo, M., & Roos, E. M. (2003). Hip disability and osteoarthritis outcome score (HOOS): Validity and responsiveness in total hip replacement. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 4, 10.
- Perry, J., & Burnfield, J. M. (2010). *Gait analysis: Normal and pathological function* (2nd ed.). SLACK Incorporated.
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed “Up & Go”: A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142–148.
- Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002). The role of proprioception in motor control and functional stability. *Journal of Athletic Training*, 37(1), 80–84.
- Roubenoff, R. (2000). Sarcopenia and its implications for the elderly. *European Journal of Clinical Nutrition*, 54(Suppl 3), S40–S47.
- Rubenstein, L. Z. (2006). Falls in older people: Epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and Ageing*, 35(Suppl 2), ii37–ii41.
- Seeman, E., & Delmas, P. D. (2006). Bone quality—The material and structural basis of bone strength and fragility. *The New England Journal of Medicine*, 354(21), 2250–2261.
- Tomlinson, J., Zwirner, J., Ondruschka, B., et al. (2020). Innervation of the hip joint capsular complex. *PLoS One*, 15(2), e0229128.
- van Arkel, R. J., Amis, A. A., Cobb, J. P., & Jeffers, J. R. (2015). Capsular ligaments provide more hip rotational restraint than the acetabular labrum and the ligamentum teres. *Bone & Joint Journal*, 97-B(4), 484–491.
- Woollacott, M. H., & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait: A review of an emerging area of research. *Gait & Posture*, 16(1), 1–14.



YAŞLI BİREYLERDE PELVİS BİYOMEKANİĞİ

“ ”

Berru ACIBAL¹
Merve Nur ÇELİK²

1 Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD
Orcid:0009-0008-7956-6299

2 Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD
Orcid:0009-0007-4099-7377

1. GİRİŞ

Pelvik halka, omurga ile alt ekstremiteler arasında yük transferini sağlayan, postüral dengeyi koruyan ve hareket sırasında gövde stabilitesini düzenleyen merkezi bir biyomekanik köprüdür (Neumann, 2010; Vleeming et al., 2012). İlium, iskium, pubis, sakrum ve koksiksin oluşturduğu bu halka; sakroiliak eklemler ve simfizis pubis aracılığıyla fonksiyonel bütünlük kazanır. Pelvis yalnızca kemik bir yapı olmayıp, çevresindeki ligamentöz sistem, pelvik taban kasları, abdominal kaslar, gluteal kaslar ve lumbal stabilizatörlerle birlikte çalışan dinamik bir kontrol merkezidir (Hodges et al., 2013).

İnsan hareketi sırasında yer reaksiyon kuvvetleri ayaktan başlayarak pelvis üzerinden omurgaya iletilir; aynı zamanda gövdeden gelen yükler de pelvis aracılığıyla alt ekstremitelere aktarılır. Bu çift yönlü yük transferi nedeniyle pelvik halkadaki küçük biyomekanik değişiklikler bile hem üst hem alt kinetik zincirde anlamlı fonksiyonel sonuçlar doğurur. Yaşlanma ile birlikte kemik mineral yoğunluğunda azalma, sakroiliak eklem yüzeylerinde dejenerasyon, simfizis pubis elastikiyetinde azalma, gluteal ve pelvik taban kaslarında kuvvet kaybı ve sensörimotor kontrolde gerileme meydana gelir (Mombiela et al., 2020; Jones et al., 2016).

Pelviste gelişen bu değişimler özellikle denge, tek ayak yüklenme, yürüme simetrisi, oturma-kalkma, gövde rotasyonu ve lumbopelvik koordinasyon üzerinde belirgin etkilere sahiptir. Yaşlı bireylerde sık gözlenen geniş tabanlı yürüme, pelvik salınım azalması, adım asimetrisi ve gövde kompensasyonları çoğu zaman bu merkez bölgedeki stabilite kaybıyla ilişkilidir (Shum et al., 2007).

Ayrıca pelvik halka, üriner kontinans, solunum destek stabilitesi ve abdominal basınç yönetimi gibi sistemlerle de ilişkilidir. Pelvik taban kaslarındaki yaşa bağlı zayıflık yalnızca inkontinans değil; gövde içi basınç regülasyonunun bozulması nedeniyle lumbopelvik stabilitede azalma yaratabilir (Hodges et al., 2013).

Bu bölümde pelvik yapının anatomik ve biyomekanik özellikleri, normal lumbopelvik ritim, yaşlanmaya bağlı yapısal ve nöromüsküler değişiklikler, sık görülen klinik sonuçlar ile fizyoterapi ve rehabilitasyon yaklaşımları ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

2. PELVİSİN ANATOMİK VE BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Pelvik halka iki os coxae ile sakrum ve koksiksten oluşur. Sağ ve sol innominat kemikler anterior'da simfizis pubis, posterior'da ise sakroiliak eklemler aracılığıyla birleşir. Bu bağlantılar pelvise hem rijidite hem de minimal kontrollü hareket olanağı sağlar (Vleeming et al., 2012).

Sakroiliak eklemler esas olarak yük transferine hizmet eden düşük hareketli ama yüksek stabiliteli eklemlerdir. Nutasyon ve counternutasyon olarak tanımlanan çok küçük açısal hareketler lumbopelvik ritim açısından önemlidir. Simfizis pubis ise fibröz kıkırdak yapıli bir amfiartroz olup halka bütünlüğünü tamamlar.

Pelvik stabilitenin pasif unsurlarını interosseöz sakroiliak bağlar, sakrotüberöz bağ, sakrospinöz bağ ve pubik bağlar oluştururken; aktif stabilizatörler gluteus maximus, gluteus medius-minimus, pelvik taban kasları, transversus abdominis, multifidus ve diyafram gibi derin stabilizasyon kaslarıdır (Hodges et al., 2013). Bu kaslar birlikte intraabdominal basınç ve *force closure* mekanizması oluşturarak pelvik halkayı fonksiyonel olarak sıkıştırır. Böylece yük transferi daha güvenli hale gelir (Arumugam et al., 2012; Sichtung et al., 2014). Pelvis sagittal planda anterior-posterior tilt, frontal planda elevasyon-depresyon ve transversal planda rotasyon hareketleri yapar. Bu küçük ancak koordineli hareketler yürüyüş ekonomisinin sürdürülmesi için gereklidir.

Bu kaslar birlikte intraabdominal basınç ve *force closure* mekanizması oluşturarak pelvik halkayı fonksiyonel olarak sıkıştırır. Böylece yük transferi daha güvenli hale gelir (Arumugam et al., 2012; Sichtung et al., 2014).

Pelvis sagittal planda anterior-posterior tilt, frontal planda elevasyon-depresyon ve transversal planda rotasyon hareketleri yapar. Bu küçük hareketler yürüyüş ekonomisinin sürdürülmesi için gereklidir.

3. NORMAL LUMBOPELVİK RİTM VE HAREKET STRATEJİLERİ

Gövde fleksiyonu, ekstansiyonu ve yürüyüş sırasında pelvis ile lomber omurga arasında koordineli bir hareket ilişkisi bulunur; buna lumbopelvik ritim adı verilir. Öne eğilme sırasında başlangıçta lomber fleksiyon ön plandayken, devamında pelvis anterior tilt ile harekete katılır. Ayağa doğrulurken ise gluteal kaslar ve lomber ekstansörler senkronize çalışır (Neumann, 2010).

Yürüyüşte pelvis: stance fazında hafif rotasyon, frontal planda kontrollü karşı taraf düşüşü, sagittal planda minimal tilt

göstererek adım uzunluğunu artırır ve enerji tüketimini azaltır (Shum et al., 2007).

Tek ayak basma sırasında gluteus medius pelvik düşmeyi kontrol eder. Pelvik taban ve derin abdominal sistem gövde merkez stabilitesini korur. Bu mekanik bütünlük bozulduğunda hareket daha sert, daha maliyetli ve daha dengesiz hale gelir.

4. YAŞLANMAYA BAĞLI PELVİK HALKADAKİ YAPISAL VE FONKSİYONEL DEĞİŞİKLİKLER

4.1. Kemik Remodelasyonu ve Osteoporotik Frajilite

Pelvik kemiklerde trabeküler yoğunluk azalır. Özellikle pubik ramus, sakral ala ve asetabular çevre osteoporotik kırıklara yatkın hale gelir. Düşük enerjili düşmeler sonrası pelvik frajilite kırıkları görülebilir (Jones et al., 2016).

4.2. Sakroiliak Eklem ve Simfizis Pubis Dejenerasyonu

Eklem yüzeylerinde düzensizlik, kırıkdağ incilmesi ve ligamentöz sertleşme hareket açıklığını azaltır. Bu durum yük transferinde rijidite oluşturur (Vleeming et al., 2012; Laslett, 2008).

4.3. Gluteal Sarkopeni ve Miyofasiyal Sertleşme

Gluteus medius-minimus ve gluteus maximus kaslarında kuvvet azalması pelvik dengeyi bozar. Ayrıca iliopsoas ve pelvik çevre fasyalarda sertlik gelişebilir (Mombiola et al., 2020; Grimaldi & Fearon, 2015).

4.4. Proprioseptif ve Sensörimotor Geribildirim Kaybı

Derin stabilizasyon kaslarının aktivasyon zamanlaması gecikir. Tek ayak yüklenme sırasında merkez kontrol zayıflar (Hodges et al., 2013).

4.5. Pelvik Taban Kaslarında Zayıflama

Pelvik taban yalnızca kontinans değil, gövde stabilitesi için de önemlidir. Yaşla birlikte bu kasların tonusu azalınca force closure mekanizması zayıflar (Arumugam et al., 2012).

5. YAŞLILARDA SIK GÖRÜLEN PELVİK BÖLGE PATOLOJİLERİ

Sakroiliak eklem ağrısı, pelvik frajilite kırıkları, simfizis pubis dejeneratif ağrıları, gluteal tendinopati, trokanterik ağrı sendromu, pelvik taban disfonksiyonları ile ilişkili stabilite sorunları ve lumbopelvik instabiliteye bağlı yürüme kompensasyonları yaşlı bireylerde sık görülen pelvik bölge patolojileridir. Bu patolojiler sıklıkla bel, kalça veya kasık ağrısı ile karışabilir (Laslett, 2008; Grimaldi & Fearon, 2015).

6. KLİNİK DEĞERLENDİRME

Pelvik değerlendirmede pelvik tilt ve postür analizi, Trendelenburg gözlemi, sakroiliak provokasyon testleri, gluteal kas kuvvet testi, tek ayak duruş, otur-kalk analizi, yürüyüşte pelvik salınım gözlemi, pelvik taban fonksiyon sorgulaması ve lumbopelvik koordinasyon değerlendirmesi birlikte ele alınmalıdır. Gerekirse görüntüleme ile frajilite kırıkları dışlanmalıdır (Roecker et al., 2016).

7. FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON YAKLAŞIMLARI

7.1. Lumbopelvik Stabilizasyon Eğitimi

Transversus abdominis, multifidus, pelvik taban aktivasyonu.

7.2. Gluteal Güçlendirme

Bridge, side lying abduction, resisted stepping.

7.3. Pelvik Mobilite ve Esneklik

Anterior-posterior tilt farkındalığı, kalça fleksör germe.

7.4. Tek Ayak Denge ve Yük Transferi

Weight shift, step control, tandem görevler.

7.5. Fonksiyonel Görev Eğitimi

Yürüme simetrisi, yön değiştirme, oturma-kalkma.

7.6. Pelvik Taban Entegrasyonu

Solunumla eş zamanlı pelvik taban aktivasyon çalışmaları.

8. SONUÇ

Pelvik halka yaşlanma ile birlikte kemik fragilitesi, sakroiliak dejenerasyon, gluteal sarkopeni, sensörimotor yavaşlama ve pelvik taban zayıflığı nedeniyle belirgin biyomekanik değişime uğramaktadır (Jones et al., 2016; Hodges et al., 2013). Bu merkez bölgedeki stabilite kaybı yürüyüş, denge, lumbal kontrol ve alt ekstremitte yük aktarımı üzerinde geniş kapsamlı etkiler oluşturur.

Geriatrik fizyoterapi yaklaşımında pelvis, yalnızca pasif bir kemik halka olarak değil; tüm vücut postüral organizasyonunun merkezi stabilizasyon platformu olarak değerlendirilmelidir. Uygun lumbopelvik egzersizler ve fonksiyonel denge çalışmaları yaşlı bireyin hareket güvenliğini anlamlı ölçüde artırabilir.

KAYNAKÇA

- Arumugam, A., Milosavljevic, S., Woodley, S., & Sole, G. (2012). Effects of external pelvic compression on force closure and neuromotor control. *Manual Therapy*, 17(4), 275–281.
- Grimaldi, A., & Fearon, A. (2015). Gluteal tendinopathy: Integrating pathomechanics and clinical features in its management. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 45(11), 910–922.
- Hodges, P. W., Cholewicki, J., & van Dieën, J. H. (2013). *Spinal control: The rehabilitation of back pain*. Elsevier.
- Huseynov, A., Zollikofer, C. P. E., Coudyzer, W., et al. (2016). Developmental evidence for obstetric adaptation of the human female pelvis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(19), 5227–5232.
- Jones, N., Kiely, J., Suraci, B., et al. (2016). Personalized physical training in aging populations: Neuromuscular adaptation principles. *Sports Medicine*, 46(9), 1239–1252.
- Laslett, M. (2008). Evidence-based diagnosis and treatment of the painful sacroiliac joint. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 16(3), 142–152.
- Matteson, E. L., & Dejaco, C. (2017). Polymyalgia rheumatica. *Annals of Internal Medicine*, 166(9), ITC65–ITC80.
- Mombiola, R. M., Facal, D., Juncos-Rabadán, O., et al. (2020). Ultrasound biomarkers of sarcopenia in older adults. *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, 24(1), 56–65.
- Neumann, D. A. (2010). *Kinesiology of the musculoskeletal system* (2nd ed.). Mosby Elsevier.
- Roecker, C. B., Walker, F. O., & Cartwright, M. S. (2016). An evidence-based approach to the orthopedic physical examination. *Journal of the American Osteopathic College of Orthopedic Surgery*, 13(2), 45–58.
- Shum, G. L. K., Crosbie, J., & Lee, R. Y. W. (2007). Three-dimensional kinetics of the lumbar spine and hips in low back pain patients during functional tasks. *Spine*, 32(7), E211–E219.
- Sichting, F., Rossol, N., Soisson, O., Klima, S., & Milani, T. L. (2014). Pelvic belt effects on sacroiliac joint ligaments: A computational approach to understanding therapeutic mechanisms. *Pain Physician*, 17(1), 61–68.
- Taurog, J. D., Chhabra, A., & Colbert, R. A. (2016). Ankylosing spondylitis and axial spondyloarthritis. *The New England Journal of Medicine*, 374(26), 2563–2574.
- Vleeming, A., Schuenke, M. D., Danneels, L., & Willard, F. H. (2012). The sacroiliac joint: An overview of its anatomy, function and potential clinical implications. *Journal of Anatomy*, 221(6), 537–567.



YAŞLI BİREYLERDE LOMBER OMURGA BİYOMEKANİĞİ

“ ”

Hilal EMDİ¹

Hacer Dilara AYDEMİR²

1 Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD,
hilaled2000@gmail.com, Orcid: 0009-0003-7000-6133

2 Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD,
dilaraydemir22@gmail.com Orcid: 0009-0009-7831-2622

1. GİRİŞ

Lomber omurga, insan vücudunda gövde ağırlığını taşıyan, alt ekstremiteler ile üst gövde arasındaki yük transferini sağlayan ve hareket sırasında postüral stabiliteyi koruyan temel aksiyel segmenttir (Neumann, 2017). Beş lomber vertebra, intervertebral diskler, faset eklemler, ligamentöz yapılar ve derin-paravertebral kaslar birlikte çalışarak hem mobilite hem de yüksek mekanik dayanıklılık sağlar. Günlük yaşam boyunca oturma, ayağa kalkma, eğilme, kaldırma, dönme ve yürüme gibi tüm fonksiyonel hareketlerde lomber omurga merkezi rol üstlenmektedir.

Yaşlanma ile birlikte lomber bölgede intervertebral disklerde su kaybı ve yükseklik azalması, faset eklem dejenerasyonu, vertebral kemik yoğunluğunda azalma, ligamentöz sertlik ve paraspinal kaslarda sarkopeni gelişir. Bu değişiklikler segmental hareket kontrolünü bozmakta, yük paylaşımını değiştirmekte ve postüral kompensasyonların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Brinjikji et al., 2015; Tian et al., 2025). Sonuç olarak yaşlı bireylerde bel ağrısı, hareket kısıtlılığı, öne eğik postür, denge bozukluğu ve yürüme performansında azalma sık karşılaşılan klinik bulgular haline gelir (Hoy et al., 2012; Sakai et al., 2017).

Lomber omurga yalnızca lokal bir omurga bölgesi değil; pelvis, kalça ve torakal segmentlerle koordineli çalışan lumbopelvik sistemin ana eksenidir. Bu nedenle lomber biyomekanikteki yaşa bağlı bozulmalar tek başına bel ağrısı oluşturmakla kalmaz, tüm gövde hareket ekonomisini etkiler. Özellikle derin stabilizasyon kaslarının aktivasyon gecikmesi ve abdominal basınç yönetimindeki azalma, yaşlı bireylerde ani hareketlerde güven kaybına yol açmaktadır (Hides et al., 1996).

Bu bölümde lomber omurganın anatomik ve biyomekanik özellikleri, normal segmental hareket mekanizması, yaşlanmaya bağlı yapısal ve fonksiyonel değişiklikler, sık görülen klinik sonuçlar ile fizyoterapi ve rehabilitasyon yaklaşımları ayrıntılı biçimde ele alınacaktır.

2. LOMBER OMURGANIN ANATOMİK VE BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Lomber omurga L1-L5 vertebralarından oluşur ve vertebra korpusları bu bölgede daha büyük, daha kalın ve yük taşımaya daha uygun yapıdadır. İntervertebral diskler vertebra arasında şok absorpsiyonu, kompresif yük dağılımı ve hareket açıklığı sağlar. Disklerin merkezindeki nukleus pulpozus hidrostatik basınç ile yük taşırken, anulus fibrozus çevresel gerilimleri karşılar (Neumann, 2017).

Faset eklemler sagittale yakın dizilim gösterdiği için fleksiyon-ekstansiyon hareketlerine izin verirken rotasyonu sınırlar. Anterior

longitudinal ligament, posterior longitudinal ligament, ligamentum flavum, interspinöz ve supraspinöz ligamentler pasif stabilizeye katkıda bulunur.

Aktif stabilizasyon multifidus, erector spinae, quadratus lumborum, transversus abdominis, internal oblik ve diyafram ile sağlanır. Özellikle multifidus ve transversus abdominis segmental stabilitenin nöromüsküler temelidir (Hides et al., 1996).

Lomber lordoz fizyolojik olarak aksiyel yüklerin dengeli dağılımına yardımcı olur. Bu eğrilikteki artış veya azalma disk ve faset üzerindeki stresleri değiştirir.

3. NORMAL LOMBER KİNEZYOLOJİ VE YÜK AKTARIMI

Lomber omurga fleksiyon, ekstansiyon, lateral fleksiyon ve sınırlı rotasyon yapabilir. Fleksiyon sırasında vertebra korpuslarının anterior kısmı yaklaşırken posterior elemanlar ayrılır, disk posteriora doğru basınç alır. Ekstansiyonda bunun tersi gerçekleşir ve faset eklem teması artar (Neumann, 2017).

Öne eğilme ve doğrulma sırasında pelvis ile koordineli çalışan lumbopelvik ritim bulunur. Başlangıçta lomber fleksiyon öne çıkar, ardından pelvik anterior tilt harekete katılır. Bu ritim sayesinde yük tek bir segmentte toplanmaz.

Abdominal kaslar ile diyafram ve pelvik taban arasında oluşan intraabdominal basınç omurgaya içten destek sağlar. Derin stabilizasyon sistemi ani hareketler öncesi anticipatuar aktivasyon gösterir (Hides et al., 1996).

Yürüyüş sırasında lomber omurga minimal rotasyon ve kontrollü sagittal salınım ile gövde stabilitesini sürdürür (Woollacott & Shumway-Cook, 2002).

4. YAŞLANMAYA BAĞLI YAPISAL VE FONKSİYONEL DEĞİŞİKLİKLER

4.1. İntervertebral Disk Dejenerasyonu

Disklerde su içeriği azalır, disk yüksekliği düşer ve elastikiyet kaybı gelişir. Şok absorpsiyonu azalınca yük faset eklemlere ve vertebral son plaklara daha fazla biner (Brinjikji et al., 2015; Tian et al., 2025).

4.2. Faset Eklem Dejenerasyonu

Kıkırdak aşınması, osteofit oluşumu ve kapsüller sertleşme segmental hareketi ağırlı ve kısıtlı hale getirir (Brinjikji et al., 2015).

4.3. Vertebral Kemik Frajilitesi

Osteoporotik değişiklikler vertebral kompresyon kırıklarına yatkınlık oluşturur. Bu durum kifotik postür gelişimini hızlandırabilir.

4.4. Ligamentöz Sertlik

Ligamentum flavum ve diğer bağ dokularında kalınlaşma-esneklik kaybı görülür. Segment hareket akıcılığı azalır (Kreiner et al., 2013).

4.5. Paraspinal Sarkopeni ve Derin Stabilite Kaybı

Multifidus ve erector spinae kas kesit alanı azalır. Segmental kontrol zayıflar, postüral yorgunluk artar (Sakai et al., 2017; Sun et al., 2024).

5. KLİNİK SONUÇLAR VE SIK GÖRÜLEN PATOLOJİLER

Kronik mekanik bel ağrısı, lomber spondiloz, spinal stenoz, dejeneratif disk hastalığı, postüral fleksiyon artışı, yürüme toleransında azalma ve oturma-kalkmada zorlanma yaşlı bireylerde sık görülen lomber bölge problemleridir. Lomber stabilite kaybı nedeniyle birey ani eğilme-dönme hareketlerinden kaçınmaya başlar ve yürüme sırasında gövde rijiditesi artabilir. Özellikle lomber spinal stenoz yaşlı bireylerde nörojenik kladikasyon ile yürüyüş mesafesini ciddi biçimde sınırlandırabilir (Katz et al., 2022; Ammendolia et al., 2022).

6. KLİNİK DEĞERLENDİRME

Lomber değerlendirmede postür analizi ve lordoz değerlendirmesi, lomber eklem hareket açıklığı, Schober testi, abdominal ve paraspinal kas kuvveti, lumbopelvik ritim gözlemi, otur-kalk analizi, yürüme toleransı, denge testleri ile ağrı ve fonksiyon ölçekleri birlikte kullanılmalıdır. Oswestry Disability Index ve Roland-Morris Disability Questionnaire fonksiyonel takipte kullanılabilir (Fairbank & Pynsent, 2000; Roland & Morris, 1983).

7. FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON YAKLAŞIMLARI

7.1. Segmental Stabilizasyon

Transversus abdominis ve multifidus aktivasyon eğitimi.

7.2. Mobilite ve Esneklik

Pelvik tilt, cat-camel, lumbar rotation kontrollü egzersizleri.

7.3. Postüral Düzeltme

Oturma-ayağa kalkma hizalama, gövde ekstansiyon farkındalığı.

7.4. Fonksiyonel Güçlendirme

Bridge, sit-to-stand, kontrollü lifting.

7.5. Yürüme ve Endurans

Kademeli yürüme, ritmik gövde kontrolü.

7.6. Ağrı Yönetimi ve Eğitim

Günlük yaşam ergonomisi, yüklenme stratejileri (Bussi res et al., 2021).

8. SONUÇ

Lomber omurga yaşılanma ile birlikte disk dejenerasyonu, faset bozulması, kemik fragilitesi, ligamentöz sertlik ve derin stabilizasyon kaybı nedeniyle belirgin yapısal ve biyomekanik değişime uğramaktadır (Brinjikji et al., 2015; Sun et al., 2024). Bu değişiklikler yalnızca bel ağrısına değil; postüral bozulma, denge kaybı ve fonksiyonel mobilitede azalmaya da neden olur.

Geriatrik fizyoterapi yaklaşımında lomber bölge, tüm gövde stabilizasyon zincirinin ana eksenini olarak değerlendirilmeli; segmental kontrol, postüral dayanıklılık ve güvenli hareket stratejileri ön planda tutulmalıdır.

KAYNAKÇA

- Ammendolia, C., Côté, P., Southerst, D., et al. (2022). Non-operative treatment for lumbar spinal stenosis with neurogenic claudication: An updated systematic review. *BMJ Open*, 12, e057724.
- Brinjikji, W., Luetmer, P. H., Comstock, B., et al. (2015). Systematic literature review of imaging features of spinal degeneration in asymptomatic populations. *American Journal of Neuroradiology*, 36(4), 811–816.
- Bussi eres, A., Cancelliere, C., Ammendolia, C., et al. (2021). Non-surgical interventions for lumbar spinal stenosis leading to neurogenic claudication: A clinical practice guideline. *The Journal of Pain*, 22(9), 1015–1039.
- Fairbank, J. C. T., & Pynsent, P. B. (2000). The Oswestry Disability Index. *Spine*, 25(22), 2940–2952.
- Hides, J. A., Richardson, C. A., & Jull, G. A. (1996). Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute first-episode low back pain. *Spine*, 21(23), 2763–2769.
- Hoy, D., Bain, C., Williams, G., et al. (2012). A systematic review of the global prevalence of low back pain. *Arthritis & Rheumatism*, 64(6), 2028–2037.
- Katz, J. N., Zimmerman, Z. E., Mass, H., & Makhni, M. C. (2022). Diagnosis and management of lumbar spinal stenosis: A review. *JAMA*, 327(17), 1688–1699.
- Kreiner, D. S., Shaffer, W. O., Baisden, J. L., et al. (2013). Diagnosis and treatment of degenerative lumbar spinal stenosis. *The Spine Journal*, 13(7), 734–743.
- Neumann, D. A. (2017). *Kinesiology of the musculoskeletal system* (3rd ed.). Elsevier.
- Roland, M., & Morris, R. (1983). A study of the natural history of back pain. Part I: Development of a reliable and sensitive measure of disability in low-back pain. *Spine*, 8(2), 141–144.
- Sakai, Y., Matsui, H., Ito, S., et al. (2017). Sarcopenia in elderly patients with chronic low back pain. *Osteoporosis and Sarcopenia*, 3(4), 195–200.
- Sun, K., Zhu, H., Huang, B., Liu, H., Wang, J., & Zhou, Z. (2024). MRI-based central sarcopenia negatively impacts the therapeutic effectiveness of single-segment lumbar fusion surgery in the elderly. *Scientific Reports*, 14, 5043.
- Tian, M., Qi, B., Zeng, J., Zhang, Y., & Liu, X. (2025). Age- and sex-related differences in lumbar disc degeneration and multifidus muscle atrophy: A retrospective MRI study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 26, 1059.
- Woollacott, M. H., & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait: A review of an emerging area of research. *Gait & Posture*, 16(1), 1–14.



YAŞLI BİREYLERDE TORAKAL OMURGA BİYOMEKANİĞİ

“ ”

Nursel ECE¹

Dovlet BABEKOV²

1 Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD, nursellecee@gmail.com, Orcid: 0009-0000-9621-1360

2 Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD, bdovlet3197@gmail.com Orcid: 0009-0007-6764-5

1. GİRİŞ

Torakal omurga, servikal ve lomber bölgeler arasında geçiş sağlayan, göğüs kafesi ile birlikte çalışan ve gövde postürünün korunmasında önemli rol oynayan aksiyel iskelet segmentidir (Moore et al., 2018; Neumann, 2017). On iki torakal vertebra, kostalar, sternum, intervertebral diskler ve kostovertebral eklemlerle birlikte hem koruyucu hem de fonksiyonel bir yapı oluşturur. Bu bölge yalnızca omurganın orta kısmı olarak değil; solunum mekaniği, üst ekstremité hareket açıklığı, baş-boyun postürü ve gövde rotasyon kapasitesini etkileyen merkezi bir postüral platform olarak değerlendirilmelidir.

Torakal omurganın doğal kifotik eğriliği vücut ağırlığının dağıtılmasına katkı sağlarken, aşırı kifotikleşme tüm omurga biyomekaniğini olumsuz etkileyebilir (Maiman & Pintar, 1992; Ferguson & Steffen, 2003). Yaşlanma ile birlikte torakal vertebralarda osteoporotik zayıflama, intervertebral disk yüksekliğinde azalma, kostovertebral eklem sertliği, ligamentöz esneklik kaybı ve ekstansör kaslarda kuvvet azalması gelişmektedir. Bu değişiklikler torakal hareket açıklığını kısıtlamakta ve gövdenin öne kapanma eğilimini artırmaktadır (Adams & Roughley, 2006; Priesmeyer et al., 2018).

Yaşlı bireylerde sık gözlenen artmış torakal kifoz yalnızca estetik veya postürel bir değişiklik değildir; denge merkezinin öne kaymasına, servikal hiperekstansiyon kompensasyonuna, omuz protraksiyonuna, solunum kapasitesinde azalmaya ve yürüme sırasında görsel alanın değişmesine neden olur. Böylece torakal bölgedeki yapısal değişimler fonksiyonel bağımsızlığı doğrudan etkileyen çok yönlü sonuçlar doğurur (Culham et al., 1994; Sinaki et al., 2005).

Bu bölümde torakal omurganın anatomik ve biyomekanik özellikleri, normal gövde postüründeki rolü, yaşlanmaya bağlı yapısal ve fonksiyonel değişiklikler, klinik postüral yansımalar ile fizyoterapi ve rehabilitasyon yaklaşımları ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

2. TORAKAL OMURGANIN ANATOMİK VE BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Torakal omurga T1-T12 vertebralarından oluşur. Vertebra korpusları lomber bölgeye göre daha küçüktür ancak kostalarla oluşturduğu eklem bağlantıları nedeniyle segmental rijiditesi daha fazladır. Kostovertebral ve kostotransvers eklemler torakal segmentin solunum ile senkronize hareket etmesini sağlar (Waxenbaum et al., 2023).

Torakal intervertebral diskler lomber disklerden daha incedir ve hareket açıklığı nispeten sınırlıdır. Faset eklemlerin frontal düzleme daha yakın yerleşimi rotasyona izin verirken fleksiyon-ekstansiyonu sınırlar. Bu nedenle torakal omurga özellikle rotasyonel hareketlerde önemli rol oynar (White & Panjabi, 1990).

Torakal kifoz fizyolojik olarak yaklaşık 20–40 derece arasında kabul edilir. Bu eğrilik gövde ağırlığının dağılımı ve şok absorpsiyonu için gereklidir. Ancak kifoz artışı aksiyel yüklerin anterior vertebral kolon üzerine yoğunlaşmasına yol açar (Ferguson & Steffen, 2003).

Torakal stabilizasyon erector spinae'nin torasik lifleri, transversospinal kaslar, trapezius orta-alt lifleri, rhomboidler, serratus anterior ve interkostal kaslar tarafından sağlanır. Bu kaslar hem postürün korunmasında hem de solunumla ilişkili mekanik fonksiyonlarda görev görür (Neumann, 2017).

3. NORMAL TORAKAL KİNEZYOLOJİ VE GÖVDE POSTÜRÜNDEKİ ROLÜ

Torakal omurga fleksiyon, ekstansiyon, lateral fleksiyon ve rotasyon hareketleri yapar. Ancak bu hareketler kostal bağlantılar nedeniyle kontrollü ve sınırlıdır. Günlük yaşamda özellikle gövde rotasyonu, uzanma, doğrulma ve üst ekstremité elevasyonunda torakal mobilite kritik önem taşır (White & Panjabi, 1990).

Üst ekstremité tam fleksiyon ve abdüksiyonu için torakal ekstansiyon gerekir. Eğer torakal bölge rijitse skapular hareket paternleri bozulur. Aynı şekilde başın nötral hizalanabilmesi için torakal postür dengesi gereklidir.

Solunum sırasında kostalarla birlikte torakal segmentte hafif elevasyon-depresyon ve genişleme hareketleri oluşur. Bu nedenle torakal rijidite inspirasyon kapasitesini de etkileyebilir (Culham et al., 1994).

Yürüyüşte torakal omurga pelvisle karşıt yönde hafif rotasyon yaparak enerji tasarrufu sağlar ve kol salınımını destekler.

4. YAŞLANMAYA BAĞLI YAPISAL VE FONKSİYONEL DEĞİŞİKLİKLER

4.1. Vertebral Osteoporoz ve Kompresyon Eğilimi

Torakal vertebralar özellikle osteoporotik kompresyon kırıklarına yatkındır. Ön kolon çökmesi kifotik açıyı artırır (Bennell et al., 2010).

4.2. Disk Yüksekliğinde Azalma

İntervertebral disklerde su kaybı yükseklik azalması segmentler arası esnekliği azaltır (Adams & Roughley, 2006).

4.3. Kostovertebral Eklem Sertliği

Kostal eklem hareketliliği azalır, göğüs kafesi ekspansiyonu kısıtlanır (Culham et al., 1994).

4.4. Ekstansör Kas Sarkopenisi

Torakal erector spinae, trapezius ve skapular retraktörlerde kuvvet azalması görülür. Bu durum öne kapanmayı artırır (Priesmeyer et al., 2018).

4.5. Ligamentöz ve Fasyal Sertlik

Anterior longitudinal ligament ve torakolomber fasya esnekliği azalır (Ferguson & Steffen, 2003).

5. KLİNİK SONUÇLAR VE POSTÜRAL YANSIMALAR

Yaşlı bireylerde torakal değişimlerin klinik sonuçları artmış torakal kifoz, omuz protraksiyonu, ileri baş postürü, gövde rotasyonunda azalma, üst ekstremité elevasyon kısıtlılığı, solunum kapasitesinde düşüş ve denge merkezinin anteriora kayması şeklinde görülür. Hiperkifotik postür görsel alanı aşağı çeker, yürüme güvenliğini azaltır ve düşme riskini artırır. Ayrıca göğüs kafesi kapanması nedeniyle inspiratuar kapasite azalabilir (Kado, 2009; Sinaki et al., 2005).

6. KLİNİK DEĞERLENDİRME

Torakal değerlendirmede kifoz açısı ve postür analizi, torakal ekstansiyon ve rotasyon eklem hareket açıklığı, göğüs çevresi ekspansiyon ölçümü, skapular pozisyon gözlemi, baş postürü değerlendirmesi, fonksiyonel uzanma testi ve yürüme sırasında gövde rotasyon analizi birlikte ele alınmalıdır.

7. FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON YAKLAŞIMLARI

7.1. Torakal Mobilizasyon

Ekstansiyon ve rotasyon odaklı segmental mobilite egzersizleri.

7.2. Postüral Ekstansör Güçlendirme

Scapular retraction, prone extension, wall angel.

7.3. Göğüs Kafesi Açma ve Solunum Eğitimi

Derin inspirasyon, kostal ekspansiyon çalışmaları.

7.4. Fasya ve Pektoral Esneklik

Pectoral germe, anterior zincir açma.

7.5. Fonksiyonel Duruş Eğitimi

Oturma-yürüme sırasında dik gövde farkındalığı (Kado, 2009).

8. SONUÇ

Torakal omurga yaşlanma ile birlikte vertebral frajilite, disk dejenerasyonu, kostal rijidite ve ekstansör kas zayıflığı nedeniyle belirgin postüral değişime uğramaktadır (Adams & Roughley, 2006; Priesmeyer et al., 2018). Artan torakal kifoz yalnızca gövde şekil değişikliği oluşturmaz; baş-boyun hizasını, omuz fonksiyonunu, solunumu ve dengeyi olumsuz etkiler.

Bu nedenle geriatrik fizyoterapide torakal bölge değerlendirmesi postür, solunum ve fonksiyonel mobilite ile birlikte ele alınmalı; torakal ekstansiyon kapasitesinin korunması temel hedeflerden biri olmalıdır.

KAYNAKÇA

- Adams, M. A., & Roughley, P. J. (2006). What is intervertebral disc degeneration, and what causes it? *Spine*, 31(18), 2151–2161.
- Bennell, K. L., Matthews, B., Greig, A., Briggs, A., Kelly, A., Sherburn, M., Larsen, J., & Wark, J. (2010). Effects of an exercise and manual therapy program on physical impairments, function and quality of life in people with osteoporotic vertebral fracture. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 11, 36.
- Culham, E. G., Jimenez, H. A., & King, C. E. (1994). Thoracic kyphosis, rib mobility, and lung volumes in normal women and women with osteoporosis. *Spine*, 19(11), 1250–1255.
- Ferguson, S. J., & Steffen, T. (2003). Biomechanics of the aging spine. *European Spine Journal*, 12(Suppl 2), S97–S103.
- Kado, D. M. (2009). The rehabilitation of hyperkyphotic posture in the elderly. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 45(4), 583–593.
- Maiman, D. J., & Pintar, F. A. (1992). Anatomy and clinical biomechanics of the thoracic spine. *Clinical Neurosurgery*, 38, 296–324.
- Moore, K. L., Dalley, A. F., & Agur, A. M. R. (2018). *Clinically oriented anatomy* (8th ed.). Wolters Kluwer.
- Neumann, D. A. (2017). *Kinesiology of the musculoskeletal system* (3rd ed.). Elsevier.
- Nordin, M., & Frankel, V. H. (2021). *Basic biomechanics of the musculoskeletal system* (5th ed.). Wolters Kluwer.
- Priesmeyer, M., Liphardt, A. M., Armbrecht, G., et al. (2018). Effects of 12-month back extensor strengthening on posture in older women with hyperkyphosis. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 75, 209–215.
- Sinaki, M., Brey, R. H., Hughes, C. A., Larson, D. R., & Kaufman, K. R. (2005). Balance disorder and increased risk of falls in osteoporosis and kyphosis: Significance of kyphotic posture and muscle strength. *Osteoporosis International*, 16(8), 1004–1010.
- Waxenbaum, J. A., Reddy, V., & Futterman, B. (2023). Anatomy, back, thoracic vertebrae. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.



YAŞLI BİREYLERDE SERVİKAL OMURGA BİYOMEKANİĞİ

“ ”

Buse KABAK¹
Eylül ESEN²

1 Fizyoterapist, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD, Orcid: 0009-0001-7329-3284

2 Uzman Fizyoterapist, Safranbolu Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi, Safranbolu, Karabük, email: eylulesennnn@gmail.com, Orcid: 0009-0002-8497-3418

1. GİRİŞ

Servikal omurga, insan hareket sisteminin hem mobilitesi en yüksek hem de nörosensoriyel açıdan en karmaşık bölgelerinden biridir. Başın uzay içerisindeki konumunun korunması, görsel alanın stabilize edilmesi, vestibüler girdilerin postüral yanıtlarla bütünleştirilmesi ve üst ekstremité fonksiyonlarının etkin biçimde yürütülmesi servikal segmentlerin sağlıklı çalışmasına doğrudan bağlıdır. Yaklaşık 4–5 kilogram ağırlığındaki başın gün boyu farklı pozisyonlarda taşınması, bu bölgenin yalnızca pasif kemik ve bağ yapılarıyla değil, aynı zamanda hassas nöromusküler kontrol mekanizmalarıyla desteklenmesini gerekli kılar (Bogduk & Mercer, 2000; Neumann, 2017).

Servikal omurga anatomik olarak küçük vertebral yapılardan oluşmasına rağmen, fleksiyon, ekstansiyon, rotasyon ve lateral fleksiyon hareketlerinin geniş açıklıkta yapılabilmesine izin verir. Bu yüksek hareket kapasitesinin korunabilmesi için segmentler arasında yük paylaşımının dengeli olması, intervertebral disklerin yeterli elastikiyet göstermesi, faset eklemlerin kayıcı hareketlerinin korunması ve derin servikal kasların stabilizasyon görevini sürdürebilmesi gerekir. Ancak yaşlanma süreci ile birlikte servikal bölgede hem morfolojik hem de fonksiyonel düzeyde çok sayıda değişiklik gelişmektedir. Disk hidrasyonunun azalması, osteofitik oluşumlar, faset eklem dejenerasyonu, ligamentöz elastikiyet kaybı, kas kitlesinde azalma ve proprioseptif duyu bütünlüğünde bozulma bu değişikliklerin başlıcalarıdır (Binder, 2007; Côté et al., 2008).

Yaşlı bireylerde servikal omurgada görülen biyomekanik bozulmalar yalnızca boyun ağrısı ile sınırlı kalmamaktadır. Başın öne translasyonu, servikal lordozun düzleşmesi, üst servikal kompensatuar ekstansiyon, skapular hizalanma bozuklukları ve servikojenik dengesizlik hissi günlük yaşam aktivitelerinde belirgin fonksiyonel kısıtlılıklara yol açabilmektedir. Özellikle yürüme sırasında çevreyi tarama, araç kullanırken yön kontrolü, okuma, merdiven inip çıkma ve denge reaksiyonları gibi baş-boyun koordinasyonu gerektiren aktiviteler bu değişimlerden doğrudan etkilenmektedir (Treleaven, 2017).

Servikal bölgenin klinik önemini artıran bir diğer nokta, bu yapının yalnızca mekanik bir hareket halkası değil, aynı zamanda vestibüler ve görsel sistemlerle yoğun bağlantı içinde çalışan bir sensörimotor merkez olmasıdır. Derin servikal kaslar ve eklem kapsüllerindeki mekanoreseptörler başın pozisyonuna ilişkin sürekli bilgi üretir; bu bilgi vestibülooküler refleks ve postüral denge mekanizmalarının düzenlenmesinde kullanılır. Dolayısıyla yaşlanmaya bağlı servikal proprioseptif gerileme, bireyin yalnızca boyun hareket kalitesini değil, uzaysal yönelim güvenliğini ve düşme riskini de etkileyebilmektedir (Kristjansson & Treleaven, 2009).

Bu bölümde servikal omurganın anatomik ve biyomekanik yapısı, normal kinezyolojik özellikleri, yaşlanma ile ortaya çıkan dejeneratif ve nöromüsküler değişiklikler, klinik yansımaları, değerlendirme yöntemleri ve fizyoterapi-rehabilitasyon yaklaşımları bütüncül bir bakış açısıyla ele alınacaktır.

2. SERVİKAL OMURGANIN ANATOMİK VE BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Servikal omurga yedi vertebradan oluşur ve fonksiyonel olarak üst servikal (oksiput-C1-C2) ile alt servikal (C3-C7) segmentler şeklinde incelenir. Üst servikal kompleks, başın sagittal ve transvers düzlem hareketlerinin önemli bir bölümünü sağlarken; alt servikal segmentler çok yönlü mobilite ile yük aktarımını birlikte yürütür. Atlanto-oksipital eklem özellikle fleksiyon-ekstansiyon hareketinde rol oynarken, atlanto-aksiyal eklem servikal rotasyonun yaklaşık yarısından sorumludur. Alt servikal seviyelerde ise intervertebral diskler, uncovertebral eklemler ve oblik yerleşimli faset eklemler segmentler arası kontrollü kayma hareketleri oluşturarak hareket açıklığını destekler (White & Panjabi, 1990).

Servikal vertebraların gövdeleri torakal ve lomber bölgelere kıyasla daha küçüktür; buna karşın vertebral kanal nispeten geniştir ve vertebral arter geçişi için foramina transversaria içerir. Bu anatomik yapı, bir yandan yüksek hareket kapasitesi sağlarken diğer yandan nörovasküler yapıların korunmasını zorunlu kılar. Servikal lordotik eğrilik baş ağırlığının omurga boyunca optimal dağılımı açısından önemlidir. Lordozun korunması aksiyel yüklerin intervertebral disk, faset eklem ve kas sistemleri arasında dengeli dağılmasına yardımcı olur. Eğriliğin azalması veya ileri baş postürü ile birlikte bu denge bozulur ve posterior kas zincirinde sürekli gerilim oluşur (McAvinney et al., 2005).

Servikal stabilite pasif, aktif ve nöral kontrol alt sistemlerinin eş zamanlı çalışması ile sağlanır. Pasif alt sistemde vertebralar, diskler, faset eklemler ve ligamentler yer alırken; aktif sistemde longus colli, longus capitis, multifidus, semispinalis cervicis, suboksipital grup, sternokleidomastoid ve trapezius gibi kaslar görev alır. Özellikle derin boyun fleksörleri segmental hizalanmanın korunmasında kritik rol üstlenir. Bu kasların yetersiz çalışması durumunda yüzeyel fleksör ve ekstansör kaslarda kompensatuar aşırı aktivasyon görülür, bu da servikal yüklenmeyi artırır (Falla, Jull, & Hodges, 2004).

Servikal omurga aynı zamanda üst ekstremité hareketleri ile yakın mekanik ilişki içindedir. Skapulotorasik ritimdeki bozulmalar, torakal kifoz artışı ve omuz protraksiyonu servikal segmentlerde yüklenme dağılımını değiştirir. Bu nedenle servikal biyomekaniğin değerlendirilmesi yalnızca boyunla sınırlı düşünülmemeli, baş-boyun-omuz kuşağı zinciri olarak ele alınmalıdır.

3. NORMAL SERVİKAL KİNEZYOLOJİ VE BAŞ POSTÜR KONTROLÜ

Servikal omurga günlük yaşamda sürekli mikro düzeyde hareket üreten dinamik bir sistemdir. İstirahat pozisyonunda dahi göz hizasının korunması, başın yerçekimine karşı taşınması ve çevresel uyaranlara hızlı cevap verilebilmesi için servikal kaslarda tonik aktivite devam eder. Normal erişkinlerde servikal fleksiyon yaklaşık 45° – 50° , ekstansiyon 60° – 70° , lateral fleksiyon 40° civarı ve toplam rotasyon 70° – 90° arasında değişmektedir (Youdas et al., 1992). Ancak bu hareketler yalnızca açısal değerlerden ibaret değildir; hareketin akıcılığı, segmentler arası koordinasyonu ve son pozisyonadaki stabilitesi de fonksiyon açısından belirleyicidir.

Baş postür kontrolü görsel, vestibüler ve servikal somatosensoriyel sistemlerin eş zamanlı iş birliği ile gerçekleşir. Göz hareketleri çevresel hedefi izlerken vestibülooküler refleks baş hareketine rağmen retinal görüntünün sabit kalmasını sağlar. Aynı anda servikal kas içicikleri ve eklem reseptörlerinden gelen bilgiler santral sinir sistemine başın gövdeye göre pozisyonunu bildirir. Böylece birey yürürken, dönerken veya ani yön değiştirirken başını stabil tutabilir (Treleaven, 2008).

Normal postürde kulak tragusu ile akromion yaklaşık aynı dikey hatta yer alır. Başın hafif öne translasyonu bile moment kolunu artırarak servikal posterior kaslarda ciddi yük artışına neden olur. Örneğin başın yalnızca birkaç santimetre anterior yer değiştirmesi suboksipital kaslar, üst trapezius ve levator scapulae üzerinde sürekli izometrik gerilim oluşturur. Bu durum zamanla kas yorgunluğu, trigger noktalar ve hareket kısıtlılığına zemin hazırlar (Szeto, Straker, & Raine, 2002).

Baş-boyun kontrolü yalnızca statik duruşta değil, üst ekstremité hareketleri sırasında da önemlidir. Kol elevasyonu, uzanma, kavrama veya taşıma aktivitelerinde skapular pozisyon değişikliği ile servikal kas aktivitesi arasında eş zamanlı uyum gözlenir. Bu nedenle normal servikal kinezyoloji, tüm üst gövde postürel organizasyonunun ayrılmaz bir parçasıdır.

4. YAŞLANMAYA BAĞLI YAPISAL VE FONKSİYONEL DEĞİŞİKLİKLER

4.1. Disk Dejenerasyonu ve Segmental Yük Dağılımında Bozulma

Yaşlanmanın servikal omurgada en erken etkilerinden biri intervertebral disklerde su içeriğinin azalmasıdır. Disk yüksekliğinin azalması, annulus fibrosusun elastikiyet kaybı ve nükleus pulposusun şok absorbe edici kapasitesinin düşmesi segmentler arası kompresif yüklerin artmasına yol açar. Bu durum uncovertebral eklem ve faset yüzeylerinde dejeneratif stres oluşturarak osteofit gelişimini hızlandırır (Matsumoto et al., 1998).

4.2. Faset Eklem Dejenerasyonu ve Hareket Sertliği

Posterior elemanlarda meydana gelen kapsüller kalınlaşma ve eklem yüzeyi düzensizlikleri özellikle rotasyon ile ekstansiyon hareketlerinin akıcılığını azaltır. Yaşlı bireylerde başı arkaya çevirme veya yana bakma sırasında görülen mekanik tutukluk hissi çoğu zaman bu dejeneratif değişikliklerle ilişkilidir. Faset eklem kaynaklı ağrı servikal kas koruyucu spazmını da tetikleyebilir (Binder, 2007).

4.3. Servikal Lordozun Azalması ve İleri Baş Postürü

Torakal kifozun artmasıyla birlikte başın ağırlık merkezi anteriora taşınır. Bunu kompanse etmek için üst servikal bölgede ekstansiyon, alt servikal segmentlerde ise relatif fleksiyon gelişir. Sonuç olarak ileri baş postürü ortaya çıkar. Bu postüral model yalnızca estetik bir değişim değil; solunum paterni, skapular ritim, çiğneme-konuşma fonksiyonları ve denge stratejileri üzerinde de etkili olan bütüncül bir bozulmadır (Lau et al., 2010).

4.4. Kas Kuvveti ve Enduransta Azalma

Yaşla birlikte derin servikal fleksörlerde atrofi, kas lif kompozisyonunda değişim ve nöromusküler gecikme gelişebilir. Stabilizasyon görevini yerine getiremeyen bu kasların yerine sternokleidomastoid ve anterior skalenler gibi yüzeysel kaslar aşırı devreye girer. Bu kompensasyon servikal segmentlerde kompresif yükü artırırken hareket ekonomisini azaltır.

4.5. Proprioseptif ve Sensörimotor Gerileme

Servikal kas içcikleri baş pozisyon duyusunun temel bileşenlerindendir. Yaşla birlikte bu reseptörlerin hassasiyetindeki azalma ve santral entegrasyon hızındaki yavaşlama, bireyin baş-boyun hareketlerini daha güvensiz algılamasına neden olabilir. Bu durum özellikle gözler kapalıyken yön tayininde zorlanma, hızlı baş çevirirken sersemlik hissi ve dengesizlik şeklinde klinik karşılık bulur (Revel et al., 1991).

5. KLİNİK SONUÇLAR VE FONKSİYONEL YANSIMALAR

Servikal omurgadaki yaşlanma değişiklikleri çoğu zaman sinsi ilerler ve birey başlangıçta bunu yalnızca “boyunda tutulma” ya da “sağa sola bakarken zorlanma” şeklinde tanımlar. Ancak zamanla bu mekanik değişimler günlük yaşam performansını etkileyen çok boyutlu bir fonksiyon kaybına dönüşebilir. En sık görülen klinik tablo boyun ağrısı ve hareket açıklığında azalmadır. Bununla birlikte uzun süre kitap okuma, telefon kullanma, araç sürme, mutfakta yukarı raflara uzanma veya kalabalık ortamda çevreyi izleme gibi aktivitelerde erken yorgunluk belirginleşir.

Servikojenik baş dönmesi veya boşlukta hissetme şeklinde tarif edilen yakınmalar da yaşlı bireylerde dikkate değerdir. Başın hızlı çevrilmesi sırasında oluşan geçici denge güvensizliği, servikal proprioseptif bilginin

vestibüler sistem ile yeterli senkronize olamamasından kaynaklanabilir. Ayrıca ileri baş postürü ile birlikte görsel tarama açısının daralması yürüme güvenliğini azaltabilir. Bu durum özellikle dış ortamda kaldırım, merdiven veya kalabalık alan geçişlerinde düşme riskini artıran bir faktördür.

Servikal kasların kronik aşırı yük altında kalması omuz kuşağında gerginlik, skapular elevasyon, baş ağrısı ve üst ekstremitte kullanımında postüral verimsizlik oluşturabilir. Dolayısıyla servikal yaşlanma yalnızca lokal boyun problemi olarak değil, üst gövde fonksiyon zincirinin bozulması olarak değerlendirilmelidir.

6. KLİNİK DEĞERLENDİRME

Yaşlı bireylerde servikal bölgenin değerlendirilmesi yalnızca ağrı sorgulaması ve gonyometrik hareket ölçümü ile sınırlandırılmamalıdır. Klinik inceleme postür, mobilite, kas performansı, sensörimotor kontrol ve fonksiyonel entegrasyonu birlikte kapsamalıdır.

İlk aşamada statik postür analizi yapılmalı; craniovertebral açı, ileri baş postürü derecesi, torakal kifoz ilişkisi ve skapular simetri gözlenmelidir. Ardından aktif servikal fleksiyon, ekstansiyon, lateral fleksiyon ve rotasyon açıklıkları değerlendirilmelidir. Hareket sırasında kompensatuar omuz elevasyonu, trunk rotasyonu veya ağrı davranışı not edilmelidir.

Kas performansında özellikle deep neck flexor endurans testi önem taşır. Bunun yanında sternokleidomastoid ve üst trapezius aşırı aktivasyon paterni gözlenebilir. Servikal propriosepsiyon değerlendirmesinde joint position error testleri, lazer pointer eşliğinde başı nötr pozisyona getirme uygulamaları kullanılabilir. Denge ile ilişkili değerlendirmede baş hareketleri eklenmiş yürüme testleri ve görsel hedef takip görevleri yararlı bilgi sağlar.

Fonksiyonel sonuçların takibinde Neck Disability Index, servikal ağrı skalaları ve günlük yaşam aktivite sorgulamaları klinisyene tedavi planı açısından yol gösterir.

7. FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON YAKLAŞIMLARI

7.1. Servikal Mobilite Egzersizleri

Ağırsız sınırlar içinde yapılan aktif fleksiyon-ekstansiyon, rotasyon ve lateral fleksiyon egzersizleri eklem beslenmesini destekler, kapsüller sertliği azaltır ve hareket korkusunu önler. Egzersizler yavaş, kontrollü ve postür farkındalığı eşliğinde uygulanmalıdır.

7.2. Derin Boyun Fleksör Aktivasyonu

Chin tuck, kraniyoservikal fleksiyon ve düşük yükte izometrik endurans çalışmaları segmental stabiliteyi artırmak için temel yaklaşımdır. Bu egzersizler yüzeysel kas kompensasyonunu azaltarak baş hizalanmasını

iyileştirir.

7.3. Skapulotorasik ve Torakal Postür Eğitimi

Servikal bölgenin kalıcı rahatlaması için yalnızca boyun değil torakal ekspansiyon, skapular retraksiyon ve omuz kuşağı hizalaması da çalıştırılmalıdır. Böylece başın anterior translasyonu azaltılır.

7.4. Proprioseptif ve Sensörimotor Eğitim

Baş pozisyonunu hedefe geri getirme, lazer pointer egzersizleri, gözler kapalı yön tayini ve vestibüler entegrasyon çalışmaları servikojenik dengesizlik yakınmalarında etkilidir.

7.5. Denge ile Entegre Baş Hareket Eğitimi

Yürüme sırasında sağa-sola bakma, hedef takip ederek yürüme, dönüş sırasında baş hareketi ekleme gibi görevler servikal sistemin fonksiyonel yaşama transferini sağlar.

7.6. Ergonomi ve Günlük Yaşam Modifikasyonu

Uzun süre öne eğilerek telefon kullanma, düşük masa yüksekliği, uygunsuz yastık seçimi ve uzun süre sabit oturma gibi alışkanlıkların düzeltilmesi tedavinin sürdürülebilirliği açısından gereklidir.

8. SONUÇ

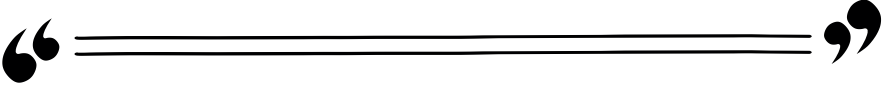
Servikal omurga yaşlanma sürecinden hem yapısal hem de nöromüsküler açıdan belirgin biçimde etkilenen bir bölgedir. Disk dejenerasyonu, faset sertliği, postüral değişimler, derin kas zayıflığı ve proprioseptif gerileme birlikte değerlendirildiğinde yaşlı bireylerde servikal fonksiyon kaybının yalnızca boyun hareket açıklığı ile açıklanamayacağı görülmektedir. Baş-boyun bölgesi denge, görsel yönelim, omuz kuşağı organizasyonu ve çevresel etkileşim açısından merkezi bir role sahiptir. Bu nedenle geriatrik fizyoterapi uygulamalarında servikal omurga yalnızca ağırlı segment olarak değil, sensörimotor bir kontrol alanı olarak ele alınmalıdır. Mobilite, stabilizasyon, postüral hizalanma ve denge entegrasyonunun birlikte hedefleyen rehabilitasyon yaklaşımları yaşlı bireylerin günlük yaşam güvenliğini ve hareket kalitesini artırmada temel öneme sahiptir.

KAYNAKÇA

- Binder, A. I. (2007). Cervical spondylosis and neck pain. *BMJ*, 334(7592), 527–531.
- Bogduk, N., & Mercer, S. (2000). Biomechanics of the cervical spine. I: Normal kinematics. *Clinical Biomechanics*, 15(9), 633–648.
- Côté, P., Cassidy, J. D., Carroll, L., & Kristman, V. (2008). The annual incidence and course of neck pain in the general population. *Pain*, 112(3), 267–273.
- Falla, D., Jull, G., & Hodges, P. (2004). Patients with neck pain demonstrate reduced electromyographic activity of the deep cervical flexor muscles during performance of the craniocervical flexion test. *Spine*, 29(19), 2108–2114.
- Kristjansson, E., & Treleaven, J. (2009). Sensorimotor function and dizziness in neck pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39(5), 364–377.
- Lau, H. M. C., Chiu, T. T. W., & Lam, T. H. (2010). Measurement of craniovertebral angle with electronic head posture instrument. *Manual Therapy*, 15(4), 363–368.
- Matsumoto, M., Fujimura, Y., Suzuki, N., et al. (1998). MRI of cervical intervertebral discs in asymptomatic subjects. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 80(1), 19–24.
- McAviney, J., Schulz, D., Bock, R., Harrison, D., & Holland, B. (2005). Determining the relationship between cervical lordosis and neck complaints. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 28(3), 187–193.
- Neumann, D. A. (2017). *Kinesiology of the musculoskeletal system* (3rd ed.). Elsevier.
- Revel, M., Andre-Deshays, C., & Minguet, M. (1991). Cervicocephalic kinesthetic sensibility in patients with cervical pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 72(5), 288–291.
- Szeto, G. P. Y., Straker, L., & Raine, S. (2002). A field comparison of neck and shoulder postures in symptomatic and asymptomatic office workers. *Applied Ergonomics*, 33(1), 75–84.
- Treleaven, J. (2008). Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability. *Manual Therapy*, 13(1), 2–11.
- Treleaven, J. (2017). Dizziness, unsteadiness, visual disturbances, and postural control. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 47(7), 492–502.
- White, A. A., & Panjabi, M. M. (1990). *Clinical biomechanics of the spine* (2nd ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Youdas, J. W., Garrett, T. R., Harmsen, S., Suman, V. J., & Carey, J. R. (1992). Normal range of motion of the cervical spine. *Physical Therapy*, 72(11), 770–780.



YAŞLI BİREYLERDE TEMPOROMANDİBULAR EKLEM BİYOMEKANİĞİ



Cebrail BAŞAKÇI¹

Elif DEMİR²

¹ Fizyoterapist, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD, Orcid: 0009-0006-8542-0339

² Fizyoterapist, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD, Orcid: 0009-0007-5909-8232

1. GİRİŞ

Temporomandibular eklem (TME), mandibulanın hareketini sağlayan ve çiğneme, konuşma, yutma, esneme ile yüz ifadeleri gibi temel orofasiyal fonksiyonların yürütülmesinde görev alan yüksek özelleşmiş bir sinoviyal eklemdir (Okeson, 2020; Neumann, 2017). Sağ ve sol temporomandibular eklemler fonksiyonel olarak birlikte çalışır; bu nedenle tek taraflı bir hareket dahi çift taraflı biyomekanik koordinasyon gerektirir. TME, rotasyon ve translasyon hareketlerini aynı fonksiyonel döngü içerisinde gerçekleştirebilmesi bakımından diğer periferik eklemlerden ayrılır.

Mandibulanın gün boyunca tekrarlayan yüksek frekanslı kullanımı, çiğneme kaslarının sürekli aktivitesi ve servikal postür ile yakın ilişkisi TME'yi yaşlanma sürecinde dikkatle değerlendirilmesi gereken bir yapı haline getirmektedir. Yaşla birlikte artiküler fibrokıkırdakta dejenerasyon, disk elastikiyetinde azalma, subkondral kemik sertleşmesi, çiğneme kaslarında kuvvet kaybı ve proprioseptif geribildirimde gerileme ortaya çıkmaktadır. Ayrıca diş kayıpları, oklüzal destek azalması ve tek taraflı çiğneme alışkanlıkları da eklem yük dağılımını değiştirmektedir (Chen et al., 2020; Zheng et al., 2023).

Yaşlı bireylerde TME fonksiyon bozuklukları çoğu zaman yalnızca çene ağrısı şeklinde değerlendirilse de, gerçekte çiğneme verimliliğinde azalma, konuşma sırasında yorgunluk, ağız açmada kısıtlılık, servikofasiyal gerginlik ve postüral kompensasyonlar gibi çok yönlü sonuçlar doğurabilir. Özellikle servikal omurga ile biyomekanik bağlantısı nedeniyle TME problemleri üst gövde postürüyle yakından ilişkilidir (Olivo et al., 2006; Olivo et al., 2010).

Bu bölümde temporomandibular eklem anatomik ve biyomekanik özellikleri, normal hareket mekanizması, yaşlanmaya bağlı yapısal değişiklikler, servikal postür ilişkisi, klinik değerlendirme ve fizyoterapi-rehabilitasyon yaklaşımları ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

2. TEMPOROMANDİBULAR EKLEMİN ANATOMİK VE BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

TME, temporal kemiğin mandibular fossası ile mandibular kondil arasında yer alan ve arada bikonkav artiküler disk bulunan çift taraflı sinoviyal eklem kompleksidir. Artiküler yüzeylerin fibrokıkırdak ile kaplı olması bu eklemi yüksek tekrarlı yüklenmelere daha dayanıklı kılar (Tanaka et al., 2008).

Artiküler disk kondil ile temporal kemik arasındaki temas yüzeyini artırır, sürtünmeyi azaltır ve yük dağılımını dengeler. Disk aynı zamanda hareket sırasında kondilin translasyon yolunu yönlendirir. Eklem kapsülü ve temporomandibular ligament pasif stabilite sağlar (Okeson, 2020).

TME hareketlerinin aktif kontrolü masseter, temporalis, medial pterigoid, lateral pterigoid ve suprahayoid kaslar tarafından sağlanır. Bu kaslar mandibular elevasyon, protrüzyon, retrüzyon ve lateral deviasyon hareketlerini koordine eder. Mandibular hareket trigeminal sinir üzerinden zengin duyu-motor kontrol altındadır. Eklem kapsülü ve çiğneme kaslarındaki reseptörler mandibula pozisyonunu hassas şekilde algılar (Schiffman et al., 2014).

3. NORMAL TME KİNEZYOLOJİSİ VE HAREKET MEKANİĞİ

Ağız açma hareketinin ilk kısmında mandibular kondil fossa içerisinde rotasyon yapar. Yaklaşık orta açıklıktan sonra kondil-disk kompleksi artiküler eminens boyunca anterior-inferior translasyona geçer. Böylece tam ağız açma rotasyon + translasyon kombinasyonu ile gerçekleşir (Okeson, 2020).

Ağız kapama sırasında bu mekanizma ters sırayla işler. Lateral deviasyonda çalışma tarafı kondili ağırlıklı rotasyon yaparken karşı taraf kondili translasyon gösterir. Çiğneme sırasında sağ-sol eklemler sürekli senkronize yük değişir.

Normal çiğneme paterni bilateral ve ritmiktir. Mandibula ile servikal omurga arasında da hafif koordineli hareket bulunur. Özellikle ağız açma sırasında başın hafif ekstansiyona eşlik etmesi görülebilir (Olivo et al., 2006).

4. YAŞLANMAYA BAĞLI YAPISAL VE FONKSİYONEL DEĞİŞİKLİKLER

4.1. Artiküler Fibrokıkırdak Dejenerasyonu

Yüzey elastikiyeti azalır, yük dağılımı bozulur, sürtünme artar (Chen et al., 2020; Mirahmadi et al., 2018).

4.2. Disk Elastikiyetinde Azalma

Disk daha az uyum sağlar; translasyon akıcılığı bozulabilir (Touré et al., 2005).

4.3. Subkondral Kemik Sertleşmesi

Kondiler adaptasyon kapasitesi azalır, osteofitik değişiklikler görülebilir (Ishibashi et al., 1995; Li et al., 2023).

4.4. Çiğneme Kaslarında Sarkopeni

Masseter ve temporalis kuvvet kaybı çiğneme verimini azaltır (Yadav et al., 2018).

4.5. Proprioseptif Geribildirim Azalması

Mandibular hareket hassasiyeti ve simetrik çiğneme kontrolü zayıflar (Wadhwa & Kapila, 2008).

4.6. Diş Kaybına Bağlı Oklüzal Değişiklikler

Tek taraflı yüklenme ve asimetrik kapanış paterni gelişebilir (Manfredini et al., 2017; Zheng et al., 2023).

5. SERVİKAL POSTÜR VE KRANIOMANDİBULAR İLİŞKİLER

TME, servikal omurga ile fonksiyonel zincir oluşturur. İleri baş postürü mandibulanın dinlenme pozisyonunu değiştirir, kondil-fossa ilişkisini etkiler ve çiğneme kas tonusunu artırabilir. Suprahyoid-infrahyoid sistem mandibula ile servikal segment arasında biyomekanik köprü görevi görür (Olivo et al., 2006).

Yaşlı bireylerde torakal kifoz ve ileri baş postürü arttıkça TME üzerindeki anormal yüklenmeler belirginleşebilir. Bu nedenle çene fonksiyon bozukluğu yalnızca lokal eklem sorunu olarak değerlendirilmemelidir (Olivo et al., 2010; La Touche et al., 2009).

6. KLİNİK DEĞERLENDİRME

Temporomandibular eklem değerlendirmesinde maksimum ağız açma ölçümü, lateral deviasyon ve protrüzyon hareketleri, açma-kapamada deviasyon gözlemi, eklem sesi palpasyonu, masseter-temporalis kas tonusu, servikal postür analizi ve çiğneme yorgunluğu sorgulaması birlikte ele alınmalıdır. DC/TMD kriterleri değerlendirmede yol gösterici olabilir (Schiffman et al., 2014).

7. FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON YAKLAŞIMLARI

7.1. Çiğneme Kas Gevşetme ve Yumuşak Doku Çalışmaları

Masseter, temporalis, suprahyoid gevşetme.

7.2. Kontrollü Mandibular Hareket Eğitimi

Aynalı ağız açma-kapama, deviasyon kontrolü.

7.3. İzometrik Stabilizasyon

Hafif dirençli açma-kapama ve lateral deviasyon.

7.4. Servikal Postür Düzeltme

Chin tuck, torakal açma, omuz kuşağı hizalama.

7.5. Çiğneme Eğitimi ve Hasta Farkındalığı

Çift taraflı çiğneme, sert gıda kontrolü, diş sıkma farkındalığı.

8. SONUÇ

Temporomandibular eklem yaşlanma ile birlikte artiküler yüzey dejenerasyonu, disk uyum kaybı, çiğneme kas sarkopenisi ve proprioseptif gerileme nedeniyle fonksiyonel verimliliğinde azalma göstermektedir (Chen et

al., 2020; Yadav et al., 2018). Buna diş kayıpları ve servikal postür bozuklukları eklendiğinde mandibular hareket kontrolü daha da zorlaşmaktadır.

Geriatrik fizyoterapide TME değerlendirmesi lokal çene ağrısının ötesinde, servikofasiyal postür ve fonksiyonel çiğneme kapasitesi ile birlikte ele alınmalıdır. Bütüncül yaklaşım ile yaşlı bireyin oral fonksiyon konforu artırılabilir.

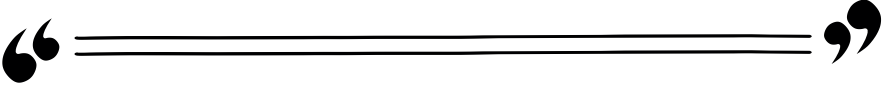
KAYNAKÇA

- Chen, P. J., Dutra, E. H., Mehta, S., et al. (2020). Age-related changes in the cartilage of the temporomandibular joint. *GeroScience*, 42(3), 995–1004.
- Ishibashi, H., Takenoshita, Y., Ishibashi, K., & Oka, M. (1995). Age-related changes in the human mandibular condyle. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 53(9), 1016–1023.
- La Touche, R., Fernández-de-las-Peñas, C., Fernández-Carnero, J., et al. (2009). The effects of manual therapy and exercise directed at the cervical spine on pain and pressure pain sensitivity in patients with myofascial temporomandibular disorders. *Journal of Oral Rehabilitation*, 36(9), 644–652.
- Li, W., Trbojevic, S., Pineda-Farias, J. B., et al. (2023). Mandibular condylar remodeling under altered bite conditions: Implications for temporomandibular joint aging. *European Cells and Materials*, 45, 46–59.
- Loeser, R. F., Collins, J. A., & Diekman, B. O. (2016). Ageing and the pathogenesis of osteoarthritis. *Nature Reviews Rheumatology*, 12(7), 412–420.
- Manfredini, D., Guarda-Nardini, L., Winocur, E., et al. (2011). Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: A systematic review of axis I epidemiologic findings. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 112(4), 453–462.
- Manfredini, D., Lombardo, L., & Siciliani, G. (2017). Temporomandibular disorders and dental occlusion: A systematic review of association studies. *Journal of Oral Rehabilitation*, 44(11), 908–923.
- Mirahmadi, F., Koolstra, J. H., Lobbezoo, F., et al. (2018). Mechanical stiffness of temporomandibular joint condylar cartilage after aging. *Archives of Oral Biology*, 87, 102–109.
- Neumann, D. A. (2017). *Kinesiology of the musculoskeletal system* (3rd ed.). Elsevier.
- Okeson, J. P. (2020). *Management of temporomandibular disorders and occlusion* (8th ed.). Elsevier.
- Olivo, S. A., Bravo, J., Magee, D. J., et al. (2006). The association between head and cervical posture and temporomandibular disorders: A systematic review. *Journal of Orofacial Pain*, 20(1), 9–23.
- Olivo, S. A., Fuentes, J., Major, P. W., et al. (2010). The association between neck disability and jaw disability. *Journal of Oral Rehabilitation*, 37(9), 670–679.
- Schiffman, E., Ohrbach, R., Truelove, E., et al. (2014). Diagnostic criteria for temporomandibular disorders (DC/TMD) for clinical and research applications. *Journal of Oral & Facial Pain and Headache*, 28(1), 6–27.
- Tanaka, E., Detamore, M. S., & Mercuri, L. G. (2008). Degenerative disorders of the temporomandibular joint: Etiology, diagnosis, and treatment. *Journal of Dental Research*, 87(4), 296–307.

- Touré, G., Duboucher, C., & Vacher, C. (2005). Anatomical modifications of the temporomandibular joint during ageing. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 27(1), 51–55.
- Wadhwa, S., & Kapila, S. (2008). TMJ disorders: Future innovations in diagnostics and therapeutics. *Journal of Dental Education*, 72(8), 930–947.
- Yadav, S., Yang, Y., Dutra, E. H., et al. (2018). Temporomandibular joint disorders in the elderly and aging population. *Journal of the American Geriatrics Society*, 66(6), 1213–1217.
- Zheng, H., Shi, L., Lu, H., et al. (2023). Influence of edentulism on temporomandibular joint structure and function in older adults. *Heliyon*, 9(10), e20307.



YAŞLI BİREYLERDE OMUZ KOMPLEKSİ BİYOMEKANİĞİ



Sudenur ARICI¹
Rahime Nur ARSUN²

1 Fizyoterapist, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD, Email: 2528312011@ogrenci.karabuk.edu.tr, Orcid: 0009-0007-4483-8744,

2 Fizyoterapist, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD, Email: rahimenurunsal@gmail.com, Orcid: 0009-0005-3290-0841

1. GİRİŞ

Omuz kompleksi, üst ekstremitenin uzanma, kaldırma, kavrama, itme, çekme ve günlük yaşam aktivitelerinde geniş hareket açıklığı ile fonksiyon göstermesini sağlayan çok bileşenli bir anatomik sistemdir (Neumann, 2017; Kapandji, 2019). Glenohumeral eklem, skapulotorasik artikülasyon, akromioklavikular eklem ve sternoklavikular eklem birlikte çalışarak omuz hareketlerinin akıcılığını sağlar. İnsan vücudundaki en mobil eklem sistemi olması, omuzu aynı zamanda mekanik instabilite ve yaşa bağlı dejeneratif süreçlere açık hale getirmektedir.

Yaşlanma ile birlikte omuz kompleksinde rotator manşet tendonlarında dejenerasyon, glenohumeral kapsülde sertleşme, akromioklavikular eklem değişiklikleri, skapular stabilizatörlerde kuvvet kaybı ve torakal postür bozulmasına bağlı hareket patern değişiklikleri gelişir. Bu değişiklikler yalnızca omuz ağrısı oluşturmakla kalmaz; saç tarama, raf uzanma, giyinme, arka cebine ulaşma ve yük kaldırma gibi günlük yaşam görevlerini belirgin şekilde sınırlar (Plate et al., 2013; Johnson et al., 2023).

Geriatrik bireylerde omuz fonksiyon kaybı çoğu zaman “kolu yukarı kaldıramama” şeklinde fark edilse de, altta yatan problem yalnızca glenohumeral eklem hareket kısıtlılığı değildir. Skapulohumeral ritimde bozulma, torakal kifoz artışı, servikal postür değişiklikleri ve kas kuvvet dengesizlikleri omuz hareket ekonomisini önemli ölçüde etkiler. Özellikle yaşlı bireylerde omuz elevasyonu sırasında kompensatuar gövde yana eğilmesi veya skapular hiking sık gözlenir (Murgia et al., 2018; Kolz et al., 2021).

Bu bölümde omuz kompleksinin anatomik ve biyomekanik özellikleri, normal skapulohumeral hareket mekanizması, yaşlanmaya bağlı yapısal ve fonksiyonel değişiklikler, sık görülen klinik patolojiler ile fizyoterapi ve rehabilitasyon yaklaşımları ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

2. OMUZ KOMPLEKSİNİN ANATOMİK VE BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Omuz kompleksi glenohumeral eklem, skapulotorasik eklem, akromioklavikular eklem ve sternoklavikular eklem olmak üzere dört temel bileşenden oluşur. Glenohumeral eklem humerus başı ile glenoid fossadan oluşan top-yuva tipi sinoviyal eklemdir. Glenoid yüzeyin sığ olması mobilitiyi artırırken stabiliteyi azaltır. Glenoid labrum temas yüzeyini genişletir (Prescher, 2000). Pasif stabilite kapsül, glenohumeral ligamentler ve korakohumeral ligament ile sağlanırken, aktif stabilite büyük ölçüde supraspinatus, infraspinatus, teres minor ve subscapularis kaslarından oluşan rotator manşet yapısına bağlıdır.

Bu kaslar humerus başını glenoid içinde merkezler (Neumann, 2017; Kendirci et al., 2024).

Skapula ise serratus anterior, trapezius, rhomboidler ve levator scapulae tarafından toraks üzerinde stabilize edilir. Skapulanın yukarı rotasyonu, posterior tilt ve dış rotasyonu üst ekstremité elevasyonu için zorunludur.

3. NORMAL OMUZ KİNEZYOLOJİSİ VE SKAPULOHUMERAL RİTİM

Kol elevasyonu sırasında glenohumeral hareket ile skapular hareket belirli oranda birlikte gerçekleşir. Bu koordinasyona skapulohumeral ritim denir. Klasik olarak yaklaşık her 3 derecelik elevasyonun 2 derecesi glenohumeral, 1 derecesi skapulotorasik katkıdır (Kapandji, 2019).

İlk elevasyon fazında supraspinatus humerus başını stabilize ederken deltoid kaldırıcı kuvvet üretir. Rotator manşet inferior çekiş ile superior translasyonu dengeler. Skapula yukarı rotasyona geçer, klavikula elevasyon ve posterior rotasyon yapar.

İç ve dış rotasyon hareketleri humerus başı merkezlenmesine bağlıdır. Omuz hareketlerinin verimli olması için torakal ekstansiyon ve servikal postür de önemlidir (Sahrmann, 2002).

4. YAŞLANMAYA BAĞLI YAPISAL VE FONKSİYONEL DEĞİŞİKLİKLER

4.1. Rotator Manşet Dejenerasyonu

Tendon vaskülaritesi azalır, kollajen kalitesi bozulur, parsiyel yırtık eğilimi artar (Johnson et al., 2023; Mori et al., 2025).

4.2. Glenohumeral Kapsüler Sertlik

Özellikle dış rotasyon ve abduksiyon kısıtlanır (Castagna et al., 2018).

4.3. Akromioklavikular Dejenerasyon

Üst omuz ağrısı ve skapular uyum bozukluğu görülebilir (Kim & Jung, 2025).

4.4. Skapular Stabilizatör Sarkopenisi

Serratus anterior ve alt trapezius zayıflığı skapular dyskinesis oluşturur (Raz et al., 2015).

4.5. Torakal Kifoz ve Omuz Protraksiyonu

Subakromiyal mesafe azalır, impingement eğilimi artar (Murgia et al., 2018).

5. KLİNİK SONUÇLAR VE SIK GÖRÜLEN OMUZ PATOLOJİLERİ

Rotator manşet sendromları, subakromiyal sıkışma, adeziv kapsülit, glenohumeral osteoartrit ve skapular disfonksiyon yaşlı bireylerde sık görülen omuz patolojileridir. Klinik olarak kolu yukarı kaldırmada zorlanma, saç

tarayamama, sırtına uzanamama, gece omuz ağrısı ve kompensatuar gövde eğimi sık görülür (Vidt et al., 2016; Plate et al., 2013).

6. KLİNİK DEĞERLENDİRME

Omuz değerlendirmesinde aktif/pasif omuz eklem hareket açıklığı, skapular hareket gözlemi, rotator manşet kas testi, ağırlı ark bulgusu, torakal postür analizi ile fonksiyonel uzanma ve giyinme görevleri birlikte incelenmelidir. Gerektiğinde proprioseptif kontrol ve skapular senkronizasyon ayrıca değerlendirilmelidir (Gliga et al., 2022; Magee, 2014).

7. FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON YAKLAŞIMLARI

7.1. Glenohumeral Mobilite

Pendulum, kapsüler germe, wand egzersizleri.

7.2. Rotator Manşet Güçlendirme

Dış rotasyon, iç rotasyon, scaption.

7.3. Skapular Stabilizasyon

Serratus punch, scapular set, wall slide.

7.4. Torakal Postür Açma

Thoracic extension, pectoral stretch.

7.5. Fonksiyonel Uzanma Eğitimi

Raf uzanma, giyinme simülasyonu.

Rehabilitasyonun ev temelli sürdürülebilir olması yaşlı bireylerde önemlidir (Aguado et al., 2021; Sciarretta et al., 2023).

8. SONUÇ

Omuz kompleksi yaşlanma ile birlikte tendon dejenerasyonu, kapsüler sertlik, skapular kas zayıflığı ve torakal postür bozukluğu nedeniyle geniş hareket açıklığını giderek kaybetmektedir (Johnson et al., 2023; Plate et al., 2013). Bu durum üst ekstremité bağımsız kullanımını önemli ölçüde sınırlar.

Geriatrik fizyoterapi yaklaşımında omuz yalnızca glenohumeral eklem olarak değil; skapula, toraks ve servikal sistemle birlikte değerlendirilmeli, fonksiyonel uzanma kapasitesi korunmalıdır.

KAYNAKÇA

- Aguado, H. J., Ventura-Wichner, P. S., Perez-Hickman, L., et al. (2021). Patient satisfaction using a home-based rehabilitation protocol for the non-surgical treatment of proximal humeral fractures. *Geriatric Orthopaedic Surgery & Rehabilitation*, 12, 1–8.
- Castagna, A., Cesari, E., Gigante, A., et al. (2018). Age-related changes of elastic fibers in the shoulder capsule. *BioMed Research International*, 2018, 8961805.
- Gliga, A. C., Neagu, N. E., Voidazan, S., et al. (2022). Effects of a novel proprioceptive rehabilitation device on shoulder joint position sense, pain and function. *Medicina*, 58(9), 1248.
- Johnson, J., von Stade, D., Gadowski, B., et al. (2023). Biomechanical and histological changes secondary to aging in the human rotator cuff. *Journal of Orthopaedic Research*, 41(9), 2169–2176.
- Kapandji, A. I. (2019). *The physiology of the joints* (Vol. 1, 7th ed.). Handspring.
- Kendirci, A. Ş., Albayrak, M. O., & Erşen, A. (2024). Omuz biyomekaniği ve ters omuz protezinin mekaniğe etkisi. *TOTBİD Dergisi*, 23, 503–508.
- Kim, M. S., & Jung, T. H. (2025). Radiological characteristics of shoulder diseases in older adults. *Ewha Medical Journal*, 48(1), e10.
- Kolz, C. W., Sulkar, H. J., Aliaj, K., et al. (2021). Age-related differences in shoulder kinematics during humeral elevation. *Journal of Biomechanics*, 117, 110266.
- Magee, D. J. (2014). *Orthopedic physical assessment* (6th ed.). Elsevier.
- Mori, D., Kagaku, A., Wang, K. Y., et al. (2025). Histologic degeneration of rotator cuff tendons in elderly patients. *BMC Surgery*, 25, 281.
- Murgia, A., Hortobágyi, T., Wijnen, A., et al. (2018). Effects of age and sex on shoulder biomechanics and relative effort during functional tasks. *Journal of Biomechanics*, 81, 132–139.
- Neumann, D. A. (2017). *Kinesiology of the musculoskeletal system* (3rd ed.). Elsevier.
- Nolte, A. K., Jäger, S., Seifert, M. M., et al. (2024). Capsule elongation after first-time shoulder dislocation: Biomechanical implications in older adults. *Journal of Orthopaedics*, 51, 130–136.
- Papalia, R., Ciuffreda, M., Albo, E., et al. (2020). Return to sport after shoulder arthroplasty in elderly patients: A systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 9(5), 1576.
- Plate, J. F., Bates, C. M., Mannava, S., et al. (2013). Age-related degenerative changes of the shoulder in asymptomatic individuals. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 22(8), 1019–1029.
- Prescher, A. (2000). Anatomical basics, variations, and degenerative changes of the shoulder joint and shoulder girdle. *European Journal of Radiology*, 35(2), 88–102.

- Raz, Y., Henseler, J. F., Kolk, A., et al. (2015). Patterns of age-associated degeneration differ in shoulder muscles. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 7, 236.
- Sahrmann, S. A. (2002). *Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes*. Mosby.
- Sciarretta, F., Moya, D., & List, K. (2023). Current trends in rehabilitation of rotator cuff injuries. *SICOT-J*, 9, 11.
- Vidt, M. E., Santago, A. C., Marsh, A. P., et al. (2016). Effects of a rotator cuff tear on activities of daily living in older adults. *Journal of Biomechanics*, 49(5), 611–617.
- Wu, W. T., Chen, L. R., Chang, H. C., et al. (2022). Quantitative ultrasonographic changes of the suprascapular nerve in the aging population. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10, 874321.



YAŞLI BİREYLERDE DİRSEK EKLEMİ BİYOMEKANİĞİ

“

Omar ALI¹

¹ Fizyoterapist, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD, Email: Pt.OmarAli@gmail.com, Orcid: 0009-0005-7297-5215

1. GİRİŞ

Dirsek eklemi, üst ekstremitenin uzanma, çekme, taşıma, kavrama pozisyonlama ve günlük yaşam aktivitelerinde elin uzaydaki yerini ayarlama görevini yerine getiren temel ara bağlantı segmentidir (Morrey et al., 1981; Bain & Egol, 2021). Humeroulnar, humeroradial ve proksimal radioulnar eklemlerin birlikte oluşturduğu bu kompleks yapı; fleksiyon-ekstansiyon ile pronasyon-supinasyon hareketlerinin koordineli şekilde yürütülmesini sağlar. Elin fonksiyonel kullanımının etkinliği büyük ölçüde dirseğin doğru pozisyonlama kapasitesine bağlıdır.

Yaşlanma ile birlikte dirsek ekleminde artiküler kıkırdak aşınması, kapsüler sertleşme, tendon elastikiyetinde azalma, ön kol kaslarında kuvvet kaybı ve pronasyon-supinasyon acıcılığında bozulma meydana gelir. Bu değişiklikler ilk bakışta omuz veya el kadar dramatik görünmese de, özellikle kişisel bakım, yemek yeme, yük taşıma, kapı açma ve kavrama yönlendirme gibi aktivitelerde belirgin fonksiyonel kısıtlılık yaratabilir (Del Core & Koehler, 2023; Ravalli et al., 2019).

Dirsek eklemi üst ekstremitenin kuvvet iletim zincirinde kritik noktadır. Omuzdan gelen hareketin ele aktarılması, elin nesneye uygun mesafede tutulması ve ön kolun döndürülmesi dirseğin biyomekanik bütünlüğüne bağlıdır. Bu nedenle dirsekte gelişen hareket kaybı veya ağrı, el fonksiyonlarını dolaylı olarak önemli ölçüde etkileyebilir.

Geriatrik bireylerde uzun yıllar süren tekrarlı kullanım, tendon insertio bölgelerinde dejeneratif değişimler, osteofitik oluşumlar ve ön kol kaslarında dayanıklılık kaybı ile birleştiğinde dirsek hareketlerinde sertlik ve güçsüzlük ortaya çıkmaktadır. Özellikle pronasyon-supinasyon kısıtlılığı günlük yaşam becerilerinde beklenenden daha fazla sorun oluşturur (Taylor & Hannafin, 2012; Vasen et al., 1995).

Bu bölümde dirsek ekleminin anatomik ve biyomekanik özellikleri, normal hareket mekanizması, yaşlanmaya bağlı yapısal ve fonksiyonel değişiklikler, sık görülen klinik patolojiler ile fizyoterapi ve rehabilitasyon yaklaşımları ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

2. DİRSEK EKLEMİNİN ANATOMİK VE BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Dirsek üç eklemin fonksiyonel birleşiminden oluşur: humeroulnar eklem, humeroradial eklem, proksimal radioulnar eklem.

Humeroulnar eklem menteşe tipi yapısıyla fleksiyon-ekstansiyonun ana merkezidir. Trochlea humeri ile incisura trochlearis ulnae arasındaki uyum yüksek stabilite sağlar (Bain & Egol, 2021).

Humeroradial eklem yük aktarımına katkıda bulunur ve fleksiyon

sırasında yardımcı rol oynar. Proksimal radioulnar eklem ise radius başının ulna etrafında dönmesi ile pronasyon-supinasyonu sağlar.

Dirsek stabilitesi ulnar kollateral ligament, radial kollateral ligament ve annular ligament ile sağlanır. Aktif hareket ise biceps brachii, brachialis, brachioradialis, triceps brachii, pronator teres, pronator quadratus ve supinator kasları ile yürütülür. Fonksiyonel olarak dirsek elin vücuda yaklaşma-uzaklaşma mesafesini ayarlarken, ön kol rotasyonu elin nesneye uygun yüzeyle temasını sağlar.**3. NORMAL DİRSEK KİNEZYOLOJİSİ VE ÖN KOL FONKSİYONLARI**

Dirsek fleksiyonu günlük yaşam aktivitelerinde en sık kullanılan hareketlerden biridir. Yemek yeme, yüz yıkama, saç tarama gibi aktiviteler yaklaşık 30–130 derece fleksiyon aralığında gerçekleştirilir. Tam ekstansiyon ise uzanma ve itme aktiviteleri için önemlidir (Morrey et al., 1981; Vasen et al., 1995).

Pronasyon-supinasyon hareketi ön kolun döndürülmesini sağlar. Kapı kolu çevirme, anahtar kullanma, kaşık tutma, kavanoz açma gibi birçok görev bu hareketlere bağlıdır.

Dirsek hareketi sırasında omuz ve el bileği ile koordinasyon bulunur. Özellikle yük taşıırken dirsek hafif fleksiyonda dinamik amortisör görevi görür.

4. YAŞLANMAYA BAĞLI YAPISAL VE FONKSİYONEL DEĞİŞİKLİKLER

4.1. Artiküler Kıkırdak Dejenerasyonu

Eklem yüzeylerinde sürtünme artar, hareket sonlarında sertlik hissi oluşur (Biswas et al., 2013; Ravalli et al., 2019).

4.2. Kapsüller Rijidite

Özellikle terminal ekstansiyon ve tam fleksiyon azalır (Cheung et al., 2008).

4.3. Tendon Elastikiyetinde Azalma

Biceps, triceps ve epikondiler tendon insertio bölgelerinde dejeneratif hassasiyet gelişebilir (Taylor & Hannafin, 2012).

4.4. Ön Kol Kas Sarkopenisi

Kavrama ile ilişkili ön kol dayanıklılığı azalır.

4.5. Pronasyon-Supinasyon Akıcılığında Azalma

Radioulnar hareketlerde sürtünme ve yavaşlama oluşur (Kokkalis et al., 2009).

5. KLİNİK SONUÇLAR VE SIK GÖRÜLEN PATOLOJİLER

Dirsek osteoartriti, epikondiler tendinopatik ağrılar, fleksiyon-ekstansiyon sertliği, ön kol döndürme kısıtlılığı ve kavrama yönlendirme gücü yaşlı bireylerde sık görülen dirsek problemleridir. Klinik olarak yemek yerken zorlanma, kapı kolu çevirmede güçlük, yük taşıırken çabuk yorulma ve kişisel bakımda kolu yeterince yaklaştıramama görülebilir. Uzun süreli dejeneratif süreçlere ek olarak geriatrik kırıklar ve ulnar nöropati de fonksiyonu azaltabilir (Savvidou et al., 2020; Cambon-Binder, 2021).

6. KLİNİK DEĞERLENDİRME

Dirsek değerlendirmesinde dirsek eklem hareket açıklığı, pronasyon-supinasyon ölçümü, biceps/triceps kas kuvveti, kavrama ile kombine fonksiyonel testler, epikondiler palpasyon ve günlük yaşam aktivite gözlemi birlikte incelenmelidir. DASH ve Patient-Rated Tennis Elbow Evaluation takipte kullanılabilir (Hudak et al., 1996; MacDermid, 2010).

7. FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON YAKLAŞIMLARI

7.1. Eklem Mobilite Egzersizleri

Aktif-assist fleksiyon-ekstansiyon, ön kol rotasyonları.

7.2. Tendon Esnekliği ve Germe

Biceps, triceps, pronator-supinator germe.

7.3. Kas Güçlendirme

Theraband fleksiyon-ekstansiyon, hammer rotation.

7.4. Fonksiyonel Ön Kol Kullanımı

Kaşık tutma, kapı açma, taşıma simülasyonları.

7.5. Kavrama ile Entegre Egzersizler

Dirsek + el koordinasyon görevleri.

Ulnar sinir hassasiyeti veya kırık öyküsü varsa egzersiz dozu dikkatle planlanmalıdır (Poenaru et al., 2022; Gallucci et al., 2014).

8. SONUÇ

Dirsek eklemi yaşlanma ile birlikte kıkırdak aşınması, kapsüller sertlik, tendon dejenerasyonu ve ön kol kas kuvvetinde azalma nedeniyle fonksiyonel akıcılığını kaybetmektedir (Del Core & Koehler, 2023; Ravalli et al., 2019). Özellikle pronasyon-supinasyon hareketlerindeki azalma günlük yaşam becerilerini beklenenden daha fazla etkiler.

Geriatrik fizyoterapi yaklaşımında dirsek, omuz ve el arasında stratejik bir pozisyonlama segmenti olarak değerlendirilmeli; hareket açıklığı ve ön kol fonksiyonları korunmalıdır.

KAYNAKÇA

- Bain, G. I., & Egol, K. A. (Eds.). (2021). *Elbow arthroplasty and trauma*. Elsevier.
- Biswas, D., Wysocki, R. W., & Cohen, M. S. (2013). Primary and posttraumatic arthritis of the elbow. *Arthritis*, 2013, 473259.
- Caliandro, P., La Torre, G., Padua, R., et al. (2016). Treatment for ulnar neuropathy at the elbow. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11, CD006839.
- Cambon-Binder, A. (2021). Ulnar nerve neuropathy at the elbow. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 107(1 Suppl), 102754.
- Cheung, E. V., Adams, R., & Morrey, B. F. (2008). Primary osteoarthritis of the elbow: Current treatment options. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 16(2), 77–87.
- Del Core, M. A., & Koehler, D. (2023). Elbow arthritis. *The Journal of Hand Surgery*, 48(6), 603–611.
- Gallucci, G. L., Piuze, N. S., Slullitel, P. A., et al. (2014). Non-surgical functional treatment for displaced olecranon fractures in the elderly. *Bone & Joint Journal*, 96-B(4), 530–534.
- Holte, A. J., Dean, R. E., & Chang, G. (2023). Distal humerus fractures: Review of literature, tips, and tricks. *JSES Reviews, Reports, and Techniques*, 4(3), 639–646.
- Hudak, P. L., Amadio, P. C., & Bombardier, C. (1996). Development of an upper extremity outcome measure: The DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand). *American Journal of Industrial Medicine*, 29(6), 602–608.
- Kokkalis, Z. T., Schmidt, C. C., & Sotereanos, D. G. (2009). Elbow arthritis: Current concepts. *The Journal of Hand Surgery*, 34(4), 761–768.
- MacDermid, J. C. (2010). *Patient-Rated Tennis Elbow Evaluation user manual*. McMaster University.
- Morrey, B. F., Askew, L. J., & Chao, E. Y. S. (1981). A biomechanical study of normal functional elbow motion. *The Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*, 63(6), 872–877.
- Poenaru, D. V., Enache, S. D., & Poenaru, D. C. (2022). Conservative therapy in ulnar neuropathy at the elbow. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 24(2), 517.
- Ravalli, S., Pulici, C., Binetti, S., et al. (2019). Pathogenesis and treatment of elbow osteoarthritis. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(2), 30.
- Savvidou, O. D., Koutsouradis, P., Kaspiris, A., & Chloros, G. D. (2020). Elbow fractures in the elderly: Management and complications. *EFORT Open Reviews*, 5(7), 391–397.
- Taylor, S. A., & Hannafin, J. A. (2012). Evaluation and management of elbow tendinopathy. *Sports Health*, 4(5), 384–393.
- Vasen, A. P., Lacey, S. H., Keith, M. W., & Shaffer, J. W. (1995). Functional range of motion of the elbow. *The Journal of Hand Surgery*, 20(2), 288–292.



YAŞLI BİREYLERDE EL BİLEĞİ VE EL BİYOMEKANİĞİ

“ ”

Efsaneh RAHIMI¹

Esmail FAGHIHI²

¹ Fizyoterapist, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD, Orcid: 0009-0003-5174-8844

² Fizyoterapist, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD, Orcid: 0009-0000-8073-5477

1. GİRİŞ

El bileği ve el, insanın çevresiyle doğrudan etkileşim kurmasını sağlayan, kavrama, bırakma, manipülasyon, yazma, taşıma, ince beceri ve dokunsal algı açısından son derece gelişmiş fonksiyonel yapılardır (Kapandji, 2019; Mackin et al., 2011). Günlük yaşam aktivitelerinin büyük çoğunluğu el bileğinin uygun pozisyonlaması ile elin ince motor kapasitesine bağlıdır. Bu nedenle yaşlanma ile birlikte elde ortaya çıkan küçük düzeydeki hareket veya kuvvet kayıpları bile bireyin bağımsız yaşam becerilerini belirgin biçimde azaltabilir.

El bileği ve el sistemi; karpal kemikler, metakarpaller, çok sayıda küçük eklem, bağ yapıları, fleksör-ekstansör tendonlar, intrinsik kaslar ve zengin nörovasküler ağ ile karmaşık bir biyomekanik organizasyon sergiler. Yaşlanma sürecinde eklem kıkırdaklarında dejenerasyon, tendon kayma mekanizmalarında yavaşlama, kavrama kaslarında sarkopeni, median-ulnar sinir iletiminde yavaşlama ve duyu hassasiyetinde azalma görülmektedir. Bu değişiklikler kavrama kuvvetinde düşüş, ince motor hızda azalma, nesne manipülasyonunda zorlanma ve el yorgunluğunda artış ile sonuçlanır (Tang, 2020; Pascarelli & Hsu, 2001).

Geriatrik bireylerde el fonksiyon kaybı çoğu zaman “küçük işlerde zorlanma” şeklinde fark edilir; ancak bu durum ilaç blisteri açma, düğme ilikleme, telefon tutma, yazı yazma, para sayma, mutfak araçlarını kullanma ve kişisel bakım gibi birçok görevi doğrudan etkiler. Özellikle başparmak opozisyon yeteneğindeki azalma ve kavrama kuvvetindeki düşüş fonksiyonel kapasiteyi önemli ölçüde sınırlar (Mathiowetz et al., 1985).

Bu bölümde el bileği ve elin anatomik ve biyomekanik özellikleri, normal kavrama mekanizması, yaşlanmaya bağlı yapısal ve fonksiyonel değişiklikler, sık görülen klinik patolojiler ile fizyoterapi ve rehabilitasyon yaklaşımları ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

2. EL BİLEĞİ VE ELİN ANATOMİK VE BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

El bileği radiokarpal ve midkarpal eklemlerden oluşur. Radius ile skafoïd, lunatum ve triquetrum arasındaki ilişki el bileğinin temel fleksiyon-ekstansiyon ve radial-ulnar deviasyon hareketlerini sağlar. Midkarpal eklem karpal kemikler arası uyumu düzenler (Palmer & Werner, 1984).

Elin distalinde metakarpofalangeal, interfalangeal ve başparmak karpometakarpal eklemleri yüksek fonksiyonel çeşitlilik sunar. Özellikle başparmak CMC eklemi opozisyon hareketi ile insan elini benzersiz hale getirir (Kapandji, 2019).

Pasif stabilite fleksör retinakulum, ekstansör retinakulum, interkarpal bağlar ve kollateral bağlar tarafından sağlanırken; aktif kontrol fleksör

digitorum superficialis/profundus, ekstansör digitorum, thenar kaslar, hipotenar kaslar, interosseözler ve lumbrikaller ile yürütülür. Median, ulnar ve radial sinirler elin motor-duyusal bütünlüğünü sağlar. Palmar yüzeydeki zengin mekanoreseptörler nesne dokusunu, kaymayı ve basıncı algılar.

3. NORMAL EL KİNEZYOLOJİSİ VE KAVRAMA BİYOMEKANİĞİ

Fonksiyonel kavrama için el bileğinin hafif ekstansiyonda stabilize olması gerekir. Bu pozisyon fleksör tendonların uzunluk-gerilim ilişkisini optimize eder (Nordin & Frankel, 2021; Rempel et al., 2008).

Güç kavramasında parmak fleksörleri ve başparmak karşı kuvvet üretir; ince pinch kavramasında ise intrinsek kas koordinasyonu ön plana çıkar. Başparmak opozisyonu ile işaret-orta parmak karşılaşması ince motor becerilerin temelidir.

Yazı yazma, düğme ilikleme, iğne tutma gibi aktivitelerde kuvvetten çok hassas dozajlama gerekir. El bileği pozisyonu bozulduğunda kavrama kuvveti dramatik biçimde azalabilir. Bu nedenle el fonksiyonu yalnızca parmak hareketinden ibaret değildir; proksimal stabilizasyon zorunludur (Svantesson et al., 1998).

4. YAŞLANMAYA BAĞLI YAPISAL VE FONKSİYONEL DEĞİŞİKLİKLER

4.1. Eklem Dejenerasyonu

Radiokarpal ve özellikle başparmak CMC eklemünde osteoartritik değişiklikler gelişir (Watson & Ballet, 1984).

4.2. Tendon Kayma Mekanizmasında Yavaşlama

Fleksör-ekstansör tendonların elastikiyeti azalır, hareket akıcılığı düşer (Tang, 2020).

4.3. Kavrama Kaslarında Sarkopeni

Thenar, hipotenar ve ön kol fleksör katkısında azalma görülür (Mathiowetz et al., 1985).

4.4. Median-Ulnar Sinir İletiminde Yavaşlama

Duyu ve ince motor cevap süresi uzar (Pascarelli & Hsu, 2001).

4.5. Duyusal Hassasiyet Azalması

Nesne kaymasını fark etme gecikir, düşürme eğilimi artar.

4.6. El Bileği Hareket Açıklığında Azalma

Fleksiyon-ekstansiyon ve deviasyonlarda sertlik gelişir (Werner et al., 1996).

5. YAŞLILARDA SIK GÖRÜLEN EL VE EL BİLEĞİ PATOLOJİLERİ

Başparmak CMC Osteoartriti, karpal tünel sendromu, el bileği osteoartriti, tendon kılıf irritasyonları, kavrama güçsüzlüğü ve ince motor beceri kaybı yaşlı bireylerde sık görülen el bileği-el problemleridir. Klinik olarak kavanoz açamama, düğme ilikleyememe, telefon düşürme, yazı yazarken yorulma ve mutfak işlerinde zorlanma sık görülür (Rempel et al., 2008; Tang, 2020).

6. KLİNİK DEĞERLENDİRME

El bileği ve el değerlendirmesinde el bileği eklem hareket açıklığı, kavrama kuvveti, pinch kuvveti, başparmak opozisyon değerlendirmesi, duyuusal testler, Nine Hole Peg Test ve fonksiyonel günlük yaşam el görevleri birlikte incelenmelidir. Normatif grip ve pinch ölçümleri klinik takipte önemlidir (Mathiowetz et al., 1985).

7. FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON YAKLAŞIMLARI

7.1. El Bileği Mobilite

Fleksiyon-ekstansiyon, deviasyon mobilizasyonları.

7.2. Kavrama Güçlendirme

Putty, sünger sıkma, hand gripper.

7.3. Başparmak Opozisyon Eğitimi

Pinch ve karşılaştırma görevleri.

7.4. İnce Motor Beceriler

Boncuk, mandal, düğme tahtası.

7.5. Duyusal-Motor Yeniden Eğitim

Farklı yüzey kavrama, göz kapalı nesne tanıma.

7.6. Yardımcı Cihaz ve Ergonomi

Kalın saplı tutacaklar, kavrama yardımcıları.

Yaşlı bireylerde ev içi fonksiyon odaklı rehabilitasyon özellikle önemlidir (Tang, 2020; Wolfe et al., 2021).

8. SONUÇ

El bileği ve el yaşlanma ile birlikte eklem dejenerasyonu, tendon kayma yavaşlaması, kas kuvvet kaybı, sinir iletim azalması ve duyuusal hassasiyet düşüşü nedeniyle fonksiyonel becerisini kademeli olarak kaybetmektedir (Tang, 2020; Pascarelli & Hsu, 2001). Bu değişimler günlük yaşamın en ince ama en sık kullanılan görevlerinde bağımlılık yaratır.

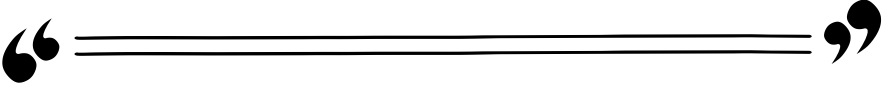
Geriatrik fizyoterapi yaklaşımında el, yalnızca kuvvet değil; kavrama kalitesi, ince motor kontrol ve duyuşal güven açısından da değerdendirilmeli, bağımsız yaşam becerileri desteklenmelidir.

KAYNAKÇA

- Kapandji, A. I. (2019). *The physiology of the joints* (Vol. 1: Upper limb, 7th ed.). Handspring.
- Mackin, E. J., Callahan, A. D., Skirven, T. M., Schneider, L. H., & Osterman, A. L. (2011). *Rehabilitation of the hand and upper extremity* (6th ed.). Elsevier.
- Mathiowetz, V., Weber, K., Volland, G., & Kashman, N. (1985). Grip and pinch strength: Normative data for adults. *The Journal of Hand Surgery*, 10(1), 69–74.
- Nordin, M., & Frankel, V. H. (2021). *Basic biomechanics of the musculoskeletal system* (5th ed.). Wolters Kluwer.
- Palmer, A. K., & Werner, F. W. (1984). The triangular fibrocartilage complex of the wrist: Anatomy and function. *The Journal of Hand Surgery*, 9(4), 594–606.
- Pascarelli, E. F., & Hsu, Y. P. (2001). Understanding work-related upper extremity disorders: Clinical findings in 485 computer users, musicians, and others. *Occupational Medicine*, 16(3), 409–426.
- Rempel, D., Keir, P. J., & Bach, J. M. (2008). Effect of wrist posture on carpal tunnel pressure while typing. *The Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*, 90(2), 287–293.
- Svantesson, U., Carlsson, U., Carlsson, M., et al. (1998). Electromyographic analysis during precision grip in healthy adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 8(4), 215–224.
- Tang, J. B. (2020). Rehabilitative strategies after hand disorders in older adults. *Journal of Hand Therapy*, 33(2), 121–129.
- Watson, H. K., & Ballet, F. L. (1984). The SLAC wrist: Scapholunate advanced collapse pattern of degenerative arthritis. *The Journal of Hand Surgery*, 9(3), 358–365.
- Werner, F. W., Palmer, A. K., Somerset, J. H., Tong, J. S., Gillies, M., & Fortino, M. D. (1996). Wrist joint motion simulator studies: Biomechanics of wrist movement. *Journal of Orthopaedic Research*, 14(4), 639–646.
- Wolfe, S. W., Hotchkiss, R. N., Pederson, W. C., Kozin, S. H., & Cohen, M. S. (2021). *Green's operative hand surgery* (8th ed.). Elsevier.



YAŞLI BİREYLERDE PARMAK BİYOMEKANİĞİ



Amenah Ali Idan IDAN¹

Aya Ali Idan IDAN²

1 Fizyoterapist, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD, Orcid: 0009-0000-5603-0506,

2 Fizyoterapist, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon ABD, Orcid: 0009-0009-2686-9146

1. GİRİŞ

El parmakları, insanın ince motor becerilerinin, hassas manipülasyon kapasitesinin ve günlük yaşamda nesnelerle kontrollü etkileşimin temel yürütücüleridir (Kapandji, 2019; Maw et al., 2016). Yazı yazma, düğme ilikleme, fermuar çekme, para tutma, telefon kullanma, anahtar çevirme, yemek hazırlama ve kişisel bakım gibi çok sayıda görev parmakların koordineli fleksiyon-ekstansiyon hareketleri ile başparmak karşılaşmasına bağlıdır. Bu nedenle parmaklarda meydana gelen küçük düzeydeki sertlik, kuvvet kaybı veya hareket gecikmesi dahi yaşlı bireyin fonksiyonel bağımsızlığını belirgin biçimde azaltabilmektedir.

Yaşlanma sürecinde el parmaklarında eklem kıkırdağı dejenerasyonu, tendon kayma yüzeylerinde sürtünme artışı, kollateral bağ elastikiyetinde azalma, intrinsik kas kuvvetinde düşüş ve dijital duyu reseptör hassasiyetinde gerileme ortaya çıkar. Bunun sonucunda kavrama kuvvetinin son ince ayarı bozulur, parmak hareketleri yavaşlar, nesne manipülasyonunda beceri azalır ve çabuk yorulma gelişir (Carmeli et al., 2003; Incel et al., 2009).

Parmak fonksiyonu yalnızca fleksiyon-ekstansiyon hareketinden ibaret değildir; zamanlama, kuvvet dozajı, parmaklar arası senkronizasyon ve başparmakla koordinasyon gerektirir. Özellikle yaşlı bireylerde sık görülen interfalangeal eklem osteoartriti, nodal deformiteler ve tendon sertlikleri ince motor görevlerde belirgin zorlanmaya neden olmaktadır (Kloppenburger & Berenbaum, 2020).

Geriatrik rehabilitasyonda elin genel değerlendirilmesi çoğu zaman yapılmakla birlikte, parmaklara özgü biyomekanik sorunlar ayrı bir başlık olarak ele alınmadığında fonksiyonel kayıpların önemli kısmı gözden kaçabilmektedir. Çünkü birçok günlük yaşam görevi kaba kavramadan ziyade hassas parmak manipülasyonu gerektirir.

Bu bölümde el parmaklarının anatomik ve biyomekanik özellikleri, normal ince motor kontrol mekanizması, yaşlanmaya bağlı yapısal ve fonksiyonel değişiklikler, sık görülen klinik patolojiler ile fizyoterapi ve rehabilitasyon yaklaşımları ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

2. EL PARMAKLARININ ANATOMİK VE BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Her parmak metakarpofalangeal (MCP), proksimal interfalangeal (PIP) ve distal interfalangeal (DIP) eklemlerden oluşur; başparmakta ise MCP ve interfalangeal ekleme ek olarak benzersiz opozisyon sağlayan karpometakarpal sistem bulunur (Kapandji, 2019).

MCP eklemleri fleksiyon-ekstansiyon yanında abduksiyon-adduksiyon yapabilirken, PIP ve DIP eklemleri temel olarak menteşe tipi fleksiyon-

ekstansiyon hareketi gerçekleştirir. Bu yapı parmakların hem güç kavramasında kapanabilmesini hem de ince yönlendirme yapabildiğini sağlar.

Pasif stabilite kollateral bağlar, volar plaklar ve sagittal bantlar ile sağlanır. Aktif kontrol ise fleksör digitorum superficialis, fleksör digitorum profundus, ekstansör digitorum, lumbrikaller ile dorsal ve palmar interosseözler tarafından yürütülür.

İntrinsik kaslar özellikle MCP fleksiyon + IP ekstansiyon kombinasyonu ile hassas pozisyonlama sağlar. Parmak uçlarında yoğun mekanoreseptör bulunması dokunsal geri bildirimi mümkün kılar (Mahan & Spinner, 2016; Tan & Lahiri, 2020).

3. NORMAL PARMAK KİNEZYOLOJİSİ VE İNCE MOTOR KONTROL

Güç kavramasında parmak fleksörleri senkronize kapanırken başparmak karşı kuvvet üretir. Ancak ince pinch, tripod tutuş, lateral pinch gibi görevlerde kuvvetten çok hassas zamanlama ve küçük açısal düzeltmeler gereklidir (Tubiana et al., 1998).

Yazı yazma, para ayırma, iğne tutma gibi aktivitelerde parmak bağımsızlığı, tendon kayma akıcılığı, duyu geri bildirim ve düşük şiddette tekrarlı kuvvet üretimi ön plana çıkar.

Parmaklar arası koordinasyon bozulduğunda nesneyi düşürme, sıkıştırma dozunu ayarlayamama veya işlem süresinin uzaması görülür (Seidler et al., 2010).

4. YAŞLANMAYA BAĞLI YAPISAL VE FONKSİYONEL DEĞİŞİKLİKLER

4.1. İnterfalangeal Eklem Dejenerasyonu

PIP ve DIP eklemlerde osteoartritik düzensizlik, nodül oluşumu ve hareket sonu ağrısı gelişebilir (Buckwalter & Mankin, 1998; Kloppenburg & Berenbaum, 2020).

4.2. Tendon Kayma Direncinde Artış

Sinovyal kayganlık azalır, parmak açma-kapama akıcılığı düşer (Benjamin et al., 2008).

4.3. Kollateral Bağ ve Volar Plak Sertliği

Eklem esnekliği azalır, sabah sertliği görülebilir.

4.4. İntrinsik Kas Sarkopenisi

Parmakların bağımsız ince kontrolü zayıflar (Incel et al., 2009).

4.5. Dijital Duyusal Hassasiyet Azalması

Nesne yüzeyi ve kayma bilgisi daha geç algılanır.

4.6. Hareket Hızında Azalma

Reaksiyon süresi uzar, tekrarlı küçük görevlerde çabuk yorulma olur (Seidler et al., 2010).

5. YAŞLILARDA SIK GÖRÜLEN EL PARMAK PATOLOJİLERİ

Heberden ve Bouchard nodları, trigger finger eğilimi, interfalangeal osteoartrit, parmak sertliği, ince pinch zayıflığı ve manipülasyon becerisi kaybı yaşlı bireylerde sık görülen el parmak patolojileridir. Klinik olarak düğme ilikleyememe, fermuar çekmede zorlanma, para ayırmada yavaşlık, ilaç blisteri açamama ve yazıda bozulma şeklinde karşımıza çıkar (Makkouk et al., 2008; Carmeli et al., 2003).

6. KLİNİK DEĞERLENDİRME

El parmak değerlendirmesinde MCP, PIP ve DIP eklem hareket açıklığı, parmak bağımsız hareket gözlemi, pinch kuvveti, Purdue Pegboard veya Nine Hole Peg testi, duyuşal diskriminasyon ve ince motor günlük yaşam görevleri birlikte incelenmelidir. Ayrıntılı el muayenesi fonksiyonel kısıtlılığı belirlemede önemlidir (Tubiana et al., 1998).

7. FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON YAKLAŞIMLARI

7.1. Tendon Kaydırma Egzersizleri

Hook fist, full fist, straight fist.

7.2. Parmak Eklem Mobilitesi

Aktif-assist fleksiyon-ekstansiyon, abdüksiyon.

7.3. İntrinsik Kas Güçlendirme

Putty pinch, rubber band açma, clothespin görevleri.

7.4. İnce Motor Beceriler

Boncuk dizme, bozuk para çevirme, düğme tahtası.

7.5. Duyusal-Motor Eğitim

Farklı yüzey tanıma, göz kapalı nesne manipülasyonu.

7.6. Günlük Yaşam Adaptasyonları

Kalın fermuar uçları, yardımcı tutacaklar.

Geriatrik elde fonksiyon odaklı tekrarlar bağımsızlığı artırır (World Health Organization, 2015).

8. SONUÇ

El parmakları yaşlanma ile birlikte eklem dejenerasyonu, tendon sürtünme artışı, intrinsik kas kuvvet kaybı ve dijital duyusal gerileme nedeniyle ince motor hassasiyetini kademeli olarak kaybetmektedir (Carmeli et al., 2003; Incel et al., 2009). Bu değişiklikler kaba kuvvetten çok günlük yaşamın hassas görevlerinde bağımlılık yaratır.

Geriatrik fizyoterapi yaklaşımında parmaklar ayrı bir fonksiyonel ünite olarak ele alınmalı; hareket akıcılığı, pinch kontrolü ve ince manipülasyon becerileri korunmalıdır. Böylece yaşlı bireyin bağımsız öz bakım ve ev içi yaşam kapasitesi anlamlı şekilde desteklenebilir.

KAYNAKÇA

- Aletaha, D., & Smolen, J. S. (2018). Diagnosis and management of rheumatoid arthritis: A review. *JAMA*, 320(13), 1360–1372.
- Benjamin, M., Kaiser, E., & Milz, S. (2008). Structure-function relationships in tendons: A review. *Journal of Anatomy*, 212(3), 211–228.
- Buckwalter, J. A., & Mankin, H. J. (1998). Articular cartilage degeneration and osteoarthritis. *Instructional Course Lectures*, 47, 487–504.
- Carmeli, E., Patish, H., & Coleman, R. (2003). The aging hand. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 58(2), M146–M152.
- Hurst, L. C., Badalamente, M. A., Hentz, V. R., et al. (2009). Injectable collagenase *Clostridium histolyticum* for Dupuytren's contracture. *The New England Journal of Medicine*, 361(10), 968–979.
- Incel, N. A., Sezgin, M., As, I., et al. (2009). The geriatric hand: Correlation of hand-muscle function and activity restriction in elderly. *International Journal of Rehabilitation Research*, 32(3), 213–218.
- Kapandji, A. I. (2019). *The physiology of the joints* (Vol. 1, 7th ed.). Handspring.
- Katz, J. N., & Simmons, B. P. (2002). Clinical practice: Carpal tunnel syndrome. *The New England Journal of Medicine*, 346(23), 1807–1812.
- Kloppenburger, M., & Berenbaum, F. (2020). Osteoarthritis year in review 2019: Epidemiology and therapy. *Osteoarthritis and Cartilage*, 28(3), 242–248.
- Mahan, M. A., & Spinner, R. J. (2016). Nerves of the upper extremity. In *Bergman's encyclopedia of human anatomic variation*.
- Makkouk, A. H., Oetgen, M. E., Swigart, C. R., & Dodds, S. D. (2008). Trigger finger: Etiology, evaluation, and treatment. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 1(2), 92–96.
- Maw, J., Wong, K. Y., & Gillespie, P. (2016). Hand anatomy. *British Journal of Hospital Medicine*, 77(3), C34–C40.
- Seidler, R. D., Bernard, J. A., Burutolu, T. B., et al. (2010). Motor control and aging: Links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(5), 721–733.
- Tan, R. E. S., & Lahiri, A. (2020). Vascular anatomy of the hand in relation to flaps. *Hand Clinics*, 36(1), 1–8.
- Tubiana, R., Thomine, J. M., & Mackin, E. (1998). *Examination of the hand and wrist*. CRC Press.
- World Health Organization. (2015). *World report on ageing and health*. WHO.

GERİATRİK BİYOMEKANİKTE GENEL SONUÇ VE BÜTÜNCÜL DEĞERLENDİRME

Yaşlanma, kas-iskelet sisteminde yalnızca tek tek eklemleri etkileyen lokal bir dejenerasyon süreci değil; tüm kinetik zinciri kapsayan çok yönlü biyomekanik ve kinezyolojik yeniden yapılanma sürecidir. Omurga segmentlerinden temporomandibular ekleme, omuz kuşağından el parmaklarına, pelvis ve alt ekstremit eklemlerinden ayak destek sistemine kadar tüm anatomik yapılar yaşla birlikte eş zamanlı olarak mobilite kaybı, kas kuvvetinde azalma, proprioseptif geribildirimde gerileme, postür al adaptasyon ve hareket stratejilerinde değişim göstermektedir.

Bu süreçte eklem kıkırdaklarında dejenerasyon, bağ dokularda sertlik, tendon elastikiyetinde azalma, kaslarda sarkopeni, sinir iletim hızında düşüş ve duyu al reseptör hassasiyetinde bozulma gelişmektedir. Ancak yaşlanmanın klinik olarak en belirgin sonucu tek başına yapısal bozulma değil; bu yapısal değişimlerin segmentler arası koordinasyonu bozarak hareket ekonomisini değiştirmesidir. Çünkü insan hareketi birbirinden bağımsız eklemlerin toplamı değil, tüm vücudun senkronize çalışan biyomekanik zinciridir.

Yaşlı bireyde servikal ileri baş postürü torakal kifoz ile birleşmekte, torakal kifoz omuz protraksiyonunu artırmakta, lumbopelvik kontrol kaybı kalça ve diz yüklenmesini değiştirmekte, ayak destek yüzeyindeki bozulmalar tüm postür al dengeyi etkilemektedir. Benzer şekilde üst ekstremit e omuz hareket açıklığındaki azalma dirsek-el bileği kullanım paternlerini, eldeki ince motor kayıplar ise günlük yaşam bağımsızlığını doğrudan sınırlandırmaktadır. Dolayısıyla geriatrik biyomekanikte görülen değişiklikler izole değil, birbirini besleyen kompansatuar bir ağ şeklinde ilerlemektedir.

Yaşlanma ile birlikte birey daha az hareket açıklığı, daha fazla kas ko-kontraksiyonu, daha yavaş reaksiyon süresi ve daha korumacı motor stratejiler kullanmaya başlar. Bu durum başlangıçta güvenlik amacıyla gelişen adaptif bir yanıt olsa da zamanla hareket akıcılığının kaybına, enerji tüketiminin artmasına, fonksiyonel bağımsızlığın azalmasına ve düşme riskinin yükselmesine neden olur. Özellikle postür al kontrol, ince motor beceriler ve denge reaksiyonları yaşlı bireyin yaşam kalitesini belirleyen temel alanlar haline gelir.

Bu nedenle geriatrik fizyoterapi ve rehabilitasyon yaklaşımı yalnızca ağırlı veya kısıtlı tek bir eklemi tedavi etmeye odaklanmamalıdır. Esas hedef, yaşlanmanın tüm vücutta oluşturduğu biyomekanik zincir bozulmalarını tanımlamak; segmentler arası hareket uyumunu yeniden kurmak; mobilite, kuvvet, propriosepsiyon, denge ve fonksiyonel güveni eş zamanlı olarak

desteklemektir. Başka bir ifadeyle geriatrik rehabilitasyonun temel yaklaşımı “eklem tedavisi” değil, “hareket sisteminin yeniden organizasyonu” olmalıdır.

Klinik uygulamada omurgadan ayağa, çeneden ele kadar tüm segmentlerin birbirine etkisi göz önünde bulundurularak yapılan bütüncül değerlendirme; erken dönemde fonksiyon kaybının fark edilmesine, bireye özgü egzersiz planının oluşturulmasına ve bağımsız yaşam kapasitesinin korunmasına katkı sağlayacaktır. Çünkü yaşlanmanın kaçınılmaz olduğu kabul edilse de, biyomekanik gerilemenin hızı ve fonksiyonel sonuçları uygun rehabilitasyon stratejileri ile anlamlı ölçüde yönetilebilir.

Sonuç olarak yaşlı bireylerde görülen biyomekanik ve kinezyolojik değişiklikler yalnızca anatomik yaşlanmanın bir yansıması değil; hareketin kalite, güvenlik ve verimlilik boyutlarını doğrudan etkileyen küresel bir fonksiyonel dönüşümdür. Bu dönüşümün doğru anlaşılması, geriatrik rehabilitasyonda koruyucu, geciktirici ve fonksiyon artırıcı müdahalelerin temel bilimsel zeminini oluşturmaktadır.