
ANATOMİDE İLERİ ARAŞTIRMALAR

Editör: Doç.Dr. Güneş BOLATLI

ANATOMİDE İLERİ ARAŞTIRMALAR

Editör

Doç. Dr. Güneş BOLATLI

yaz
yayınları

2024

ANATOMİDE İLERİ ARAŞTIRMALAR

Editör: Doç. Dr. Güneş BOLATLI

© YAZ Yayınları

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

E_ISBN 978-625-5547-29-3

Aralık 2024 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

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

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

info@yazyayinlari.com

İÇİNDEKİLER

Pineal Bez Anatomisi Ve Hastalıkları Üzerine Kısa Bir Bakış	1
<i>Ebru YOLAÇAN</i>	
Glandula Submandibularis'in Anatomisi Ve Klinik Önemi.....	17
<i>Esin ERBEK</i>	
Calcar Femoral.....	29
<i>Fatih ÇAVUŞ</i>	
Yürüme Ve Anatomik İncelenmesi.....	47
<i>Fatih ÇAVUŞ</i>	

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

PİNEAL BEZ ANATOMİSİ VE HASTALIKLARI ÜZERİNE KISA BİR BAKIŞ

Ebru YOLAÇAN¹

1. GİRİŞ

Glandula pinealis (corpus pineale) İskenderiyeli Herophilus tarafından tanımlanmıştır. Çam kozalağına benzediğı için latince bu anlama gelen ‘pinealis’ sözcüğü kullanılmıştır (Palaoğlu ve Beşkonaklı, 1998). Hemisferlerin arasında, splenium corporis callosi’nin altında, mesencephalon’un çatısında, 3. ventrikülün üst duvarına pineal sap ile bağılı bulunan nöroendokrin bir bezdir. Konumu nedeniyle oldukça damarlanmıştır (Zaccagna ve ark, 2022; Standring, 2021). A. cerebri posterior’dan gelen arteriyal dallar ve rr. choroidei posteriores mediales ile beslenmektedir (Patel ve ark., 2020). Vv. internae cerebri’ye venöz drenaj sağlanmaktadır (İlahi ve ark., 2018). Sempatik ve parasempatik innervasyonu vardır. Sempatik inervasyonu ganglion cervicale superior’dan gelen nervi conarii tarafından sağlanmaktadır. Parasempatik inervasyonu ise insanlarda incelenmemiş olup, tartışma konusudur (Ağar, 2021). Bezin histolojik yapısına bakıldığında pinealosit ve destek hücrelerinden oluştuğı görülmüştür. Pinealositler melatonin sentezinden sorumludur. Epifiz bezi yetişkinde yaklaşık 0.1 gram ağırlığında, 0.8 cm uzunluğundadır (İlahi ve ark., 2018). Küçük bir nöroendokrin bez olan pineal bezin ana fonksiyonu, aydınlık

¹ Öğretim Görevlisi Doktor, Samsun Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye ebru.yolacan@samsun.edu.tr , ORCID: 0000-0001-8157-904X

karanlık koşullara göre melatonin sentezlenmesi ve bu melatonin aracılığıyla sirkadyen ritmi düzenlenmesidir (Gheban ve ark., 2022; Sapde ve Cau, 2012). Antioksidan fonksiyonu olduğu da bilinen melatoninin karanlıkta üretimi artar, ışığa maruz kaldığında ise azalır. Retina tarafından gelen fototik bilgi (karanlık bilgisi) ile uyarılar, retinohipotalamik yol vasıtasıyla hipotalamus'un suprakiasmatik çekirdeğine gönderilir. Buraya gelmiş olan bu impulslar paraventriküler çekirdeğe geçer. Buradan omuriliğin Rexed lamina II'sinde yer alan intermediolateral nucleus'una gider. Sonrasında preganglionik lifler ganglion cervicale superior'a gider ve postganglionik lifler n. conorii ile epifiz bezine ulaşır. Ritmik melatonin salgılanmasını sağlar (Wu ve Swaab, 2005; Atasoy ve Erbaş, 2017; Ağar, 2021). Karanlıkta melatonin hormonunun salgılanmasıyla uykuya daha rahat dalma sağlanır ve kaliteli uyku ile yeterince dinlenme oluşur. Işıklı ortamda stres hormonu olan kortizol salınır. Bu yüzden bu ortamda uyumak kaliteli bir uykunun önüne geçer (Kocar ve Elçioğlu, 2022). Kan dolaşımına verilmek üzere melatonin salgılayan epifizin tek görevi bu değildir. Ek olarak bazı metillenmiş molekül yapılarını ve nrosteroidleri salgılar. Örneğin metillenmiş molekül yapılarından biri olan dimetiltriptamin (DMT) epifiz bezi tarafından doğumda, uyku sırasında ve lme yakinken salgılanan halüsinojen olup, vücuttan ayrılmış bilinç varlığı yaratır (Tan ve ark, 2018; Ağar, 2021). Ayrıca testosteron, 5 α ve 5 β -dihidrotestosteron, 7 α -hidroksipregnenolon, allopregnanolon gibi nrosteroidlerin sentezlendiğine ilişkin çalışmalar ortaya konmuştur. 7 α -hidroksipregnenolon, kuşlarda ışık uyaranlarına cevap olarak hareket aktivitesini arttırır. Allopregnanolon ise cerebellumda yer alan purkinje hücrelerinin ölümünü önler (Haraguchi ve Tsutsui, 2020).

Yapılan alışmalar, pineal bezin omurgalılarda ideal sağlık koşullarını korumak için önemli olduğunu göstermektedir.

Bu bezin konumu nedeniyle bezin yapısı ve işlevlerindeki bozukluklar bazı sağlık sorunlarına sebep olabilir. Pineal bez ile ilgili bazı hastalıkları bu derlemede tartışılacaktır.

2. PİNEAL BEZİ TÜMÖRLERİ

Son derece nadir görülen tümörlerden olan pineal neoplazmalar, yaş, cinsiyet, ırk ya da etnik köken gibi faktörlere göre değişkenlik gösterebilir. Yetişkinlerdeki beyin neoplazmalarının %1'inden daha azını oluşturur (Favero ve ark.,2020; Vuong ve ark., 2021). Pineal tümörler, germ hücreli tümörler (germinomlar, koryokarsinomlar, teratomlar, embriyonal karsinomlar, yolk kesesi tümörleri ve karışık germ hücreli tümörler) (Korogi ve ark., 2001), pineal parankimal tümörler (pineositomalar, pineoblastomalar, papiller pineal tümörler ve ara farklılaşma pineal parankimal tümörleri) şeklinde sınıflandırılır. Nadir de olsa pankreastan, mesaneden, özofagus'tan pineal beze metastaz da gözlenebilir (Favero ve ark.,2020). Bu bölgede oluşacak olan tümörler, aqueductus mesencephali'yi (Sylvius) tıkar ve beyin omurilik sıvısının (BOS) dolanımında sıkıntıya sebep olur. BOS'un basıncının artmasına bağlı hidrosefali kliniği gözlenebilir. Bu da mide bulantısı, kusma, baş ağrısı, epileptik nöbetler, tektal bölgenin etkilenmesine bağlı görme problemleri yaratabilir (İlahi ve ark., 2018).

3. PİNEAL BEZİN KİSTLERİ

Pineal kistler her yaşta tanımlanabilen, sıklıkla kadınlarda gözlenebilen iyi huylu lezyonlardır (Tanaka ve ark., 2021). Manyetik rezonans görüntüleme (MR) incelemelerinde pineal kistlerin yaygınlığı, çeşitli nörolojik nedenlerle muayene edilen hastaların %1.3 ila %4.3'ü arasında değişirken, asemptomatik sağlıklı gönüllülerde %0.29 ile %10.81 arasında değişmektedir

(Bosnjak ve ark., 2009). MR ve bilgisayarlı tomografi'nin (BT) son yıllardaki yaygın kullanımı, pineal ve kolloid kistlerin giderek daha sık teşhis edilmesine neden olmuştur. Bu kistler çoğunlukla MR ile tesadüfen ortaya konur. Bu tür hastalarda en sık görülen semptom baş ağrısıdır. Diğer semptomlar arasında görme sorunları, mide bulantısı, kusma, denge zorlukları, paresteziler, hafıza sorunları, ataksi gibi bulgular da gözlenebilir (Tanaka ve ark., 2021, Bosnjak ve ark., 2009). Bu kistlerin çoğunlukla küçük olması uzun süreli izleme gerektirmez ve bir tedaviye ihtiyaç duyulmaz, ancak büyük veya atipik görünümlü olan kistler hastada kaygıya ve klinisyenin tedavi yönetimi aşamasında belirsizliğe neden olabilir. Ancak BOS'un akışına engel olacak bir obstrüksiyon sonucu gelişmiş hidrosefali kliniği cerrahi girişim gerektirebilir (Jenkinson ve ark., 2021).

4. PİNEAL BEZ KALSİFİKASYONU

Beyindeki sirkadiyen ritim düzenleme sisteminin bir parçası olan pineal bez yaşam boyu fizyolojik kalsifikasyonlar biriktirme eğilimindedir. Ancak, intrakraniyal kalsifikasyonların bileşimi ve nedenleri belirsizliğini korumuştur (Junemann ve ark., 2023). Pineal bez kalsifikasyonu (corpora arenacea, beyin kumu) esas olarak kalsiyum ve fosfordan, daha az miktarda da magnezyum ve stronsiyumdan oluşur (Belay ve Worku; 2023 Aljarba ve Abdulrahman, 2017). İleri yaş ve erkek cinsiyet pineal bez kalsifikasyonunu artıran başlıca özelliklerdir (Jalali ve ark., 2023). Kalsifikasyonun ilerleyen yaşlarda dikkat çektiği söylene de doğumla başlayan bir süreç olduğu, bebeklerde de pineal bezde mikrokalsifikasyonların olabileceği öne sürülmüştür (Ağar, 2021). Pineal bez kalsifikasyonu fizyolojik ya da patolojik olabilir. Fizyolojik olan kalsifikasyonlar asemptomatik olup tanısı MR ile tesadüfi olarak ortaya konur (Belay ve Worku; 2023). Yapılan çalışmalarda şizofreni, Alzheimer, Multipl skleroz, migren, intraserebral kanama, uyku bozuklukları, pediatrik beyin tümörleri gibi patolojilerde pineal bezde

kalsifikasyon tespit edilmiş olup bu durum patolojik pineal bez kalsifikasyonlarıyla ilişkilendirilebilir (Tan ve ark., 2018). Pineal bez kalsifikasyonu rakım ve güneş maruziyetinden etkilenir. Yaygınlığı ise ülkeden ülkeye değişiklik gösterir (Aljarba ve Abdulrahman, 2017). 12000 sağlıklı denek tarafından yapılmış bir çalışmada bireylerin %71,6'sında pineal bez kalsifikasyonu ortaya konmuştur (Patel ve ark 2020). Bu durum bize kalsifikasyonla ne kadar sık karşılaşabileceğimizi dşndrtmştir.

5. SONUÇ

Pineal bez, beynin merkezinde yer alan, uyku-uyanıklık döngülerini düzenleyen bir nöroendokrin organdır. Salgıladığı melatonin sayesinde sirkadyen ritmi etkiler. Böylece daha kaliteli bir uyku mümkün olmaktadır. Melatonin dışında pineal bezden DMT ve nrosteroidler de salınır. Melatonin kaliteli uyumayı sağlar. Pineal bez konumu nedeniyle, yer kaplayan patolojilerinde (tümör, kist v.s.) aquaductus cerebri'nin tıkanmasına yol açabilir. Bu da hastalarda hidrosefali oluşabilir. Bu durumda hidrosefaliye sekonder bazı semptomların (gastrointestinal semptomlar, görme sorunları, baş ağrısı) görülmesi mümkündür. Bez MR ve BT ile görüntülenebilmektedir.

Bu çalışmada incelenen hastalıkların (Pineal Bezi Tümörleri, Pineal Bezin Kistleri, Pineal Bez Kalsifikasyonu) bireylerin sağlık durumları üzerinde ya asemptomatik olabileceği ya da ciddi etkiler yaratabileceğini göstermektedir. Bu durumda hekim ve hasta arasındaki dinamik, hekimin hastalığa yaklaşımı önem arz etmektedir. Erken tanı ve uygun tedavi yöntemleri, bu hastalıkların yönetilmesinde büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, PubMed üzerinde yapılan son bir yıl içerisinde yapılan çalışmaların sayısı (268 çalışma) ve niteliği pineal bezin daha iyi anlaşılması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulması gerektiğini bize göstermektedir (PUBMED).

KAYNAKÇA

- Wu, H., & Swaab, D. F. (2005). The human pineal gland and melatonin in aging and Alzheimer's disease. *Journal of Pineal Research*, 38(3), 145-152. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2004.00196.x>
- Vuong, H. G., Ngo, T. N., & Dunn, I. F. (2021). Incidence, Prognostic Factors, and Survival Trend in Pineal Gland Tumors: A Population-Based Analysis. *Frontiers in Oncology*, 11, 780173. <https://doi.org/10.3389/fonc.2021.780173>.
- Sapède, D., & Cau, E. (2012). The Pineal Gland from Development to Function. *Current Topics in Developmental Biology*, 106, 171-215. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416021-7.00005-5>
- Favero, G., Bonomini, F., & Rezzani, R. (2020). Pineal Gland Tumors: A Review. *Cancers*, 13(7), 1547. <https://doi.org/10.3390/cancers13071547>
- Korogi, Y.; Takahashi, M.; Ushio, Y. (2001). MRI of pineal region tumors. *J. Neurooncol.*, 54, 251–261.
- Bosnjak J., Budisic, M., Azman, D., Strineka, M., Crnjakovic M. and Demarin, V. (2009). Pineal Gland Cysts - An Overview, *Acta Clin Croat.*, 48:355-358
- Jenkinson MD, Mills S, Mallucci CL, et al Management of pineal and colloid cysts *Practical Neurology* 2021;21:292-299.
- Aljarba N, Abdulrahman AA. (2017). Pineal gland calcification within Saudi Arabian populations. *J Anat Soc India.*;2017(66):43–7.
- Junemann, O., Ivanova, A.G., Bukreeva, I. et al. (2023). Comparative study of calcification in human choroid plexus, pineal gland, and habenula. *Cell Tissue Res* 393, 537–545 <https://doi.org/10.1007/s00441-023-03800-7>

- Belay, D.G., Worku, M.G. Prevalence of pineal gland calcification: systematic review and meta-analysis. *Syst Rev* **12**, 32 (2023). <https://doi.org/10.1186/s13643-023-02205-5>.
- Patel S, Rahmani B, Gandhi J, Seyam O, Joshi G, Reid I, et al. (2020). Revisiting the pineal gland: a review of calcification, masses, precocious puberty, and melatonin functions. *Int J Neurosci*.130(5):464-475.
- Gheban, A., Colosi, H. A., Gheban-Roşca, A., Georgiu, C., Gheban, D., Crişan, D., & Crişan, M. (2022). Digital histological morphometry of the human pineal gland in a postmortem study, with endocrine and neurological clinical implications. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 52(1), 12-20. <https://doi.org/10.1111/ahe.12828>.
- https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=Pineal+gland&filter=datesearch.y_1 Erişim tarihi 29/11/24 Saat 13:52
- Palaoğlu, S., & Beşkonaklı, E. (1998). Pineal bez ve yaşlanma. *Turkish Journal of Geriatrics*, 1(1), 13-18.
- Zaccagna, F., Brown, F. S., Allinson, K. S. J., Devadass, A., Kapadia, A., Massoud, T. F., & Matys, T. (2022). In and around the pineal gland: a neuroimaging review. *Clinical Radiology*, 77(2), e107-e119.
- İlahi, S., Beriwal, N., & İlahi, T. B. (2018). Physiology, pineal gland.
- Ağar, E. (2021). İnsan Fizyolojisi. *İstanbul, İstanbul Tıp Kitabevleri*.
- KOCAR, F., & ELÇİOğLU, H. K. (2022). Sirkadiyen ritim ve sirkadiyen ritmi etkileyen faktörler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 15(2), 29-44.
- Tanaka, T., Arnold, L., Mazuru, D. G., Golzy, M., Carr, S. B., & Litofsky, N. S. (2021). Pineal cysts: Does anyone need long-term follow up?. *Journal of Clinical Neuroscience*, 83, 146-151.

- Tan, D. X., Xu, B., Zhou, X., & Reiter, R. J. (2018). Pineal calcification, melatonin production, aging, associated health consequences and rejuvenation of the pineal gland. *Molecules*, 23(2), 301.
- Haraguchi, S., & Tsutsui, K. (2020). Pineal neurosteroids: biosynthesis and physiological functions. *Frontiers in Endocrinology*, 11, 549.
- Standring, S. (Ed.). (2021). *Gray's Anatomy E-Book: Gray's Anatomy E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Jalali, N., Firouzabadi, M. D., Mirshekar, A., Khalili, P., Ravangard, A. R., Ahmadi, J., ... & Jalali, Z. (2023). Cross-sectional analysis of potential risk factors of the pineal gland calcification. *BMC Endocrine Disorders*, 23(1), 49.
- Atasoy, Ö. B., & Erbaş, O. (2017). Melatonin hormonunun fizyolojik etkileri. *İstanbul Bilim Üniversitesi Florence Nightingale Tıp Dergisi*, 3(1), 52-62.

GLANDULA SUBMANDIBULARIS'İN ANATOMİSİ VE KLİNİK ÖNEMİ

Esin ERBEK²

1. GİRİŞ

Glandula submandibularis (GSM), daha önce "submaksiller bez" olarak da bilinen, ikinci en büyük majör tükürük bezidir (Arquez, 2017). Mandibula'nın iç yüzeyinde, ağız tabanında yer alır ve musculus (M., m.) mylohyoideus'un arka kenarı etrafında birbirine bağlanan büyük yüzeyel ve küçük derin loblardan oluşur (Ellis, 2012; Granger ve Taylor, 2020). GSM, toplam tükürüğün yaklaşık %60'ını üretir ve trigonum submandibulare bölgesinde, yuvarlak bir yapıda bulunur. Üst kısmı mandibula'nın iç yüzeyine, alt kısmı ise trigonum submandibulare'nin dışına taşar. Arka kısmında m. stylohyoideus, m. digastricus ve m. styloglossus kasları, ön kısmında ise m. hyoglossus ve m. mylohyoideus kasları yer alır. Wharton kanalı, bezin üst kısmından başlayarak öne ve mediale doğru ilerler. Dil sinirini geçtikten sonra gl. sublingualis bezinin iç yüzeyinde devam eder ve caruncula sublingualis'e açılır. Arteria (A., a.) facialis, bezin yüzeyi boyunca ilerler ve dallar vererek bezi besler (Harazono, 2019). Bazı durumlarda, GSM'nin hemen önünde gelişen, daha küçük bir "aksesuar GSM" görülebilir (Yazbeck, Iwanaga, Walocha, Olewnik ve Tubbs,

2023). Ayrıca, ductus submandibularis ile ilgili doğumsal anomaliler, imperforasyon veya genişlemeler literatürde bildirilmiştir (Arquez, 2017). GSM'nin çıkarılması, genellikle sialadenit, sialolitiazis ve tümörler gibi patolojilerde yapılır. Cerrahi sırasında arteria ve vena (V., v.) facialis bağlanır ve kesilir, ancak nervus (N., n.) facialis'in mandibular dalı korunur. A. facialis, bezin derin kısmında yerleşmiştir ve iki ana dalı ile bezi besler. Bu dallar bağlanabilir, ancak gerektiğinde arterin kendisi, rekonstrüktif cerrahilerde beslenmeyi sağlamak için korunabilir (Iwai, Sugiyama, Oguri ve Mitsudo, 2022).

2. GLANDULA SUBMANDIBULARIS'İN EMBRİYOLOJİSİ

GSM oluşumu, epitel büyümesi ve çoğalmasının yanı sıra çevresindeki mezenkim, kan damarları ve sinirlerle etkileşimlerine dayanır. Bu süreç, karmaşık ve düzenli bir şekilde ilerler. Dil gelişimiyle birlikte beşinci haftada ağız tabanında medial paralingual oluk oluşmaya başlar; hemen ardından lateral paralingual oluk diş etlerinin büyümesiyle ortaya çıkar (Quirós-Terrón ve ark., 2019). GSM, endodermal kökenlidir ve genellikle beşinci ile altıncı haftalarda gelişir. Bu süreçte, ağız tabanındaki medial paralingual oluğun epitel dokusu kalınlaşır ve GSM parankimasının temelini oluşturur. Altıncı haftada, medial paralingual olukta katı bir epitel tomurcuğu gelişir ve bu tomurcuk zamanla yoğunlaşarak invajinasyona uğrar. Bu süreç, lobların oluşumuna zemin hazırlar. Yedinci haftada, "kanaliküler evre"de GSM ana kanalının (Wharton kanalı) oluşumu gözlemlenir (Quirós-Terrón ve ark., 2019; Yazbeck ve ark., 2023). Sekizinci haftada ise GSM parankimasının primordiyumu ve ductus submandibularis'in sinirsel bağlantıları tamamlanır (Quirós-Terrón ve ark., 2019).

Trigonum submandibulare, birinci, ikinci ve üçüncü arcus farengei gelişiminde önemli bir rol oynar. Birinci arcus mandibulanın temelini oluştururken, ikinci ve üçüncü arcuslar hyoid kemiği meydana getirir. Trigonum submandibulare'nin büyük bir kısmı bu yapılar arasında yer alır ve genellikle mezoderm ile nöral krest türevlerinden oluşur (Casale ve Varacallo, 2018). GSM'nin ductus gelişimi, ağız boşluğundaki ektodermal hücrelerin içe doğru büyümesiyle başlar. Embriyolojik süreçte ductus submandibularis, epitel dokunun tamamen oyulmasıyla şekillenir. Ancak bu oyulma sürecindeki aksaklıklar, ductus'un doğuştan genişlemesine yol açabilir (Prosdócimo ve ark., 2018).

3. GLANDULA SUBMANDIBULARIS'İN HİSTOLOJİSİ

Tükürük bezleri, ağız boşluğunun epitel örtüsünde bulunur ve salgı türleri ile yapısına göre sınıflandırılır. Temel bileşenleri asinöz hücreler, bir kanal sistemi ve miyoepitelyal hücrelerdir. Asinöz hücreler, seröz, mukus veya karışık salgılar üreten asiniler şeklinde kümelenir. Kanal sistemi salgıları ağız boşluğuna taşır ve interkale, çizgili ve salgılayıcı hücrelerden oluşur. Miyoepitelyal hücreler ise kasılarak tükürüğün iletilmesine yardımcı olur (Granger ve Taylor, 2020). GSM seröz ağırlıklı karma salgı yapar ve gl. sublingualis'ten farklı olarak seröz asinözler çoğunluktadır. Kanal sistemi, geniş lümenleri ve soluk sitoplazmalı hücreleri ile ayırt edilir. Bez, bağ dokusu septumları ile loblara ve lobüllere ayrılır (Khan ve Farhana, 2019).

4. GLANDULA SUBMANDIBULARIS'İN ANATOMİSİ

GSM, büyük tükürük bezleri arasında ikinci büyük bezdir ve genellikle trigonum submandibulare içinde bulunur. Bezi çevreleyen kapsül, fascia cervicalis profunda dış tabakasından kaynaklanır. GSM, anatomik olarak mylohyoideus kası tarafından ayrılan yüzeyel ve derin loblardan oluşur. Bezin büyük kısmı yüzeyel lobda, daha küçük kısmı ise derin lobda yer alır. Derin lob, m. hyoglossus ve n. lingualis ile yakın temas halindedir (Yazbeck ve ark., 2023; Ellis, 2012; Beale ve Madani, 2006). GSM'nin boyutu 7-15 gram arasında değişir ve günlük tükürük üretiminin %20-30'undan sorumludur. Seröz ağırlıklı karma salgı yapar. Estetik cerrahide küçültülen kısmı genellikle yüzeyel lobdur (O'Daniel, 2018). Yüzeyel ilişkileri arasında platysma, v. facialis anterior ve n. facialis'in mandibular dalı yer alır. Cerrahi kesiler, bu siniri korumak için mandibula'nın 2,5 cm altından yapılır. A. facialis, bezin arka yüzeyinden geçerek üst kısmına ulaşır ve yüzü besler (Beale ve Madani, 2006).

Ductus submandibularis (Wharton kanalı), GSM'nin ön kenarından çıkar ve m. mylohyoideus ile m. genioglossus arasında ilerler. Kanal, ağız tabanında caruncula sublingualis'e açılır. Kanal açıklığı, ağıza bakıldığında kolayca görülebilir ve beze basıldığında tükürük çıkışı gözlenebilir. Kanalda taş oluşumu durumunda taş, kanalın orifisinde veya elle yapılan palpasyonla hissedilebilir. Ductus submandibularis'in doğuştan anormallikleri nadir görülür, ancak genişlemesine bağlı olarak ağız tabanında kistik görünüme yol açan vakalar bildirilmiştir (Amano ve ark., 2012; Kessler ve Bhatt, 2018; Rosow ve ark., 2009).

4.1. Trigonum Submandibulare

Trigonum submandibulare, mandibula gövdesinin altında yer alan önemli bir anatomik bölgedir ve büyük kısmını GSM

oluşturur. Bu alan içinde birçok sinir, arter, ven ve lenf düğümü bulunur. Submandibular üçgen, mandibula, m. mylohyoideus, m. digastricus'un venter anterior'u ve hyoid kemik ile sınırlanır (Casale ve Varacallo, 2018). Submandibular boşluk, yağ dokusu, GSM, ağız tabanı, alt diş etleri, dil, farenks, bademcikler ve bu bölgelerin lenfatik drenajından sorumlu lenf düğümlerini içerir. Bölgede ayrıca n. hypoglossus, a. facialis, v. facialis, n. glossopharyngeus ve n. lingualis bulunur (Dalgic ve ark., 2013). Trigonum submandibulare'deki anatomik yapıların karmaşıklığı, cerrahi girişimlerde önemli klinik sonuçlara neden olabilir (Casale ve Varacallo, 2018).

4.2. Glandula Submandibularis'in Vaskülerizasyonu

GSM'nin kan akışı ağırlıklı olarak a. facialis ve a. submentalis tarafından sağlanır. A. submentalis, a. facialis'in en büyük dalıdır ve mandibula'nın alt kenarı boyunca ilerler. Seyri sırasında GSM, platysma, mylohyoid kasları ve nodi lenfoidei submandibulares'i besler. A. submentalis ile a. sublingualis, yaklaşık %7 oranında sublingual bölgede anastomoz yapar (Yazbeck ve ark., 2023; Harazono, 2019). GSM'ye kan akışı ayrıca a. carotis externa, a. lingualis ve a. profunda lingualis dallarından da sağlanabilir (Li ve ark., 2007). Venöz drenaj, ağırlıklı olarak v. facialis, v. submentalis ve v. sublingualis üzerinden gerçekleşir. Bu venler GSM yüzeyini geçerek v. retromandibularis'in ön dalıyla birleşir ve v. facialis communis oluşturur. Son drenaj, v. jugularis interna'ya olur (Marur, 2020; Yazbeck ve ark., 2023).

4.3. Glandula Submandibularis'in Lenf Drenajı

GSM'nin lenf damarları, genellikle jugulo-omohyoid dahil derin servikal lenf düğümlerinde sonlanır (Ceylan ve Ünal, 2019; Moore ve Dalley, 2018). Submandibular lenf düğümleri, kısmen bezin içinde, kısmen de bez ile mandibula arasında yer

alır. Bu nedenle, servikal lenf düğümlerinin blok diseksiyonu sırasında GSM de çıkarılır (Ellis, 2012).

4.4. Glandula Submandibularis'in İnnervasyonu

GSM, n. facialis'ten gelen presinaptik parasempatik sekretomotor liflerle beslenir. Bu lifler, chorda tympani aracılığıyla n. lingualis'e iletilir ve ganglion submandibularis'teki postsinaptik nöronlarla sinaps yapar. Bu lifler, beze ulaşmak için arterlerle birlikte ilerler ve üst servikal gangliondan gelen sempatik vazokonstriktör liflerle taşınır (Ceylan ve Ünal, 2019; Moore ve Dalley, 2018).

5. GLANDULA SUBMANDIBULARIS'İN KOMŞULUKLARI

GSM, yüzeysel olarak platysma kası ile örtülüdür ve üzerinden v. facialis ile n. facialis'in servikal dalı geçer. Derin kısmı, büyük ölçüde m. mylohyoideus üzerinde yer alırken, arka kısmı m. hyoglossus üzerinde bulunur ve burada n. lingualis ve n. hypoglossus ile temas eder. A. facialis, bezin arkasından gelip üst yüzeyine bir oluk oluşturur, mandibula alt kenarına ulaşarak m. massetericus önünden yüze doğru yükselir (Ellis, 2012). N. lingualis, kanalın altından geçerken, yüzeysel parçası derin kısımdan m. mylohyoideus tarafından ayrılır. M. digastricus'un ön kısmı, ligamentum stylomandibulare ile arka kısmı sınır oluşturur. Derin parça, yüzeysel parça ile devamlılık göstererek, cavitas oris propria'ya girer ve n. hypoglossus ile v. lingualis profunda bu parçanın altından geçer (Marur, 2020).

6. GLANDULA SUBMANDIBULARIS'İN FONKSİYONLARI

İnsanlarda, günlük üretilen yaklaşık 1,5 litre tükürüğün %90'ı üç ana tükürük bezi olan gl. parotidea, GSM ve gl.

sublingualis tarafından salgılanırken, geri kalan %10'u küçük tükürük bezlerinden gelir (Chibly ve ark., 2022). Tükürük bezlerinin ana işlevi tükürük üretip salgılamaktır, bu da ağız ve genel sağlık için çok önemlidir. Tükürük üretiminin fizyolojisi, tükürüğün yaşamımızda fark edilmeyecek şekilde düzenlenmiştir (Aktaş ve ark., 2009). Tükürüğün işlevleri arasında ağız için kayganlaştırıcı olmak, sindirimde ilk adımı başlatmak, antimikrobiyal özellik taşımak ve diş mineralizasyonunu teşvik etmek yer alır. Ayrıca, tükürük, yara iyileşmesi için gerekli birçok sinyal molekülü içerir (Xu ve ark., 2019). Tükürüğün moleküler bileşimi, organizmanın fizyolojik ya da patolojik durumunu yansıtarak hastalık tanısında biyomarker olarak kullanılır. Tükürük, ayrıca viral enfeksiyonların teşhisinde de kullanılır; SARS-CoV-2 ve enterovirüslerin tükürük bezlerinde çoğaldığı gösterilmiştir (Baghizadeh Fini, 2020; Chen ve ark., 2020; Xu ve ark., 2019).

7. GLANDULA SUBMANDIBULARIS'İN ANATOMİK VARYASYONLARI

Tükürük bezleri üzerine yapılan çoğu çalışma, kanser epidemiyolojisi ile ilgilidir. GSM, gl. Parotidea'dan sonra en sık görülen ikinci bezdir (Davim ve ark., 2015). GSM ile ilgili doğumsal anomaliler arasında aksesuar GSM yer alır; bu, ana bezin ek bir parçasıdır (Yazbeck ve ark., 2023). Aksesuar GSM, genellikle ana bezin önünde ve daha küçük boyutta gelişir (de Oliveira ve ark., 2008). Bir kadavra çalışmasında, ductus submandibularis'in ortalama uzunluğu 61,85 mm ve çapı 3,0 mm olarak bulunmuştur. Çalışmaya katılan 17 kadavranın %70'inde aksesuar GSM dokusu tespit edilmiştir (Arquez, 2017). Gaur ve ark. (1994), sağ GSM'de üç ayrı ductus tanımlamıştır. Kuroyanagi ve ark. (2007) ise, ana ductusun bez dışına çıkarken ikiye ayrıldığını ve her iki ductusun ağız tabanında birleşip orifisten 5

mm distalinde ağız boşluğuna açıldığını gözlemlemiştir (Kuroyanagi ve ark., 2007). Ductus submandibularis, ağız boşluğundaki ektodermal hücrelerin içe büyümesiyle oluşur. Embriyogenik gelişim sorunları, doğuştan genişlemeye yol açabilir (Prosdócimo ve ark., 2018). Ductus submandibularis'in doğuştan genişlemesi nadirdir, ancak 28 vaka bildirilmiştir ve bu vakalar ağız tabanında kistik görünümle tanımlanmıştır (Rosow ve ark., 2009).

8. GLANDULA SUBMANDIBULARIS'İN KLİNİK ÖNEMİ

GSM, önde m. digastrikus, arkada m. digastrikus ve altta mandibula tarafından oluşturulan submandibular üçgen içinde yer alır. Bu bölgedeki karmaşık anatomiden dolayı klinik önemi büyüktür. Submandibular üçgenin patolojileri enfeksiyon, immünolojik ve neoplastik süreçleri içerir. En yaygın patoloji ise sialadenit, yani GSM bezinin iltihaplanmasıdır (Casale ve Varacallo, 2018).

8.1. Sialadenit

Tükürük bezlerinde bakteriyel ve viral enfeksiyonlar görülebilir. Sialadenit, tükürük bezlerinde iltihabi durumları ifade eder (Delli, Spijkervet ve Vissink, 2014). Submandibular üçgenin en yaygın patolojisi, GSM'nin iltihabı olan sialadenittir. Genellikle tükürük taşları (sialolitiazis) nedeniyle ortaya çıkar ve Wharton kanalı tıkanır. Bu durum, yemek sonrası ağırlı şişlik, ödem ve ciltte kızarıklıkla sonuçlanır. Sialolitiazis tanısı, ultrason, tomografi ve MR gibi görüntüleme yöntemleriyle konur. Sialadenitin diğer enfeksiyon nedenleri arasında yetersiz ağız hijyeni, HIV ve kabakulak yer alır. Kabakulak genellikle gl.

parotidea'yı etkiler, ancak GSM'yi de etkileyebilir (Afshar ve Alhussein, 2017).

8.2. Sialolitiazis

Sialolitiazis, tükürük bezlerinde kalsiyum taşlarının oluşumudur. Erkeklerde daha yaygındır ve genellikle 41-60 yaş arasındaki beyaz kadınlarda görülür (Arifa ve ark., 2019). Taşlar genellikle sol GSM'nin ana kanalında bulunur, ancak gl. Parotidea, gl. Sublingualis ve küçük tükürük bezlerinde de görülebilir. GSM, daha alkaline ve yüksek kalsiyum içeren tükürük nedeniyle taş oluşumuna yatkındır (Jardim ve ark., 2011). Vakaların çoğu tek taraflıdır (%75), en çok etkilenen bez GSM'dir (%80-92). Uzun süreli tıkanıklık, epitel hasarı ve apoptoza yol açabilir (Fukuyo ve ark., 2014). Bir vaka raporunda, tıkanıklık nedeniyle bezde atrofiyi 1 yılda 130 mm³ olarak hesaplanmıştır (Krishnapura ve ark., 2023). Otoimmün sialadenit, enfeksiyon dışı, tükürük bezlerinde kronik iltihaplanma ve fibrozise yol açan bir rahatsızlıktır; en yaygın nedenler Sjögren sendromu ve sarkoidozdur (Kessler ve Bhatt, 2018).

8.3. Sjögren Sendromu

Sjögren Sendromu, gözyaşı ve tükürük bezleri başta olmak üzere tüm ekzokrin bezleri etkileyen, otoimmün bir hastalıktır. Asinüs ve ductus hücrelerinin ölümüyle skarlaşma ve atrofi oluşur, bu da sekresyon yetmezliğine yol açar (De Carolis ve ark., 2014). Genellikle menopoz sonrası kadınlarda (50-70 yaş) görülür, ancak erkeklerde 20 yaş altı, ergenlikte kendiliğinden iyileşen bir alt türü de vardır (Kessler ve Bhatt, 2018). Hastalar, ağız kuruluğu (ksero stomi) ve kuru gözlerle birlikte, artrit, Raynaud fenomeni, böbrek, karaciğer ve akciğer sorunları gibi sistemik belirtiler gösterir. %5 civarında malign B hücreli lenfoma gelişebilir. Sjögren sendromu, tek başına veya romatoid artrit ve lupus gibi diğer otoimmün hastalıklarla birlikte görülebilir (Tzioufas ve Moutsopoulos, 2015).

8.4. Diyabetin Tükürük Bezleri Üzerine Etkisi

DM’li hastalarda özellikle parotis ve GSM’de birtakım yapısal değişiklikler gözlemleyen çalışmalar mevcuttur (Kotyk, 2016; Lilliu ve ark., 2015). Diyabetik durum, sıklıkla diyabetin altıncı komplikasyonu olarak tanınan periodontal hastalık ile ilişkilidir. Diyabetli hastalarda genellikle diş eti iltihabı, dil iltihabı, ağız kandidiyazı, diş çürüğü ve ağız kuruluğu da görülür. Bu rahatsızlıklar genellikle tükürük bezlerinin işlev bozuklukları ile birlikte olur ve bez parankimasında morfolojik bozulma ile tükürük bileşiminde değişiklikler ile kendini gösterir (Lilliu ve ark., 2015). Tükürük protein içeriğindeki eksiklikler, ağız ve dişleri enfeksiyon riskine daha açık hale getirir. Ayrıca, tükürük akışının azalması, diyabet hastalarını sıklıkla rahatsız eden klinik ağız kuruluğuna yol açabilir. Bu şiddetli belirtiler, genellikle tükürük bezlerinin sialadenozis olarak tanımlanan belirgin morfolojik değişiklikleriyle birlikte görülür. GSM ile ilgili çalışmalarda, parenkimal atrofi ve artmış lifli doku gibi sialadenozis bağlamına giren belirgin değişiklikler rapor edilmiştir. Kontrollü glisemiye sahip ve sialadenozis veya ağız patolojisi belirtisi olmayan diyabetli bireylerde ise tükürük fonksiyonu, en azından akış ve bileşim açısından, normal görülmektedir (Isola ve ark., 2012).

9. GLANDULA SUBMANDIBULARIS’İN CERRAHİ ÖNEMİ

GSM’nin cerrahi olarak çıkarılmasını gerektiren en yaygın rahatsızlıklar, sialolitiazis ve bezin kronik iltihaplanmasıdır. Bunları iyi huylu tümörler (pleomorfik adenom, nörom, hemanjiom, lenfanjiom, lipom) ve kötü huylu tümörler (adenoid kistik karsinom, adenokarsinom, mukoepidermoid karsinom, metastatik yassı hücreli karsinom) takip eder (Ichimura, Nibu ve Tanaka, 1997). GSM cerrahisi

küçük bir işlem olsa da anatomik diseksiyon ve sinirlerin korunması çok önemlidir. Bu sinirler, n. facialis'in marjinal mandibular dalı, n. lingualis (LN) ve n. hypoglossus'tur (HN). LN ve HN, anatomik olarak belirgin sinirlerdir ve cerrahi komplikasyonları önlemek için bu sinirlerin varyasyonları iyi bilinmelidir (Beşer ve ark., 2018). Şiddetli inflamasyon veya büyük kanama durumunda, LN ve HN zarar görebilir. LN'nin uzun ve kıvrımlı yolu nedeniyle, tonsillektomi, diş çekimi, anestezi enjeksiyonları ve tükrük bezi ameliyatları sırasında zarar görmesi mümkündür (Sato ve ark., 2004). Beşer ve ark. (2018) yapılan bir çalışmada, iki paralel ductus submandibularis'in bulunduğu ve LN'nin üst kanaldan geçtiği tespit edilmiştir. Ayrıca, Iwai ve ark. (2022) tarafından yapılan başka bir çalışmada, ductus submandibularis'in altında LN'nin görülme oranı %99.4, üstünde ise %0.6 olarak belirlenmiştir. HN'nin kafatası tabanının hemen altındaki proksimal kısmını tanımlamak zordur, çünkü n. accessorius ve n. vagus ile karışabilir. Bu yüzden, HN'yi tanımak için submandibular bölgeyi diseke etmek gereklidir. Submandibular bölgeyle ilgili çeşitli anatomik çalışmalar bulunmaktadır (Salame ve ark., 2002). Ancak, n. facialis (FN) ve HN'yi zarar vermeden diseke etmek zordur, çünkü FN yoğun bağ dokusuyla çevrilidir. FN ve HN karmaşık alanlarda bulunduğundan, cerrahların anatomiye hakim olması önemlidir. Başarılı bir anastomoz için ayrıntılı anatomi bilgisi gereklidir. HN diseksiyonu daha karmaşıktır çünkü konumu FN'ye göre derindir ve dallanma yapısında varyasyonlar bulunur (Shin ve ark., 2012). Martins ve ark. (2008), HN'nin boyun insizyonunun alt kısmında, m. digastrikus'un posterior venter'inin altında ve medialinde diseke edilmesi gerektiğini önermiştir. Rebol ve ark. (2006), HN'nin digastrik kasın altında bulunduğunu belirtmiştir.

Klasik GSM cerrahisi transservikal yaklaşım içerirken, son yıllarda 'açık' ve 'endoskopik' yaklaşımlar da tanımlanmıştır

(Beahm ve ark., 2009). Tükürük bezi kaynaklı neoplazilerin %10-15'i GSM'de görülür ve bunların %50-57'si benign, %43-50'si malign olup, transservikal GSM eksizyonu kronik sialadenit, sialolitiazis, benign ya da malign tümörlerde uzun yıllardır kullanılmaktadır (Erbek ve ark., 2016). Bu prosedür üç sinirin korunmasını gerektirir: FN'nin marjinal mandibular dalı, LN ve HN. Subplatismal planda FN'nin marjinal mandibular dalı, en sık yaralanan sinirdir. Literatürde, marjinal mandibular sinir yaralanma oranları %1 ile %7.7 arasında değişmektedir. Deneyimli cerrahlar tarafından LN ve HN nadiren yaralanır ve yaralanma oranları sırasıyla %1.4 ve %2.9'dur. Transservikal yaklaşım, GSM eksizyonu için yaygın ve nispeten basit bir yöntemdir. Boyundaki nörolojik riskler ve izleri azaltmak için alternatif cerrahi yaklaşımlar geliştirilmiştir (Çukurova, 2015). A. facialis, cerrahi işlemler sırasında yaralanmalara karşı savunmasızdır ve dikkatli yaklaşım gerektirir. GSM çıkarılmasında kanama meydana gelebilir ve dış yaklaşımlarda bağlanması gerekebilir. Kanama, mandibular açığa baskı yaparak kontrol altına alınabilir. Ayrıca, A. facialis HN gibi sinirlere yakın olduğundan, erken tanımlama ve travmadan kaçınmak komplikasyonları azaltır (Meegalla ve ark., 2019). Boyun diseksiyonunda A. facialis'in korunması flep sonuçlarını iyileştirir (Talmi ve ark., 2003). Endoskopik destekli transoral GSM eksizyonu, açık cerrahiye benzer şekilde, servikal skar ve fasiyal sinir felci riskini azaltırken, iyi görselleştirme ve anatomik belirteçlerin aydınlatılması gibi avantajlar sunar (Beahm ve ark., 2009). Bir çalışmada, transoral cerrahi, transservikal cerrahiye göre hastanede kalış süresini kısaltmıştır; ancak, transoral cerrahi sonrası bakiye bez dokusu kalması nedeniyle sialadenit tekrar etmiştir (Çukurova, 2015).

10. SONUÇLAR

Tükrük bezi dokusunda çeşitli hastalık süreçleri gelişebilmekte ve bunların görüntüleme bulgularının tanınması önem arz etmektedir. Tükrük bezi patolojilerinin nadir görülmesi genellikle yanlış tanımlamalara veya yanlış teşhislere yol açmaktadır. Ayrıca aksesuar GSM ile ilgili literatür oldukça sınırlıdır ve boyutları (1–1,5 cm) göz önüne alındığında, aksesuar GSM insidansı, morfolojisi ve patolojisinin daha iyi anlaşılabilmesi için anatomik ve radyolojik çalışmaların dikkate alınması gereklidir. Aynı zamanda GSM'nin anatomik varyasyonlarının ve önemli komşu yapıları ile ilişkileri de düşünüldüğünde cerrahi ve klinik açıdan anatomisinin iyi bilinmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Afshar, M. & Alhussein, M. (2017). Iodide-Associated Sialadenitis. *New England Journal of Medicine*, 376(9), 868-868. [https:// doi:10.1056/NEJMicm1609848](https://doi:10.1056/NEJMicm1609848)
- Aktaş, A., Giray, B., & Aktaş, G. (2009). Tükürük Salya; Özellikleri ve Görevleri Tanı Açısından Değeri. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 3(2), 361-367.
- Amano, O., Mizobe, K., Bando, Y., & Sakiyama, K. (2012). Anatomy and histology of rodent and human major salivary glands Overview of the japan salivary gland society-sponsored workshop. *Acta Histochemica et Cytochemica*, 45(5), 241-250. <https://doi:10.1267/ahc.12013>
- Arifa, S. P., Christopher, P. J., Kumar, S., Kengasubbiah, S., & Shenoy, V. (2019). Sialolithiasis of the submandibular gland: report of cases. *Cureus*, 11(3). <https://doi:10.7759/cureus.4180>
- Arquez, H. F. (2017). Anatomical variation of the submandibular gland duct. A unreported anomaly. *International Archives of Medicine*, 10. <https://doi:10.3823/2538>
- Fini, M. B. (2020). Oral saliva and COVID-19. *Oral Oncology*, 108, 104821. <https://doi:10.1016/j.oraloncology.2020.104821>
- Beahm, D. D., Peleaz, L., Nuss, D. W., Schaitkin, B., Sedlmayr, J. C., Rivera-Serrano, C. M., & Walvekar, R. R. (2009). Surgical approaches to the submandibular gland: a review of literature. *International Journal of Surgery*, 7(6), 503-509. <https://doi:10.1016/j.ijsu.2009.09.006>

- Beale, T., & Madani, G. (2006). Anatomy of the salivary glands. In *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*, 27(6), 436-439. WB Saunders.
<https://doi:10.1053/j.sult.2006.09.001>
- Beşer, C. G., Erakmak, B., Ilgaz, H. B., Vatansever, A., & Sargon, M. F. (2018). Revisiting the relationship between the submandibular duct, lingual nerve and hypoglossal nerve. *Folia Morphologica*, 77(3), 521-526.
<https://doi.org/10.5603/FM.a2018.0010>
- Casale J, Varacallo M. (2018) Anatomy, Head and Neck, Submandibular Triangle. In: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Ceylan, T., & Ünal, M. A. (2020). Patoloji ve histoloji laboratuvarı uygulama kitabı. *Kapadokya Üniversitesi Yayınları*. <https://doi:10.35250/kun/9786058003224>
- Chen, L., Zhao, J., Peng, J., Li, X., Deng, X., Geng, Z., & Wang, S. (2020). Detection of SARS-CoV-2 in saliva and characterization of oral symptoms in COVID-19 patients. *Cell Proliferation*, 53(12), e12923.
<https://doi:10.1111/cpr.12923>
- Chibly, A. M., Aure, M. H., Patel, V. N., & Hoffman, M. P. (2022). Salivary gland function, development, and regeneration. *Physiological Reviews*, 102(3), 1495-1552.
<https://doi:10.1152/physrev.00015.2021>
- ukurova, İ., Arslan, İ. B., Bulğurcu, S., & Demirhan, E. (2015). Transoral versus transcervical approach to submandibular gland: techniques and outcomes. *The Turkish Journal of Ear Nose and Throat*, 25(6), 319-323.
<https://doi:10.5606/kbbihtisas.2015.04207>

- Dalgic, A., Karakoc, O., Karahatay, S., Hidir, Y., Gamsizkan, M., Birkent, H., & Gerek, M. (2013). Submandibular triangle masses. *Journal of Craniofacial Surgery*, 24(5), e529-e531. <https://doi.org/10.1097/SCS.0b013e3182a238f9>
- Davim, A., Lima, C., Silva, E., da Silva, N., Costa, P., Freire, M., & Albuquerque, D. (2015). Anatomic Variation of the Submandibular Gland: A Case Report. *International Journal of Medical and Surgical Sciences*, 2(3), 579-582. <https://doi.org/10.32457/ijmss.2015.033>
- De Carolis, S., Salvi, S., Botta, A., Garofalo, S., Garufi, C., Ferrazzani, S., & De Carolis, M. P. (2014). The impact of primary Sjogren's syndrome on pregnancy outcome: our series and review of the literature. *Autoimmunity Reviews*, 13(2), 103-107. <https://doi.org/10.1016/j.autrev.2013.09.003>
- de Oliveira, A. S., Ferreira, J. R., & Blumenschein, A. R. (2008). Estudo anatômico do modelo arterial de vasos responsáveis pelo aporte sanguíneo da glândula submandibular de primatas neotropicais [Cebus apella, Linnaeus, 1766].
- Delli, K., Spijkervet, F. K., & Vissink, A. (2014). Salivary gland diseases: infections, sialolithiasis and mucocoeles. *Saliva: Secretion and Functions*, 24, 135-148. <https://doi.org/10.1159/000358794>
- Ellis, H. (2012). Anatomy of the salivary glands. *Surgery (Oxford)*, 30(11), 569-572. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2012.09.008>
- Erbek, S. S., Köycü, A., Topal, Ö., Erbek, H. S., & Özlüoğlu, L. N. (2016). Submandibular gland surgery: our clinical experience. *Turkish Archives of*

Otorhinolaryngology, 54(1), 16. <https://doi.org/10.5152/tao.2016.1467>

- Fukuyo, S., Yamaoka, K., Sonomoto, K., Oshita, K., Okada, Y., Saito, K., & Tanaka, Y. (2014). IL-6-accelerated calcification by induction of ROR2 in human adipose tissue-derived mesenchymal stem cells is STAT3 dependent. *Rheumatology*, 53(7), 1282-1290. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/ket496>
- Gaur, U., Choudhry, R., Anand, C. ve Choudhry, S. (1994). Submandibular gland with multiple ducts. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 16(4), 439-440. <https://doi.org/10.1007/BF01627668>
- Granger, D. A., & Taylor, M. K. (Eds.). (2020). Salivary bioscience: foundations of interdisciplinary saliva research and applications. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-35784-9>
- Marur T. (2020). Boyun (collum, cervix). Kahraman Yıldırım FG, Üzel M, Doğancı ÖI, ed. Klinik Yönleriyle Topografik Anatomi. *İstanbul: İÜC Yayınevi*, 49-67. <https://doi.org/10.5152/5200>
- Harazono, Y. (2019). Anatomy and variations of the submandibular fossa. *Anatomical Variations in Clinical Dentistry*, 137-146. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97961-8_13
- Ichimura, K., Nibu, K. I., & Tanaka, T. (1997). Nerve paralysis after surgery in the submandibular triangle: review of University of Tokyo Hospital experience. *Head & Neck*, 19(1), 48-53. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0347\(199701\)19:1%3C48::AID-HED9%3E3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0347(199701)19:1%3C48::AID-HED9%3E3.0.CO;2-V)

- Isola, M., Cossu, M., Diana, M., Isola, R., Loy, F., Solinas, P. ve Lantini, M. (2012). Diabetes reduces statherin in human parotid: Immunogold study and comparison with submandibular gland. *Oral Diseases*, 18(4), 360-364. doi:10.1111/j.1601-0825.2011.01884.x
- Iwai, T., Sugiyama, S., Oguri, S., & Mitsudo, K. (2022). Anatomical Relationship Between the Lingual Nerve and Submandibular Duct. *Journal of Craniofacial Surgery*, 33(3), 949-950. https://doi:10.1097/SCS.00000000000008168
- Jardim, E. C. G., Ponzoni, D., de Carvalho, P. S. P., Demétrio, M. R. ve Aranega, A. M. (2011). Sialolithiasis of the submandibular gland. *Journal of Craniofacial Surgery*, 22(3), 1128-1131.
- Kessler, A. T., & Bhatt, A. A. (2018). Review of the major and minor salivary glands, part 1: anatomy, infectious, and inflammatory processes. *Journal of Clinical Imaging Science*, 8. https://doi.org/10.4103/jcis.JCIS_45_18
- Khan, Y. S., & Farhana, A. (2019). Histology, Thyroid Gland. In: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL). PMID: 31869123.
- Kotyk, T. (2016). Morphology of the intralobular duct of the submandibular gland in rats in case of experimental diabetes mellitus. *Microscopy Research and Technique*, 79(12), 1222-1229. https://doi:10.1002/jemt.22781
- Krishnapura, S. G., Tomblinson, C. M. ve Topf, M. C. (2023). Rate of Submandibular Gland Atrophy Secondary to Chronic Sialolithiasis. *Ear, Nose & Throat Journal*, 102(9), 563-565. https://doi:10.1177/01455613211021178

- Kuroyanagi, N., Kinoshita, H., Machida, J., Suzuki, S. & Yamada, Y. (2007). Accessory Duct in the Submandibular Gland. *Asian Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 19(2), 110-112. [https://doi:10.1016/S0915-6992\(07\)80027-6](https://doi:10.1016/S0915-6992(07)80027-6)
- Li, L. I., Gao, X., Song, Y., Heng, X. U., Yu, G., Zhu, Z. & Liu, J. (2007). Anatomy of arteries and veins of submandibular glands. *Chinese Medical Journal*, 120(13), 1179-1182.
- Lilliu, M. A., Solinas, P., Cossu, M., Puxeddu, R., Loy, F., Isola, R., Isola, M. (2015). Diabetes causes morphological changes in human submandibular gland: A morphometric study. *Journal of Oral Pathology & Medicine*, 44(4), 291-295. <https://doi:10.1111/jop.12238>
- Martins, R. S., Socolovsky, M., Siqueira, M. G., & Campero, A. (2008). Hemihypoglossal–facial neurorrhaphy after mastoid dissection of the facial nerve: results in 24 patients and comparison with the classic technique. *Neurosurgery*, 63(2), 310-317. <https://doi:10.1227/01.NEU.0000312387.52508.2C>
- Meegalla, N., Sood, G., Nessel, T. A., & Downs, B. W. (2019). Anatomy, head and neck, facial arteries. In: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL). PMID: 30725617.
- Moore, K. L., & Dalley, A. F. (2018). *Clinically Oriented Anatomy*. Wolters kluwer india Pvt Ltd.
- O'Daniel, T. G. (2018). Understanding Deep Neck Anatomy and Its Clinical Relevance. *Clinics in Plastic Surgery*, 45(4), 447-454. <https://doi:10.1016/j.cps.2018.06.011>

- Prosdócimo, M. L., Barreto Nogueira, A. P., Aparecida De Albuquerque Cavalcante, M., Agostini, M., Benevenuto De Andrade, B. A. ve Romañach, M. J. (2018). Congenital dilatation of the submandibular duct. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 113, 16-18. <https://doi:10.1016/j.ijporl.2018.07.008>
- Quirós-Terrón, L., Arráez-Aybar, L., Murillo-González, J., De-la-Cuadra-Blanco, C., Martínez-Álvarez, M., Sanz-Casado, J. ve Mérida-Velasco, J. (2019). Initial stages of development of the submandibular gland (human embryos at 5.5–8 weeks of development). *Journal of Anatomy*, 234(5), 700-708. <https://doi:10.1111/joa.12955>
- Rebol, J., Milojković, V. ve Didanovič, V. (2006). Side-to-end hypoglossal-facial anastomosis via transposition of the intratemporal facial nerve. *Acta Neurochirurgica*, 148(6), 653-657. <https://doi:10.1007/s00701-006-0736-2>
- Rosow, D. E., Ward, R. F. ve April, M. M. (2009). Sialodochostomy as treatment for imperforate submandibular duct: A systematic literature review and report of two cases. *International Journal Of Pediatric Otorhinolaryngology*, 73(12), 1613-1615.
- Salame, K., Ouaknine, G. E. R., Arensburg, B. & Rochkind, S. (2002). Microsurgical anatomy of the facial nerve trunk. *Clinical Anatomy*, 15(2), 93-99. <https://doi:10.1002/ca.1102>
- Sato, I., Sunohara, M., Ueno, R., & Yoshida, S. (2004). Branch of mylohyoid and lingual nerves on submandibular and submental triangles. *Okajimas Folia Anatomica Japonica*, 81(2.3), 45-48. <https://doi:10.2535/ofaj.81.45>

- Shin, D.S., Bae, H.-G., Shim, J.J., Yoon, S.M., Kim, R.S. & Chang, J.C. (2012). Morphometric study of hypoglossal nerve and facial nerve on the submandibular region in Korean. *Journal of Korean Neurosurgical Society*, 51(5), 253.
<https://doi.org/10.3340/jkns.2012.51.5.253>
- Talmi, Y. P., Wolf, M., Bedrin, L., Horowitz, Z., Dori, S., Chaushu, G., Kronenberg, J. (2003). Preservation of the facial artery in excision of the submandibular salivary gland. *British Journal of Plastic Surgery*, 56(2), 156-157. [https://doi.org/10.1016/S0007-1226\(03\)00100-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1226(03)00100-0)
- Tzioufas, A.G., Moutsopoulos, H.M. (2015). Sjögren's Syndrome. In: Katsambas, A.D., Lotti, T.M., Dessinioti, C., D'Erme, A.M. (eds) *European Handbook of Dermatological Treatments*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45139-7_89
- Xu, F., Laguna, L. & Sarkar, A. (2019). Aging-related changes in quantity and quality of saliva: Where do we stand in our understanding? *Journal of Texture Studies*, 50(1), 27-35. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12356>
- Yazbeck, A., Iwanaga, J., Walocha, J. A., Olewnik, Ł. & Tubbs, R. S. (2023). The clinical anatomy of the accessory submandibular gland: A comprehensive review. *Anatomy & Cell Biology*, 56(1), 9-15.
<https://doi.org/10.5115/acb.22.118>

CALCAR FEMORAL

Fatih ÇAVUŞ³

1. GİRİŞ

Femur boynunun iç ve arka kısmında, diafizden (kemiğin gövdesi) başa doğru uzanan, calcar femoral adı verilen kemiksel bir çıkıntı bulunur. Bu yapı, çok ince, katmanlı ve sıkı bir kemik dokusundan oluşur ve küçük trokanterin altında yer alır (B. Li & Aspden, 1997). İlk kez 1874'te Merkel tarafından tanımlanan bu anatomik yapı, 1957'de Harty tarafından adlandırılmış ve 1982'de Griffin tarafından detaylı olarak incelenmiştir. Proksimal femurun (uyluk kemiğinin üst kısmının) yapısı ve işlevi üzerine kapsamlı çalışmalar yapan Garden da calcar femorale hakkında önemli bilgiler sunmuştur (FR, 1874; Garden, 1961; Griffin, 1982; Harty, 1957).

³ Dr. Tekirdağ Dr. İsmail Fehmi Cumalıoğlu Şehir Hastanesi, fztfatih@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-0916-2159.

Calcar femoral, femur başı ile gövdesi arasındaki bağlantıyı sağlayan kemik dokusu içinde özel bir anatomik bölgedir. Bu yapı, kemiğin iç yapısındaki trabeküler sistemin özel bir dizilimi sonucu oluşur (Griffin, 1982). Calcar femoral, özellikle kalça eklemine biyomekaniği açısından önem arz eder. Pubofemoral ligamentin bağlandığı noktadan başlayarak, femur boynunun arka kısmına doğru uzanır (Oni, 1983). Bu bölge, total kalça protezi ameliyatlarında sıklıkla karşılaşılan ve cerrahi planlamada dikkat edilmesi gereken bir anatomik yapıdır. Calcar femoralin kalınlığı ve yoğunluğu, kemiğin yük taşıma kapasitesini etkiler ve kırık riskini belirlemede önemli bir faktördür (Zhou, Jia, & Lian, 2024).

Calcar femoral, basınç yükünü taşıyabilir ve stresi veya yükü femur başından proksimal femur'a yeniden dağıtır. Aynı zamanda femur boynunun güçlenmesine de katkıda bulunur. Bigelow, calcar femorale'yi 'femurun gerçek boynu' olarak tanımlamıştır. Bir kafes sistemi olarak, bükülme momenti ve torsiyonel momentini dönüştürebilir. Proksimal femoral yüklenme sisteminde önemli bir rol oynar ve proksimal femoral kırık tedavisinde oldukça önemlidir (Wang & Dai, 1994). Gao ve arkadaşları, yükün, bir kiriş sistemi sayesinde, femur başından proksimal femurun medial korteksine eşit olarak dağıtılabileceği görüşündedir (L. J. Gao, Qiu, & Dai, 1999). Oh ve Harris, üst femurun korteks kısmının stresini ölçmek için ölçüm aletleri kullandılar (Oh & Harris, 1978). Onların çalışmaları, femoral bileşenin yerleştirilmesinden sonra, proksimal femur bölgesindeki gerilme paterninin, sağlam bir femura kıyasla tersine döndüğünü, yani maksimum gerilmenin calcar femorale'de değil, protezin ucunda meydana geldiğini göstermiştir. Bu bozulma, proksimal femur içindeki stresin yeniden dağılmasına sebep olur. Ancak, kuvvetlerin proksimal femur içinde aktarımının nasıl olduğu ve calcar femorale'nin femur yapısı içinde tam olarak nasıl fonksiyon gördüğü hala tam

olarak bilinmemektedir. Bu derleme, ilgili literatürden yararlanarak calcar femoralin anatomisi, mekaniği ve klinik uygulamalarına katkı sunma amacıyla.

2. ANATOMİSİ

Femur, insan iskelet sisteminin en uzun, en ağır ve biyomekanik olarak en dayanıklı uzun kemiğidir. Proksimal epifizde, küresel başı taşıyan piramit şeklindeki bir boyun, diafiz kısmı ile eklenir. Büyük ve küçük trokanter olarak adlandırılan iki çıkıntısı, kalça ve diz eklemlerinin hareketini sağlayan güçlü kaslara tutunma noktası oluşturur. Femur boyun-diafiz açısı olarak bilinen inklinasyon açısı, yetişkinlerde ortalama 128 derece civarındadır. Bu açı, yaşlanma sürecinde fizyolojik bir azalma gösterir (Boese vd., 2016).

M. adductor magnus'un posterior yarısının tutunma yeri olan tuberculum adductorium ve linea aspera femura ait diğer önemli yapılardır.

Kalça dediğimiz şey pelvisteki acetabulumun femur başını kavradığı bir top-soket eklemdir. Femur başı, medial, superior ve hafifçe anterior yöne meyillidir. Ligamentum capitis femoris, acetabulumu femur başı üzerindeki fovea capitis femoris ile birbirine bağlar.

Şaft, hafifçe anteriora doğru kavislidir. Femurun distal ucunda, şaft, medial ve lateral kondilin küboid şeklindeki tabanına doğru konik olarak genişler. Medial ve lateral kondil, femuru tibia ile birleştirerek diz eklemi oluşturur.

Hem kalça hem de diz eklemleri, sürtünmeyi azaltmak ve hareket açıklığını optimize etmek için kıkırdakla kaplı sinovyal eklemlerdir. Kemiksel özellikleri, femur boyunca uzanan eksen

ölçmek için referans noktaları olarak hizmet görür (Carballido-Gamio & Nicoletta, 2013; M. Li & Cole, 2015).

Calcar femoral, iliopsoas kasının çekim etkisiyle şekillenir ve oluşur. O, femur korteksini calcar femoral ve medial femoral korteks diye iki tabakaya ayırır. Bu tabakalar, proksimal olarak birleşerek femur boynunun medial kısmını oluşturur. Calcar femoral, bebeklerin femurlarında görünmez. Erken yetişkinlik döneminde tam olarak gelişir ve orta yaştan sonra yavaş yavaş küçülür. Ancak, daha önce inanıldığı gibi orta yaşlı ve yaşlı bireylerde tamamen ortadan kaybolmaz. Ampirik kanıtlar, calcar femoralin lateral korteks kalınlığı ve kemik kitlesinin hem erkeklerde hem de kadınlarda kilo artışı ile arttığını ve yaşlanma ile azaldığını göstermiştir (Peacock vd., 1998).

Wolff, "kemik yenilenme yasası" ve "kemiğin tepkisi" olarak bilinen iki konsepti önermiştir. Bu konseptler, bir kemiğin yapısının, maruz kaldığı biyomekanik yüklerle uyumlu olduğunu öne sürmektedir (Frost, 1994). Proksimal femurda yer alan calcar femoral, önemli bir biyomekanik role sahiptir. BT kesitsel görüntülerde, calcar femoral, boyutuna göre üç tipe ayrılabilir: kubbe (ridge) tipi, dikensi (spur) tipi ve septum tipi. Calcar femoral, küçük trokanterin derininde ve ondan ayrı bir şekilde bulunur. Ortalama 3 mm uzunluğa, 2.71 mm kalınlığa ve 9.94 mm yüksekliğe sahip yoğun trabeküler kemikten oluşan dikey, dörtgen bir plaktır (Le Corroller vd., 2011). Femur shaftının posteromedial bölümündeki dikey trabeküler kolonun alt kısmından başlayarak, trabeküler doku boyunca büyük trokantere kadar uzanır. Calcar femoralin en kalın kısmı, femur boynu medial kortikal desteği ile birleştiği noktada bulunur (Alan Hammer, 2019). Calcar femoralin üst kısmı, femoral boyunun bir uzantısıdır ve femoral boyun posterior korteksi ile sıkı bir şekilde bağlantılıdır. Trokanterin olabildiğince önüne kadar uzanır ve diafiz posteromedial tarafı ile birleşir (Bigelow, 1997).

Calcar femoral, küçük trokanterin oluşumu nedeniyle kesintiye uğrayan silindirik femur shaftının devamlılığını korur. Ayrıca bu bölgedeki basınç streslerine karşı direnç sağlar (Harty, 1957). Aksiyal kesitlerde, üst kısmında enine doğru yönelim gösterir. Alt kısmı, medial korteksten gluteal tuberositaya doğru posterolateral yönde uzanarak daha eğik bir yönelim gösterir. Inferiora doğru ilerledikçe, medial femur korteksi ile bağlantısı anteriora doğru kayar.

Calcar femoral, düz bir kemik tabakası değildir; aksine, hafif bir bükülme veya spiral bir kısım içeren şerit benzeri bir şekle sahiptir. Calcar femoralin aksiyal yönü, çıkıntının uzunluğu boyunca paraleldir ve radyal yöne diktir. Sertliği, yoğunluğu ve mineral içeriği dıştan içe doğru kademeli olarak azalır (B. Li & Aspden, 1998).

3. HİSTOLOJİSİ

Proksimal femur, insanın hareketleri sırasında oluşan kuvvetleri etkili bir şekilde ileten karmaşık bir fonksiyonel yapıdır (Stiehl, Jacobson, & Carrera, 2007). Bu konuya dair yapılan sayısız bilimsel araştırma, proksimal femurun iç yapısını daha iyi anlamamızı sağlamıştır. Geleneksel olarak, bu bölgedeki kemik dokusu, kalça eklemine meydana gelen hareketler sırasında oluşan kuvvetleri farklı yönlerde dağıtan iki ana kemik sütunundan oluşur. Bu sütunlardan biri dikey, diğeri ise yatay yönde uzanır (Alan Hammer, 2010). Dikey sütunun tabanı alt medial femur boynundadır ve vertikal olarak femur başına yükselir. Bu sütunun bir kompresif kuvveti taşıdığı söylenir. Yatay sütunun tabanı içeride, anterior proksimal femoral shafttan femur başının anterior yüzünün başlangıcına kadar horizontal olarak uzanan kemikli bir payandaya sahiptir. Bu sütunun bir gerilim kuvveti taşıdığı söylenir. Bununla birlikte, calcar femoral

biraz esrarengiz olan üçüncü bir süngerimsi yapıyı oluşturur (Alan Hammer, 2019).

Calcar femoral, femur boynunun medial duvarını oluşturan korteksin en alt ve en kalın noktası olan 'ortopedik calcar' ile karıştırılmamalıdır (Newell, 1997). Calcar femoral, küçük trokanterin derinliklerinde, ancak femur boynunun arkasında uzanan, yoğun süngerimsi dokunun dikey bir plakasıdır (Zhang vd., 2009).

Calcar femoralin tüm diseksiyonları ve taramaları, esasen femur boynunu uzun ekseninde ve horizontal düzlemde diseke eden birçok araştırmacı tarafından yapılmış ve elde edilen sonuçlar nispeten tutarlı bulunmuştur (Farkas, Wilson, & Hayner, 1948; Griffin, 1982; Stiehl vd., 2007). Calcar femoralin dikey trabeküler sütunun alt kısmından başlayan kısmının kalın olduğunu ve inter-trokanterik yapının lateralinden geçerek, femurun kortikal şaftına ulaşana kadar giderek inceldiğini ve büyük trokanterin arka duvarının da ötesine uzandıkça ince, zayıf trabeküler ipçiklere dönüştüğünü bildirmişlerdir (Bigelow, 1997). Harty'ye göre calcar femorale, femur şaftının arka iç kısmındaki dikey kemik sütununun tabanından başlayarak, süngerimsi kemik dokusunun yan tarafını geçerek büyük trokanter çıkıntısına kadar uzanan bir yapıdır. Calcar femorale, küçük trokanterin proksimal kısmında maksimum kalınlık ve uzunluğa ulaşır. Bu yapı, distale ilerledikçe incelir ve femur boynunun posterior korteksi ile birleşerek, yaklaşık iki inç öncesinde küçük trokanteri geçer ve sonrasında diafizin posteromedial yüzeyine doğru devam eder (Harty, 1957).

Calcar femoral, kemikleşmesini tamamlamış küçük trokantere sahip her femurda mevcuttur (Griffin, 1982). Bebek femurunda gözlenmez, ancak bebek 3 yaşına geldiğinde, kartilajinöz küçük trokanterin derin yüzeyinde kemikli laminalar halinde gözlenir (Harty, 1957) . Calcar femoral en iyi gelişimini

yetişkinliğin ilk döneminde gösterir ve daha sonra orta yaştan itibaren yavaş yavaş atrofiye olur (Bigelow, 1997). Bununla birlikte, distal (lateral) kısım kısmen kaybolmasına rağmen, yapı yaşam boyu korunur (Farkas vd., 1948; Griffin, 1982).

Bigelow diseke ettiği örneklerden birinde calcar femoralin femur boynunun devamı olduğunu ve aralığı üst kısmı dışında her yerde doldurduğunu belirtti. Bu formuyla femurun bu kısmının kuvvetine büyük ölçüde katkıda bulunurken, trokanterler ve onun üzerindeki çıkıntılar da ona dayanarak kuvvet alır ve böylece kaslar için bağlanma noktalarına destek olur (Bigelow, 1997). Yapılan üç boyutlu anatomik diseksiyonlar, calcar femoralin uzunluğu boyunca kalın, geniş, güçlü bir kemik plakası olduğunu ve oryantasyonunun ağırlıklı olarak dikey olduğunu göstermiştir (Alan Hammer, 2010). Femur shaftı ile femur boynu arasında kavisten ziyade köşeli bir açılma vardır. Bu, anterior ve posteriordan çekilen röntgen grafiğinde gözlenebilmektedir. Yapılan diseksiyonlar, CF'in bu birleşim hattı boyunca uzandığını göstermiştir (A. Hammer, 2017).

Literatürde ilk defa calcar femoralin iç kortikal bir septumu olarak ‘femoral uyluk dikenini’ tabirinden bahsedilmiştir (Merkel, 1874). Calcar femoral yapısı içinde posteromedial olarak uzanan ve küçük trokantere doğru genişleyen yoğun bir yapıdır. Braus'un çalışmaları, femoral uyluk dikeninin çocukluk çağında belirginleştirdiğini ve bu yapının önemi hakkında sınırlı bilgi olduğunu göstermiştir (Braus, 1921). Son yıllarda yapılan BT incelemeleri ile femoral uyluk dikeninin farklı tipleri tanımlanmıştır (Le Corroller vd., 2011).

4. BİYOMEKANİĞİ

Femur başının proksimal kısmında kuvvetlerin iletilmesinde calcar femoralin tam işlevi henüz tam olarak açıklığa

kavuşmamıştır. Ancak, rolü benzersizdir ve yeri başka bir şeyle değiştirilemez (Zhou vd., 2024). Farkas ve arkadaşları, calcar femoralin femur başının proksimal ucunda bir yük taşıma sistemi olduğunu belirtmişlerdir (Farkas vd., 1948). Li B, calcar femoralin femoral boyun için destek sağladığını ve femoral baş ve boyun trabeküler kemiğinden femur shaftına stresi ilettiğini belirtmiştir (B. Li & Aspden, 1998). Bigelow, femurun üst kısmının gerçek ön duvarının calcar femoral olduğunu öne sürmüştür (Bigelow, 1997). Calcar femoral ve kompresif, oblik ve gerilim şeklinde olan 3 tip kemik trabekülü ile bir giriş sistemi oluşturmaktadır. Üç tip trabeküler kemik, geçiş bölgesinin sertliğini %160 ila %400 oranında artırır. Calcar femoral, femoral boyunun geri kalanındaki ağırlıklı olarak trabeküler kemiğe kıyasla proksimal femurda daha yüksek bir radyometrik yoğunluğa sahiptir. Bu, femoral boyunun stres seyri ile tutarlı olan proksimal femurda önemli bir yük taşıma sistemi olduğunu gösterir (Kuperavage, Pokrajac, Chavanaves, & Eckhardt, 2018; Zhang vd., 2009). Vertikal hatta 3° ila 8° arasında bir açı oluşturur ve ağırlık taşımak için femoral boyunda kullanılan tek süngerimsi yapıdır (Farkas vd., 1948). Normal yüklenme koşullarında, proksimal femurda postero-medial'deki gerilim değerleri, antero-lateral'dekinden daha yüksektir. Calcar femoral, yükü posteromedial kısımlarda azaltarak ve anterolateral kısımlarda yükü artırarak stresi yeniden dağıtmada çok önemli bir fonksiyon görür (Mei, Pang, & Jiang, 2021). Calcar femoral hasar görürse, yükün transfer edilmesindeki rolü femoral korteks üstlenir (Zhang vd., 2009).

Femurun proksimal bölgesindeki stres alanı 4 gruba ayrılır: primer gerilme, sekonder gerilme, primer basınç ve sekonder basınç grupları. Ward üçgeni, basınç ve gerilme kuvvetleri arasında denge olan nötral ekseninde bulunur. Midsagittal görüntüde, 3D BT ile görülebilen basınç trabekülleri, ağırlıklı olarak medial korteks ve calcar femoral üzerinde

yoğunlaşmıştır. Coxa vara, coxa valga veya primer kemik hastalığı gibi durumlarda, calcar femoral daha büyük bir kısmın kompresyon kuvvetine maruz kalır. BT, calcar femoralde trabeküler kemik yoğunluğunun arttığını ortaya koymakta olup, proksimal femur kuvvetini iletmedeki kritik rolünü vurgulamaktadır (Kerr vd., 1986).

5. KLİNİK ÖNEMİ

Proksimal femur fraktürü olan hastaların mortalite oranları genel nüfusa göre daha yüksektir (Panula vd., 2011). Calcar femoral, femur boynunun torsiyonel kuvvetlere karşı direncini artıran önemli bir anatomik yapıdır. Calcar femoral hasarı, femur boyu kırıklarının stabilitesini azaltarak, kırık tipini 'dengesiz' olarak sınıflandırmamıza neden olur (Zhou vd., 2024).

Bu tür kırıkların tedavisinde, femurdaki belirli bir çıkıntı olan calcar femoralin doğru yerine yerleştirilmesi ve sabitlenmesi çok önemlidir. Ameliyat sırasında kullanılan vidalar veya fiksatörler gibi malzemeler, bu çıkıntıyı destekleyerek kemiğin daha iyi iyileşmesini sağlar ve femurun üst kısmındaki kuvvetlerin daha dengeli dağılmasını sağlar. Uzmanlara göre, özellikle bu çıkıntının arka iç kısmının iyi bir şekilde sabitlenmesi, ameliyatın başarılı olması için çok önemlidir (Apel, Patwardhan, Pinzur, & Dobozi, 1989). Calcar femorale, femur boyu kırıklarının tedavisinde kritik bir anatomik yapıdır. Fiksatörlerin bu yapıya yakın yerleştirilmesi, kırığın stabilitesini artırır ve iyileşme sürecini destekler (Levi, Ingles, Klyver, & Iversen, 1996). Bu sayede, hastanın daha hızlı bir şekilde günlük aktivitelerine dönmesi sağlanır ve kalça ekleminin uzun dönem fonksiyonelliği korunur.

Femur boynu kırıklarının tedavisinde geleneksel cerrahi yöntem, üç adet tipik yarı dişli vidanın ters üçgen şeklinde

yerleştirilmesini içerir (Fischer vd., 2021; Lowe, Crist, Bhandari, & Ferguson, 2010). Bu yöntem, kırığın anatomik olarak düzeltilmesi ve biyomekanik olarak stabilize edilmesi için etkili bir yöntemdir. Vidaların doğru yerleştirilmesi, kırık hattındaki gerimleri azaltarak, kemik iyileşmesini destekler ve hastanın rehabilitasyon sürecini kısılmasını sağlar (Booth, Donaldson, & Dai, 1998; Nakanishi vd., 2018). Femur boynu kırıklarının tedavisinde kullanılan vidaların yerleşimi konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Bazı araştırmalar, vidaların paralel olarak yerleştirilmesinin kemikte non-union sorunlara ve kemik dokusunun nekrotize olmasına neden olabileceğini öne sürmektedir (Parker, Porter, Eastwood, Schembi Wismayer, & Bernard, 1991). Ancak, diğer bir görüşe göre, vidaların belirli bir kemik yapısı olan "calcar femorale" yakın olarak yerleştirilmesinin daha iyi sonuçlar verebileceği belirtilmiştir (Zhou vd., 2024). Geleneksel yöntemde vidalar belirli bir açıyla yerleştirilirken, yeni bir yaklaşımla vidaların daha güçlü kemik bölgesine yerleştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu sayede, kırık daha iyi iyileşebilir ve komplikasyon riski azalabilir. Calcar femorale yakın vida yerleştirme yönteminin, femur boynu kırıklarının tedavisinde daha iyi sonuçlar verdiği ve bu sayede hastaların yaşam kalitesini artırdığı bazı çalışmalarda vurgulanmaktadır (Z. Gao vd., 2022).

6. SONUÇ

Calcar femoral, proksimal femur bölgesinde, biyomekanik olarak olduğa karmaşık bir yapıdır. Stres transferinde oynadığı kritik rol, bu yapıyı ortopedi alanında önemli bir inceleme konusu haline getirmektedir. Calcar femoralin, femur boynu boyunca stres dağılımında belirgin bir etkiye sahip olduğu bilinmekle birlikte, bu mekanizmanın tam olarak aydınlatılması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Özellikle, calcar

femoral kırıklarında posterior-medial bölgede yük artışına neden olan biyomekanik değişiklikler, klinik önemi nedeniyle dikkat çekmektedir. Literatürdeki çeşitli çalışmalar, intraoperatif olarak calcar femoralin yeniden yapılandırılmasının, postoperatif dönemde daha iyi klinik sonuçlara ve uzun vadeli prognoza katkıda bulunduğunu göstermektedir. Ancak, calcar femoral rekonstrüksiyonunun uzun dönemdeki etkileri ve rezorpsiyon oranlarını azaltmaya yönelik yeni tekniklerin geliştirilmesi, gelecekteki araştırmalar için odak noktası olması bakımından önemlidir.

KAYNAKÇA

Apel, D. M., Patwardhan, A., Pinzur, M. S., & Dobozi, W. R. (1989). Axial loading studies of unstable intertrochanteric fractures of the femur. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (246), 156-164.

Bigelow, H. J. (1997). The true neck of the femur: Its structure and pathology. 1875. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (344), 4-7. <https://doi.org/10.1097/00003086-199711000-00002>

Boese, C. K., Dargel, J., Oppermann, J., Eysel, P., Scheyerer, M. J., Bredow, J., & Lechler, P. (2016). The femoral neck-shaft angle on plain radiographs: A systematic review. *Skeletal Radiology*, 45(1), 19-28. <https://doi.org/10.1007/s00256-015-2236-z>

Booth, K. C., Donaldson, T. K., & Dai, Q. G. (1998). Femoral neck fracture fixation: A biomechanical study of two cannulated screw placement techniques. *Orthopedics*, 21(11), 1173-1176. <https://doi.org/10.3928/0147-7447-19981101-04>

Braus, H. (1921). *Bewegungsapparat*. <https://doi.org/10.11588/DIGLIT.15149>

Carballido-Gamio, J., & Nicolella, D. P. (2013). Computational Anatomy in the Study of Bone Structure. *Current Osteoporosis Reports*, 11(3), 237-245. <https://doi.org/10.1007/s11914-013-0148-1>

Farkas, A., Wilson, M. J., & Hayner, J. C. (1948). An anatomical study of the mechanics, pathology, and healing of fracture of the femoral neck; a preliminary report. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 30A(1), 53-59.

Fischer, H., Maleitzke, T., Eder, C., Ahmad, S., Stöckle, U., & Braun, K. F. (2021). Management of proximal femur fractures in the elderly: Current concepts and treatment options. *European*

Journal of Medical Research, 26(1), 86.
<https://doi.org/10.1186/s40001-021-00556-0>

FR, M. (1874). Betrachtun genuber das OS Femoris. *Virchows Arch*, 59, 237-256.

Frost, H. M. (1994). Wolff's Law and bone's structural adaptations to mechanical usage: An overview for clinicians. *The Angle Orthodontist*, 64(3), 175-188.
[https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1994\)064<0175:WLABSA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1994)064<0175:WLABSA>2.0.CO;2)

Gao, L. J., Qiu, S. J., & Dai, K. R. (1999). The microstructure and three dimensional structure of calcar femorale and the mechanics of its load capacity (Chin). *Zhonghua Gu Ke Za Zhi*, 19, 109-112.

Gao, Z., Ma, J., Wang, Y., Lu, B., Bai, H., Sun, L., ... Ma, X. (2022). Biomechanical evaluation of the reconstruction of the calcar femorale in femoral neck fractures: A comparative finite element analysis. *Journal of International Medical Research*, 50(7), 03000605221112043.
<https://doi.org/10.1177/03000605221112043>

Garden, R. S. (1961). THE STRUCTURE AND FUNCTION OF THE PROXIMAL END OF THE FEMUR. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 43-B(3), 576-589.
<https://doi.org/10.1302/0301-620X.43B3.576>

Griffin, J. B. (1982). The Calcar Femorale Redefined. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*, 164, 211.

Hammer, A. (2017). Wolff: Straight not curved. *Irish Journal of Medical Science (1971 -)*, 186(4), 939-946.
<https://doi.org/10.1007/s11845-016-1506-7>

Hammer, Alan. (2010). The structure of the femoral neck: A physical dissection with emphasis on the internal trabecular

system. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger*, 192(3), 168-177. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2010.02.007>

Hammer, Alan. (2019). The calcar femorale: A new perspective. *Journal of Orthopaedic Surgery (Hong Kong)*, 27(2), 2309499019848778. <https://doi.org/10.1177/2309499019848778>

Harty, M. (1957). The Calcar Femorale and the Femoral Neck. *JBJS*, 39(3), 625.

Kerr, R., Resnick, D., Sartoris, D. J., Kursunoglu, S., Pineda, C., Haghighi, P., ... Guerra, J. (1986). Computerized tomography of proximal femoral trabecular patterns. *Journal of Orthopaedic Research: Official Publication of the Orthopaedic Research Society*, 4(1), 45-56. <https://doi.org/10.1002/jor.1100040106>

Kuperavage, A., Pokrajac, D., Chavanaves, S., & Eckhardt, R. B. (2018). Earliest Known Hominin Calcar Femorale in *Orrorin tugenensis* Provides Further Internal Anatomical Evidence for Origin of Human Bipedal Locomotion. *Anatomical Record (Hoboken, N.J.: 2007)*, 301(11), 1834-1839. <https://doi.org/10.1002/ar.23939>

Le Corroller, T., Dediu, M., Pauly, V., Pirro, N., Chabrand, P., & Champsaur, P. (2011). The femoral calcar: A computed tomography anatomical study. *Clinical Anatomy (New York, N.Y.)*, 24(7), 886-892. <https://doi.org/10.1002/ca.21177>

Levi, N., Ingles, A., Klyver, H., & Iversen, B. F. (1996). Fracture of the femoral neck: Optimal screw position and bone density determined by computer tomography. *Injury*, 27(4), 287-289. [https://doi.org/10.1016/0020-1383\(95\)00207-3](https://doi.org/10.1016/0020-1383(95)00207-3)

Li, B., & Aspden, R. M. (1997). Material Properties of Bone from the Femoral Neck and Calcar Femorale of Patients with Osteoporosis or Osteoarthritis. *Osteoporosis International*, 7(5), 450-456. <https://doi.org/10.1007/s001980050032>

- Li, B., & Aspden, R. M. (1998). A comparison of the stiffness, density and composition of bone from the calcar femorale and the femoral cortex. *Journal of Materials Science. Materials in Medicine*, 9(11), 661-666. <https://doi.org/10.1023/a:1008987626212>
- Li, M., & Cole, P. A. (2015). Anatomical considerations in adult femoral neck fractures: How anatomy influences the treatment issues? *Injury*, 46(3), 453-458. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2014.11.017>
- Lowe, J. A., Crist, B. D., Bhandari, M., & Ferguson, T. A. (2010). Optimal treatment of femoral neck fractures according to patient's physiologic age: An evidence-based review. *The Orthopedic Clinics of North America*, 41(2), 157-166. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2010.01.001>
- Mei, J., Pang, L., & Jiang, Z. (2021). Strategies for managing the destruction of calcar femorale. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 22(1), 460. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04324-3>
- Merkel, Fr. (1874). Betrachtungen über das Os femoris. *Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medicin*, 59(2), 237-256. <https://doi.org/10.1007/BF01963543>
- Nakanishi, Y., Hiranaka, T., Shirahama, M., Uesugi, M., Okimura, K., Tsubosaka, M., ... Uemoto, H. (2018). Ideal screw positions for multiple screw fixation in femoral neck fractures—Study of proximal femur morphology in a Japanese population. *Journal of Orthopaedic Science: Official Journal of the Japanese Orthopaedic Association*, 23(3), 521-524. <https://doi.org/10.1016/j.jos.2018.01.012>
- Newell, R. L. M. (1997). The calcar femorale: A tale of historical neglect. *Clinical Anatomy*, 10(1), 27-33. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2353\(1997\)10:1<27::AID-CA5>3.0.CO;2-Q](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2353(1997)10:1<27::AID-CA5>3.0.CO;2-Q)

Oh, I., & Harris, W. H. (1978). Proximal strain distribution in the loaded femur. An in vitro comparison of the distributions in the intact femur and after insertion of different hip-replacement femoral components. *JBJS*, 60(1), 75.

Oni, O. O. A. (1983). LETTERS TO THE EDITOR. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*, 175, 294.

Panula, J., Pihlajamäki, H., Mattila, V. M., Jaatinen, P., Vahlberg, T., Aarnio, P., & Kivelä, S.-L. (2011). Mortality and cause of death in hip fracture patients aged 65 or older: A population-based study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 12, 105. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-12-105>

Parker, M. J., Porter, K. M., Eastwood, D. M., Schembi Wismayer, M., & Bernard, A. A. (1991). Intracapsular fractures of the neck of femur. Parallel or crossed garden screws? *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 73(5), 826-827. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.73B5.1894675>

Peacock, M., Liu, G., Carey, M., Ambrosius, W., Turner, C. H., Hui, S., & Johnston Jr, C. C. (1998). Bone Mass and Structure at the Hip in Men and Women over the Age of 60 Years. *Osteoporosis International*, 8(3), 231-239. <https://doi.org/10.1007/s001980050059>

Stiehl, J. B., Jacobson, D., & Carrera, G. (2007). Morphological analysis of the proximal femur using quantitative computed tomography. *International Orthopaedics*, 31(3), 287-292. <https://doi.org/10.1007/s00264-006-0182-z>

Wang, Z. Y., & Dai, K. R. (1994). The study of geometric morphology of calcar femorale and utility cavity of proximal femurs (Chin). *Zhonghua Gu Ke Za Zhi*, 14, 436-440.

Zhang, Q., Chen, W., Liu, H., Li, Z., Song, Z., Pan, J., & Zhang, Y. (2009). The role of the calcar femorale in stress distribution in

the proximal femur. *Orthopaedic Surgery*, 1(4), 311-316.
<https://doi.org/10.1111/j.1757-7861.2009.00053.x>

Zhou, X., Jia, J., & Lian, K. (2024). Structural characteristics, biomechanics and clinical significance of calcar femorale: A review. *Medicine*, 103(21), e38323.
<https://doi.org/10.1097/MD.00000000000038323>

YÜRÜME ve ANATOMİK İNCELENMESİ

Fatih ÇAVUŞ⁴

1. GİRİŞ

Yürüme hareketinin incelenmesi, yani yürüme analizi, binlerce yıl öncesine dayanan köklü bir geçmişe sahiptir. İlk yazılı kayıtlar, MÖ 4000 yıllarında Edwin Smith'in cerrahi papirüslerinde görülür. Bu papirüslerde, yürüme hareketine dair ilk çizimler ve açıklamalar yer alır (Akan & Temelli, 2015; Perry, 1992).

Antik Yunan filozoflarından Aristo, insan ve hayvanların yürüyüşlerini karşılaştırarak bu konuda ilk bilimsel yaklaşımlardan birini yapmıştır. Rönesans ve sonrasında ise Galileo, Borelli gibi bilim insanları, yürümenin mekanik prensiplerini anlamak için çalışmalar yapmışlardır. 19. yüzyılda Marey ve Muybridge gibi araştırmacılar, yüksek hızlı kameralar kullanarak yürüme hareketlerini detaylı bir şekilde kaydetmişlerdir (Akan & Temelli, 2015; Perry, 1992).

⁴ Dr, Tekirdağ Dr. İsmail Fehmi Cumalıoğlu Şehir Hastanesi, fztfatih@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-0916-2159.

20. yüzyılda bilgisayar teknolojilerindeki hızlı gelişmelerle birlikte yürüme analizi alanında büyük bir sıçrama yaşanmıştır. Jacklin Perry, David Sutherland gibi bilim insanları, bilgisayar destekli analizler sayesinde yürüme hareketlerini daha önce hiç olmadığı kadar detaylı bir şekilde inceleme imkanı bulmuşlardır. Bu sayede karmaşık matematiksel modeller ve simülasyonlar kullanılarak yürüyüşün biyomekanik özellikleri daha iyi anlaşılmıştır (Akalan & Temelli, 2015; Perry, 1992).

Özetle, yürüme analizi, tarih boyunca birçok bilim insanının ilgisini çekmiş ve günümüzde de biyomekanik, spor bilimleri ve sağlık alanlarında önemli bir araştırma konusu olmaya devam etmektedir.

2. BİPEDALİZM

Evrimsel olarak bipedalizmin yaklaşık 3 milyon yıl önce Homo habilis'lerle birlikte başladığı düşünülmektedir. A. afarensis iskeletindeki bazı özellikler bipedalizmi güçlü bir şekilde yansıtmaktadır, ancak bazı araştırmacılar bipedalizmin A. afarensis'ten çok daha önce evrimleştiğini ileri sürmüşlerdir (Ruse & Travis, 2009). Anatomik olarak bakıldığında pelvisin morfolojisi, maymunumsudan ziyade insanımsıdır. Diz ekstensörlerinin güçlü bir ilişkisi olduğunun kanıtı olarak, ilyak kanatların kısa ve geniş olması ve sakrumun geniş ve kalça eklemine hemen arkasında olması bunun bir göstergesidir. Ama yine de A. Afarensis'in insanın doğrudan atası olduğu görüşü araştırmacılar tarafından tartışılmaktadır (Lovejoy, 1988).

İki ayak üzerinde hareket etme açısından Homo erectus'lar, primatlar ile modern insanlar arasında bir geçiş formu olarak kabul edilmiştir. İki ayak üzerinde durabilme ve yürüme yeteneği kazanan ilk insan benzeri varlıklar, modern insanın evrimsel kökenini oluşturur (Kaifu vd., 2005). Homo erectus'un filogenetik kaydı, türün yaklaşık 1.8 milyon yıl önce ortaya çıktığını ve son bireylerinin 140.000 yıl önce yaşadığını göstermektedir (Indriati vd., 2011). Homo erectus, insan

evriminde ateř ve gelişmiş alet teknolojilerinin kullanımıyla ilişkilendirilen önemli bir dönüm noktasıdır. Fosil kayıtları, bu türün Afrika'dan başlayarak Asya ve Avrupa'ya kadar geniş bir alana yayıldığını göstermektedir (Agustí & Lordkipanidze, 2011).

Bipedalizmin evrimi, antropolojide en çok tartışılan konulardan biridir. Çeşitli hipotezler, bu özelliğin insan evriminde neden ve ne zaman ortaya çıktığını açıklamaya çalışmaktadır. Fosil kayıtları, bipedalizmin büyük beyin ve karmaşık alet teknolojilerinden önce geliştiğini göstermektedir. Bu adaptasyon, foramen magnumun anterior pozisyona kayması, omurganın S-şeklini alması ve iskelet sisteminde diğer birçok değişikliği beraberinde getirmiştir. Özellikle kadınlarda gözlenen lomber omurga adaptasyonları, bipedalizmin cinsel dimorfizme olan etkilerini ve hamilelik sırasında biyomekanik avantajlar sağladığını göstermektedir (Ko, 2015; Morbeck, 1986).

2.1. Bipedalizmin Evrimsel Avantajları:

İnsanların iki ayak üzerinde yürümesi, evrimsel süreçte birçok avantaj sağlamıştır. Bu avantajlar sayesinde atalarımız çevrelerine daha iyi uyum sağlayabilmiş ve hayatta kalma şanslarını artırmışlardır. Bipedalizmin başlıca avantajları şunlardır:

- Yiyecek Toplama ve Taşıma: Dik duruş, daha uzak mesafelerde yiyecek arama ve bulunan yiyecekleri taşıma konusunda kolaylık sağlamıştır.
- Enerji Tasarrufu: İki ayak üzerinde yürümek, dört ayak üzerinde hareket etmeye göre daha az enerji harcamaktadır.

- Geniş Görüş Alanı: Dik duruş, çevreyi daha geniş bir açıyla görme imkanı sunarak potansiyel tehlikelere karşı daha hazırlıklı olmayı sağlamıştır.
- Uzun Mesafe Koşu ve Avcılık: Bipedalizm, uzun mesafelerde koşma ve avlanma yeteneğini geliştirmiştir.
- Sıcak İklim Koşullarına Uyum: Vücut ile zemin arasındaki temas alanını azaltarak, sıcak iklimlerde vücut ısınıpı daha iyi düzenlemeye yardımcı olmuştur (Ko, 2015).

2.2. Bipedalizmin Dezavantajları:

Bipedalizmin bu kadar çok avantajı olmasına rağmen, bazı dezavantajları da beraberinde getirmiştir. Özellikle iskelet sistemi üzerindeki yükün artması, çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. En sık karşılaşılan sorunlardan biri, alt ekstremitelerde oluşan eklem ve kas problemleridir. Bel ağrıları, diz sakatlıkları ve ayak problemleri, bipedalizmin uzun vadeli etkileri arasında sayılabilir.

Özetle, bipedalizm insan evriminde önemli bir adım olmuş ve birçok avantaj sağlamıştır. Ancak bu adaptasyon, aynı zamanda bazı fiziksel sorunları da beraberinde getirmiştir. İnsan anatomisi, bu iki zıt etki arasında bir denge kurmaya çalışarak evrimleşmiştir(Morbeck, 1986; *Primate Adaptation and Evolution*, 2013).

3. YÜRÜME

Yürüme, bir dizi biyomekanik olayın sonucu ortaya çıkan, gravitasyonel kuvvetin etkisiyle vücut ağırlık merkezinin ileriye doğru hareket ettirilmesi ve ekstremitelerin ritmik salınımı ile karakterize kompleks bir motor davranışıdır. Günlük yaşamda

sıklıkla tekrarlanan bu hareket, sinir, iskelet ve kas sistemlerinin kusursuz koordinasyonunu gerektirir. Bu sistemlerden herhangi birinde meydana gelen bir bozukluk, yürüme fonksiyonlarını olumsuz etkileyerek bireyin bağımsızlığını sınırlayabilir (Imms & Edholm, 1981). Biyomekanik açıdan bakıldığında, yürüme hareketi, vücut ağırlık merkezinin ileriye doğru yer değiştirilmesi ve ekstremitelerin ritmik salınımı ile karakterize, enerji verimliliği açısından optimize edilmiş bir hareket paterni olarak tanımlanabilir (Silva, Shepherd, Jackson, Dorey, & Schmalzried, 2002).

Yürüme döngüsü, bir alt ekstremitede başlayan ve aynı ekstremitede tamamlanan, belirli bir zaman diliminde gerçekleşen ritmik bir hareket dizisidir. Bu döngü, duruş ve salınım olmak üzere iki ana fazdan oluşur. Duruş fazı, vücut ağırlığının ayak üzerine düştüğü ve ileriye doğru hareketin başladığı evreyi; salınım fazı ise ayağın havada olduğu ve bir sonraki adım için hazırlandığı evreyi ifade eder (Perry, 1992).

Adım uzunluğu ve çift adım uzunluğu gibi ölçümler, yürüme analizinde kullanılan önemli parametrelerdir. Yürüme analizi sırasında incelenen önemli parametrelerden biri ayak açısidir. Bu açı, ayağın ilerleme yönüne göre ne kadar döndüğünü gösterir. Kadans ise bir dakikada atılan adım sayısını ifade eder ve yürüme hızımız hakkında bilgi verir. Hız ise belirli bir süre içinde kat edilen mesafe olarak tanımlanır ve yürüme performansımızı değerlendirmek için kullanılır (Gage, DeLuca, & Renshaw, 1996).

Yürüme hareketinin altında yatan kas kuvvetlerinin belirlenmesi, merkezi sinir sisteminin bu karmaşık hareket sırasındaki kontrol mekanizmalarının aydınlatılması, patolojik yürüme durumlarının daha iyi anlaşılması ve iskelet sistemi üzerindeki yüklerin tahmin edilmesi (örneğin, spor yaralanmalarının önlenmesi veya cerrahi planlama) gibi birçok alanda büyük önem taşımaktadır. İnvaziv yöntemlerin doğası gereği bazı sınırlamaları bulunması ve kas kuvveti ile

elektromiyografi (EMG) sinyalleri arasındaki ilişkinin tam olarak anlaşılabilmesi nedeniyle, bilgisayar modelleme ve simülasyon teknikleri bu alanda oldukça popüler hale gelmiştir. Ancak, farklı araştırma grupları tarafından kullanılan çeşitli modelleme yöntemleri, bu alanda ortak bir standart oluşturulmasını zorlaştırmaktadır (González, González, Luaces, & Cuadrado, 2010; Hardt, 1978). Farklı yöntemlerin objektif bir değerlendirmesi için, aynı kontrol altında tutulan deneysel koşullarda karşılaştırılması gerekmektedir. Yeni bir yöntemin geçerliliği, genellikle mevcut yöntemlerle elde edilen sonuçlarla kıyaslanarak doğrulanır. Bu sayede, literatürde yer alan önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar elde edilerek yöntemin güvenilirliği artırılır (Heintz & Gutierrez-Farewik, 2007; Pandey, Anderson, & Hull, 1992). Gelişen teknoloji sayesinde yürüme ile ilgili verilerin, elde edildiği yer, zaman ve koşullara göre standart biçimde kaydedilebilmesi için çeşitli yazılım ve donanımlar kullanılmaktadır (Shourijeh & Fregly, 2020). Bu şekilde toplanan veriler tüm araştırmacılar tarafından objektif bir şekilde analiz edilerek, kolaylıkla karşılaştırılabilirler. Yürüme ile eş zamanlı kaydedilen diğer bilgiler (oksijen tüketimi, elektromiyografi vb.), ilgili verinin daha sağlıklı şekilde incelenebilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi konusunda uzmanlara yardımcı olur. Araştırmacılar, biyonik protez kullanan kişilerin adım uzunluklarının daha uzun olduğunu ve eklemlerinin daha doğal bir hareket aralığına sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu da biyonik protezlerin, kullanıcılarına daha doğal ve rahat bir yürüme deneyimi sunduğu anlamına gelir (Mileusnic, Rettinger, Highsmith, & Hahn, 2021). Yürüme analizleri sonucunda elde edilen bilgiler sağlıklı bir kişide yürümenin taşıdığı özellikleri, yaşam boyunca değişimini ve çeşitli hastalıklar sonucunda ne tür engellere yol açtığını gösterir. Ayrıca bu bilgiler ile hastaların tedavi planlamaları, engellere karşı yardımcı protezlerin ve dış iskeletlerin geliştirilmesi, insansı robotların tasarımı ve

geliştirilmesi gibi alanlarda kullanılmaktadır (Imms & Edholm, 1981).

Yapay bacak gibi protezlerin tasarımında, insanın doğal yürüyüşünün detaylı bir şekilde incelenmesi büyük önem taşır. Bu inceleme için kullanılan sistemler, genellikle görsel (kamera) tabanlı veya giyilebilir sensör tabanlı olmak üzere iki ana grupta incelenir. Kamera sistemleri, laboratuvar ortamında detaylı analizler yapmaya olanak sağlarken, giyilebilir sensörler ise daha doğal bir ortamda, günlük yaşam koşullarında veri toplama imkanı sunar. Giyilebilir sensörler arasında, kas aktivitesini ölçen elektromiyografi (EMG) sensörleri, hareket hızını ve yönünü ölçen jiroskop ve ivmeölçerler, manyetik alanı ölçen manyetometreler, eklem açılarını ölçen gonyometreler, kuvveti ölçen kuvvet sensörleri gibi birçok farklı tip bulunmaktadır (Tao, Liu, Zheng, & Feng, 2012; Winter, 2009).

Winter ve Whittle'in çalışmaları, insan yürüyüşünün karmaşık yapısını anlamak için anatomi, kas fizyolojisi ve biyomekanik bilimlerinin ne kadar önemli olduğunu vurgulamaktadır (Whittle, 2003; Winter, 2009). Özellikle ayak bileği, vücut ağırlığını taşıyan bu eklem, farklı zeminlerde yürürken vücudumuzu dengede tutmak için kritik bir role sahiptir. Bu nedenle, özellikle ayak bileği protezi tasarımlarında, ayak bileğinin biyomekanik özellikleri detaylı bir şekilde incelenmelidir. Ayak bileği kasları da yürüyüşümüzde oldukça önemli görevler üstlenir. Örneğin, plantar fleksörler adı verilen kaslar, duruş sırasında ayak bileğini sabitleyerek vücudumuzun dengede kalmasına yardımcı olurken, dorsi fleksörler ise yürüme sırasında ayağımızın yerden kalkmasına ve ileriye doğru hareket etmesine olanak tanır. Bu kasların uyumlu çalışması, hem dengeli bir yürüyüş sağlamak hem de enerji tasarrufu yapmak için oldukça önemlidir (Di Nardo, Ghetti, & Fioretti, 2013).

EMG sinyalleri, kaslarımızın elektriksel aktivitesini ölçerek hareketlerimizi anlamamıza yardımcı olur. Bu sayede, hangi kasın ne zaman çalıştığını ve hangi hareketin yapıldığını

tespit edebiliriz. Örneğin, Patla ve arkadaşları, koşu bandında yürürken bacak ön tarafındaki tibialis anterior (TA) kası, baldır kaslarından olan soleus ve medial gastrocnemius (MGAS) kasları, uyluk ön tarafındaki vastus lateralis ve rektus femoris kasları, uyluk arka tarafındaki biceps femoris kası ve bel bölgesindeki erektör spina kaslarının elektriksel aktivitelerini ölçmüşlerdir (Patla, 1985). Nazmi N ve arkadaşları ile Morbidoni ve ekibi ise yürüyüşün duruş ve salınım evrelerini daha iyi anlamak için özellikle tibialis anterior (TA) ve medial gastrocnemius (MGAS) kaslarının EMG sinyallerini kullanmışlardır (Morbidoni, Cucchiarelli, Fioretti, & Di Nardo, 2019; Nazmi, Abdul Rahman, Yamamoto, & Ahmad, 2019).

Yürüyüş sırasında vücudumuzdaki birçok kas, koordineli bir şekilde çalışarak hareketlerimizi sağlar. Yapılan çalışmalarda yürüyüş esnasında ve merdiven inip çıkarken çalışan bazı kasların aktiviteleri şu şekilde incelenmiştir (Grazia, Agostini, Knaflitz, & Bonato, 2012):

Tibialis anterior (TA) ve medial gastrocnemius (MGAS) kaslarının yürüyüşün farklı evrelerindeki aktiviteleri, yürüyüş mekaniğini anlamak için önemlidir. TA kası, genellikle ayağı yukarı kaldırarak adım atmamızı sağlayan bir kastır. Bu kas, yürüyüşün salınım fazında en aktif durumdadır. Özellikle merdiven çıkarken, zeminden uygun bir ayak açıklığı sağlamak için salınım fazında daha fazla çalışır. Duruş fazında ise, özellikle adımın başında ve sonunda aktif olarak çalışır. MGAS kası ise, genellikle ayak bileğini aşağı doğru hareket ettiren ve vücut ağırlığını topuğa aktaran bir kastır. Bu kas, özellikle duruş fazında aktiftir. Merdiven inerken, ayak inişi sırasında MGAS kası daha fazla çalışırken, TA kası ise duruş fazı boyunca aktif kalır. Rampa çıkarken ise, MGAS kası adımın başında, TA kası ise rampa inerken daha fazla çalışır (Grazia vd., 2012).

Erector Spinae Kasları: Bel bölgesindeki bu kaslar, yürüyüş sırasında gövdenin dengede kalmasını sağlar. Özellikle

topuk vuruşu ve ayak parmağının yerden kesilmesi gibi hareketlerde aktif olarak çalışırlar.

Gluteus Medius Kası: Kalça bölgesinde bulunan bu kas, pelvisin stabilitesini sağlar ve vücudun yanlara doğru eğilmesini önler. Özellikle yürüyüşün ilk kısmında aktiftir.

Rectus Femoris Kası: Uyluk ön tarafında yer alan bu kas, diz eklemine uzatır ve kalçayı öne doğru çeker. Yürüyüşün başlangıcında ve yük altında diz eklemine stabilize etmek için önemlidir.

Hamstring Kasları: Uyluk arka tarafında yer alan bu kaslar, diz eklemine bükerek ve kalçayı geriye doğru çeker. Yürüyüşün farklı evrelerinde, özellikle salınım ve duruş fazlarında aktiftirler.

Medial Gastrocnemius Kası: Baldır kaslarından biri olan bu kas, ayak bileğini aşağı doğru hareket ettirir ve topuğu yere iter. Özellikle duruş fazında aktiftir.

Tibialis Anterior Kası: Bacak ön tarafında yer alan bu kas, ayak bileğini yukarı doğru hareket ettirir ve ayağı kaldırmamıza yardımcı olur. Yürüyüşün salınım fazında ve topuk vuruşu sırasında aktiftir (Grazia vd., 2012).

Özetle, yürüyüş sırasında bu kaslar, birbirleriyle koordineli bir şekilde çalışarak vücudun hareketini sağlarlar. Her bir kasın aktivitesi, yürüyüşün farklı evrelerinde değişiklik gösterir ve yürüyüşün düzgün bir şekilde gerçekleşmesi için önemlidir.

Merdiven Çıkarken Kasların Çalışması:

Merdiven çıkarken vücudumuzdaki birçok kas, koordineli bir şekilde çalışarak bu hareketi gerçekleştirir. Özellikle bazı kaslar, merdiven çıkma sırasında daha belirgin bir rol oynar.

Erektör Spinae Kasları: Bel bölgesindeki bu kaslar, merdiven çıkarken vücudun dik durmasını ve dengede kalmasını sağlar. Özellikle, bir ayağımızla basamak basarken diğer ayağımızın ileriye doğru hareket etmesine yardımcı olurlar.

Gluteus Medius Kası: Kalça bölgesinde bulunan bu kas, pelvisin stabilitesini sağlar ve vücudun yanlara doğru eğilmesini önler. Özellikle merdiven çıkarken, vücudun ağırlığını destekleyen bacak üzerindeki yükü dengelemeye yardımcı olur.

Rectus Femoris Kası: Uyluk ön tarafında yer alan bu kas, diz eklemine uzatır ve kalçayı öne doğru çeker. Merdiven çıkarken, dizleri büküp açarak ileriye doğru hareket etmemizi sağlar.

Hamstring Kasları: Uyluk arka tarafında yer alan bu kaslar, diz eklemine bükerek ve kalçayı geriye doğru çeker. Merdiven çıkarken, dizleri bükerek vücudu yukarı doğru çekmeye yardımcı olurlar.

Medial Gastrocnemius Kası: Baldır kaslarından biri olan bu kas, ayak bileğini aşağı doğru hareket ettirir ve topuğu yere iter. Merdiven çıkarken, vücut ağırlığını basamaklara aktararak ileriye doğru hareket etmemize yardımcı olur.

Tibialis Anterior Kası: Bacak ön tarafında yer alan bu kas, ayak bileğini yukarı doğru hareket ettirir ve ayağı kaldırmamıza yardımcı olur. Merdiven çıkarken, basamaklara basarken ayağın dengeyi sağlamasına yardımcı olur.

Özetle, merdiven çıkarken vücudumuzdaki birçok kas, koordineli bir şekilde çalışarak bu hareketi gerçekleştirir. Bu kasların her biri, farklı görevler üstlenerek merdiven çıkma hareketinin daha kolay ve etkili bir şekilde yapılmasını sağlar. Özellikle erektör spinae, gluteus medius, rectus femoris, hamstring, medial gastrocnemius ve tibialis anterior kasları, merdiven çıkarken en aktif olan kaslar arasındadır (Grazia vd., 2012).

Merdiven İnerken Kasların Çalışması:

Merdiven inerken vücudumuzdaki kaslar, çıkarken olduğu kadar koordineli bir şekilde çalışarak güvenli bir iniş sağlar. İşte merdiven inerken en çok çalışan bazı kasların rolleri:

Erektör Spinae Kasları: Bel bölgesindeki bu kaslar, merdiven inerken vücudun dengesini sağlar ve öne doğru eğilmeyi önler. Özellikle basamakları inerken ve ayaklarımızı yerleştirirken aktif olarak çalışırlar.

Gluteus Medius Kası: Kalça bölgesinde bulunan bu kas, vücudun yanlara doğru sallanmasını önleyerek dengeyi sağlar. Özellikle basamakları inerken, vücudun ağırlığını destekleyen bacak üzerindeki yükü dengelemeye yardımcı olur.

Rectus Femoris Kası: Uyluk ön tarafında yer alan bu kas, diz eklemine uzatır ve kalçayı öne doğru çeker. Merdiven inerken, dizleri bükerek vücudu aşağı doğru indirmeye yardımcı olur.

Hamstring Kasları: Uyluk arka tarafında yer alan bu kaslar, diz eklemine bükerek ve kalçayı geriye doğru çeker. Merdiven inerken, dizleri bükerek vücudu yavaşlatır ve kontrol altında tutar.

Medial Gastrocnemius Kası: Baldır kaslarından biri olan bu kas, ayak bileğini aşağı doğru hareket ettirir ve topuğu yere iter. Merdiven inerken, basamakları indiğimizde vücut ağırlığını ayaklara aktararak ileriye doğru hareket etmemize yardımcı olur.

Tibialis Anterior Kası: Bacak ön tarafında yer alan bu kas, ayak bileğini yukarı doğru hareket ettirir ve ayağı kaldırmamıza yardımcı olur. Merdiven inerken, basamakları inerken ayağın dengeyi sağlamasına yardımcı olur (Grazia vd., 2012).

Kısaca, merdiven inerken vücudumuzdaki kaslar, çıkarken olduğu gibi farklı görevler üstlenir. Bu kaslar, vücudun dengesini sağlayarak, eklemlerin korunmasına yardımcı olarak ve güvenli bir iniş yapmamızı sağlayarak önemli bir rol oynar.

Özellikle merdiven inerken:

Erektör spinae kasları vücudun dengesini korur.

Gluteus medius kası pelvisin stabilitesini sağlar.

Rectus femoris ve hamstring kasları diz eklemine hareketini kontrol eder.

Medial gastrocnemius ve tibialis anterior kasları ayak bileğinin hareketini kontrol ederek dengeyi sağlar.

Bu kasların koordinasyonu, merdiven inme hareketinin güvenli ve etkili bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar.

4. GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE VE GELECEĞE BAKIŞ

Son yıllarda teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte yürüyüş analizi alanında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Gelişmiş görüntüleme ve ölçüm teknikleri sayesinde, yürüme hareketinin en ince detaylarına kadar incelenebilmektedir. Bu sayede, hem sağlık alanında hem de güvenlik gibi farklı alanlarda yürüyüş analizinin önemi daha da artmıştır (Michaud, Lamas, Lugişs, & Cuadrado, 2020; Pickle, Grabowski, Auyang, & Silverman, 2016).

5. YÜRÜYÜŞ ANALİZİNİN GÜNCEL UYGULAMALARI

Spor Bilimleri: Sporcuların performanslarını artırmak ve sakatlanmaları önlemek amacıyla yürüyüş analizleri yapılmaktadır. Örneğın, koşucuların kas aktiviteleri ve koşu teknikleri detaylı bir şekilde incelenerek kişiye özel antrenman programları hazırlanabilmektedir.

Sağlık Bilimleri: Yürüme bozuklukları olan hastaların teşhis ve tedavisinde yürüyüş analizleri önemli bir role sahiptir. Yaşlılıkta görülen yürüme hızındaki düşüşün nedenleri ve postür değişiklikleri gibi konular, yürüyüş analizleri sayesinde daha iyi anlaşılmaktadır.

Adli Bilimler: Güvenlik kameralarının yaygınlaşmasıyla birlikte, yürüyüş analizleri suç araştırmalarında önemli bir delil haline gelmiştir. Her bireyin yürüyüşünün kendine özgü özellikleri olduğu ve bu özelliklerin suçluların tespit edilmesinde

kullanılabileceği düşünülmektedir (Badiye, Kathane, & Krishan, 2024; Begg & Palaniswami, 2006).

6. YÜRÜYÜŞ ANALİZİNİN TEMEL İLKELERİ

Bireysel Farklılıklar: Her bireyin anatomik yapısı farklı olduğu için yürüyüş biçimi de kişiden kişiye değişir. Bu nedenle, yürüyüş analizi yaparken bireysel farklılıklar göz önünde bulundurulmalıdır (Özateş, Wolf, & Arslan, 2023).

Çeşitli Teknikler: Yürüyüş analizinde farklı teknikler kullanılmaktadır. Bu teknikler arasında görüntüleme sistemleri, kuvvet platformları ve elektromiyografi gibi yöntemler sayılabilir (Yavuzer, 2014).

Evrimsel Gelişim: İnsan yürüyüşü, evrimsel süreçte ortaya çıkmış karmaşık bir hareket örüntüsüdür. Yürüyüş analizleri, insan evrimi hakkında da önemli bilgiler sunmaktadır.

7. SONUÇ

Teknolojinin daha da gelişmesiyle birlikte yürüyüş analizinin daha da hassas ve detaylı hale gelmesi beklenmektedir. Yapay zeka ve makine öğrenmesi gibi teknolojilerin kullanımıyla, yürüyüş analizinden elde edilen verilerin daha hızlı ve doğru bir şekilde analiz edilmesi mümkün olacaktır. Bu sayede, yürüyüş analizleri, sağlık, spor ve güvenlik gibi birçok alanda daha yaygın olarak kullanılacaktır.

Sonuç olarak, yürüme analizi, insan hareketinin en temel unsurlarından biri olan yürümeyi anlamak için kullanılan önemli bir araçtır. Geçmişten günümüze kadar yapılan çalışmalar, yürüyüşün karmaşık bir biyomekanik süreç olduğunu ve birçok faktörden etkilendiğini göstermiştir. Gelecekte, yürüyüş analizi sayesinde insan sağlığı, spor performansı ve güvenlik alanlarında daha büyük ilerlemeler kaydedilecektir.

KAYNAKÇA

Agustí, J., & Lordkipanidze, D. (2011). How “African” was the early human dispersal out of Africa? *Quaternary Science Reviews*, 30(11), 1338-1342. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.04.012>

Akalan, N. E., & Temelli, Y. (2015). Serebral Parezide Gözlemsel Yürüme Analizinin Yeri ve Kullanılabilirliği. *Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi*, 1(1), 28-45. <https://doi.org/10.17681/hsp.09448>

Badiye, A., Kathane, P., & Krishan, K. (2024). Forensic Gait Analysis. İçinde *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Geliş tarihi gönderen <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557684/>

Begg, R., & Palaniswami, M. (Ed.). (2006). *Computational Intelligence for Movement Sciences: Neural Networks and Other Emerging Techniques*. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-59140-836-9>

Di Nardo, F., Ghetti, G., & Fioretti, S. (2013). Assessment of the activation modalities of gastrocnemius lateralis and tibialis anterior during gait: A statistical analysis. *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 23(6), 1428-1433. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.05.011>

Gage, J. R., DeLuca, P. A., & Renshaw, T. S. (1996). Gait analysis: Principle and applications with emphasis on its use in cerebral palsy. *Instructional Course Lectures*, 45, 491-507.

González, M., González, F., Luaces, A., & Cuadrado, J. (2010). A collaborative benchmarking framework for multibody system dynamics. *Engineering with Computers*, 26(1), 1-9. <https://doi.org/10.1007/s00366-009-0139-0>

Grazia, M., Agostini, V., Knaflitz, M., & Bonato, P. (2012). Muscle Activation Patterns During Level Walking and Stair Ambulation. İçinde C. Steele (Ed.), *Applications of EMG in Clinical and Sports Medicine*. InTech. <https://doi.org/10.5772/25792>

Hardt, D. E. (1978). Determining Muscle Forces in the Leg During Normal Human Walking—An Application and Evaluation of Optimization Methods. *Journal of Biomechanical Engineering*, 100(2), 72-78. <https://doi.org/10.1115/1.3426195>

Heintz, S., & Gutierrez-Farewik, E. M. (2007). Static optimization of muscle forces during gait in comparison to EMG-to-force processing approach. *Gait & Posture*, 26(2), 279-288. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.09.074>

Imms, F. J., & Edholm, O. G. (1981). Studies of gait and mobility in the elderly. *Age and Ageing*, 10(3), 147-156. <https://doi.org/10.1093/ageing/10.3.147>

Indriati, E., Iii, C. C. S., Lepre, C., Quinn, R. L., Suriyanto, R. A., Hascaryo, A. T., ... Antón, S. C. (2011). The Age of the 20 Meter Solo River Terrace, Java, Indonesia and the Survival of Homo erectus in Asia. *PLOS ONE*, 6(6), e21562. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021562>

Kaifu, Y., Baba, H., Aziz, F., Indriati, E., Schrenk, F., & Jacob, T. (2005). Taxonomic affinities and evolutionary history of the early Pleistocene hominids of Java: Dentognathic evidence. *American Journal of Physical Anthropology*, 128(4), 709-726. <https://doi.org/10.1002/ajpa.10425>

Ko, K. H. (2015). Origins of Bipedalism. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 58, 929-934. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132015060399>

Lovejoy, C. O. (1988). Evolution of human walking. *Scientific American*, 259(5), 118-125.

<https://doi.org/10.1038/scientificamerican1188-118>

Michaud, F., Lamas, M., Lugiş, U., & Cuadrado, J. (2020, Kasım 4). *A Fair and EMG-validated Comparison of Recruitment Criteria, Musculotendon Models and Muscle Coordination Strategies, for the Inverse-dynamics Based Optimization of Muscle Forces During Gait*. Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-100594/v1>

Mileusnic, M. P., Rettinger, L., Highsmith, M. J., & Hahn, A. (2021). Benefits of the Genium microprocessor controlled prosthetic knee on ambulation, mobility, activities of daily living and quality of life: A systematic literature review. *Disability and Rehabilitation. Assistive Technology*, 16(5), 453-464. <https://doi.org/10.1080/17483107.2019.1648570>

Morbeck, M. E. (1986). Primate morphophysiology, locomotor analyses and human bipedalism. *International Journal of Primatology*, 7(4), 423-425. <https://doi.org/10.1007/BF02693704>

Morbidoni, C., Cucchiarelli, A., Fioretti, S., & Di Nardo, F. (2019). A Deep Learning Approach to EMG-Based Classification of Gait Phases during Level Ground Walking. *Electronics*, 8(8), 894. <https://doi.org/10.3390/electronics8080894>

Nazmi, N., Abdul Rahman, M. A., Yamamoto, S.-I., & Ahmad, S. A. (2019). Walking gait event detection based on electromyography signals using artificial neural network. *Biomedical Signal Processing and Control*, 47, 334-343. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2018.08.030>

Özateş, M. E., Wolf, S. I., & Arslan, Y. Z. (2023). Makine öğrenmesi ile kinematik veriden serebral palsili hastaların yürüyüş karakteristiğinin analizi. *Sağlık ve Yaşam Bilimleri*

Dergisi, 5(3), 146-152.

<https://doi.org/10.33308/2687248X.202353318>

Pandy, M. G., Anderson, F. C., & Hull, D. G. (1992). A parameter optimization approach for the optimal control of large-scale musculoskeletal systems. *Journal of Biomechanical Engineering*, 114(4), 450-460. <https://doi.org/10.1115/1.2894094>

Patla, A. E. (1985). Some characteristics of EMG patterns during locomotion: Implications for the locomotor control process. *Journal of Motor Behavior*, 17(4), 443-461. <https://doi.org/10.1080/00222895.1985.10735360>

Perry, J. (1992). *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*. SLACK.

Pickle, N. T., Grabowski, A. M., Auyang, A. G., & Silverman, A. K. (2016). The functional roles of muscles during sloped walking. *Journal of Biomechanics*, 49(14), 3244-3251. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2016.08.004>

Primate Adaptation and Evolution. (2013). Geliş tarihi gönderen <https://shop.elsevier.com/books/primate-adaptation-and-evolution/fleagle/978-0-12-378632-6>

Ruse, M., & Travis, J. (2009). *Evolution: The First Four Billion Years*. Harvard University Press.

Shourijeh, M. S., & Fregly, B. J. (2020). Muscle Synergies Modify Optimization Estimates of Joint Stiffness During Walking. *Journal of Biomechanical Engineering*, 142(1), 011011. <https://doi.org/10.1115/1.4044310>

Silva, M., Shepherd, E. F., Jackson, W. O., Dorey, F. J., & Schmalzried, T. P. (2002). Average patient walking activity approaches 2 million cycles per year: Pedometers under-record walking activity. *The Journal of Arthroplasty*, 17(6), 693-697. <https://doi.org/10.1054/arth.2002.32699>

Tao, W., Liu, T., Zheng, R., & Feng, H. (2012). Gait Analysis Using Wearable Sensors. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 12(2), 2255-2283. <https://doi.org/10.3390/s120202255>

Whittle, M. (2003). *Gait analysis: An introduction*. Edinburgh ; New York : Butterworth-Heinemann. Geliş tarihi gönderen <http://archive.org/details/gaitanalysisintr0000ed3whit>

Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and motor control of human movement* (4th ed). Hoboken, N.J: Wiley.

Yavuzer, G. (2014). Yürüme analizi ve temel kavramlar. *TOTBİD Dergisi*, 13(4), 304-308. <https://doi.org/10.14292/totbid.dergisi.2014.33>

ANATOMİDE İLERİ ARAŞTIRMALAR

yaz
yayınları

YAZ Yayınları

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3

İscehisar / AFYONKARAHİSAR

Tel : (0 531) 880 92 99

yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com