



Pelvik Taban Kaslarının Saklı Mimarisi Üzerine Bir Derleme

A Review on the Hidden Architecture of the Pelvic Floor Muscles

Gizem TAŞ GEÇİT¹, Çağlar SOYLU²

ÖZET

İskelet kası mimarisi, bir kasın kuvvet üretme kapasitesi, kasılma hızı ve fonksiyonel çıktılar açısından en belirleyici biyomekanik parametrelerden biridir. Kasın mimarisinde meydana gelen yapısal değişiklikler, doğrudan fonksiyonel kapasiteyi etkileyerek klinik tabloyu şekillendirebilir. Pelvik taban, pelvisin alt kısmında yer alan ve kas ile fasya yapılarından oluşan hem destekleyici hem de fonksiyonel rolleri olan karmaşık bir anatomik komplekstir. Pelvik taban kasları (PTK); başta levator ani kas grubu olmak üzere, pelvik tabanın dorsal kısmındaki kas gruplarını da içeren çok katmanlı bir yapıdır. Bu kaslar; pelvik organların desteklenmesi, kontinansın sağlanması, intra-abdominal basıncın düzenlenmesi ve cinsel fonksiyon gibi birçok fizyolojik görevin yerine getirilmesinde kritik rol oynamaktadır. Ancak PTK'ların yapısı, işlevi ve patolojik değişim süreçlerine ilişkin güncel bilimsel veriler hâlâ sınırlı düzeydedir. Bunun başlıca nedeni, PTK'larının pelvisin derininde yer alması nedeniyle canlı bireylerde doğrudan görüntülenmelerinin ve değerlendirmelerinin zor oluşudur. Bu nedenle, mevcut literatürde yer alan mimari analizlerin büyük çoğunluğu kadavra ve hayvan çalışmaları üzerinden elde edilmiştir. PTK mimarisinin daha iyi anlaşılması, disfonksiyonel durumların değerlendirilmesi ve uygun tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu derlemenin amacı, pelvik taban kaslarının mimari özelliklerini güncel bilimsel veriler ışığında ortaya koymak ve bu yapısal özelliklerin fonksiyonel çıktılar üzerindeki etkilerini tartışmaktır. Böylece, PTK'nın yapı-işlev ilişkisini daha iyi anlamaya yönelik bilimsel bir temel sunarak; pelvik taban disfonksiyonlarının değerlendirilmesine, klinik karar alma süreçlerine ve hedefe yönelik rehabilitasyon programlarının geliştirilmesine katkı sağlanması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Pelvik taban, Kas Morfolojisi, Pelvik Taban Kas Mimarisi, Anatomi

ABSTRACT

Skeletal muscle architecture is one of the most critical biomechanical parameters in determining a muscle's force-generating capacity, contraction speed, and functional output. Structural changes within muscle architecture can directly affect functional capacity and shape the clinical presentation. The pelvic floor is a complex anatomical structure located at the bottom of the pelvis, composed of muscles and fascial elements that serve both supportive and functional roles. Pelvic floor muscles (PFMs) are a multi-layered system primarily including the levator ani muscle group, as well as other muscles located dorsally in the pelvic floor. These muscles play a critical role in supporting pelvic organs, maintaining continence, regulating intra-abdominal pressure, and contributing to sexual function. However, current scientific data on the structure, function, and pathological changes of PFMs remain limited. This is primarily due to the deep anatomical location of these muscles, which makes direct visualization and assessment difficult in living individuals. As a result, most architectural analyses available in the literature have been derived from cadaveric and animal studies. A better understanding of PFM architecture is crucial for evaluating dysfunctional conditions and developing appropriate treatment strategies. This review seeks to present the architectural characteristics of the pelvic floor muscles in light of current scientific evidence and to discuss the impact of these structural features on functional outcomes. Thus, it aims to provide a scientific basis for a better understanding of the structure-function relationship of the pelvic floor muscles, contributing to the assessment of pelvic floor dysfunctions, clinical decision-making processes, and the development of targeted rehabilitation programs.

Keywords: Pelvic Floor, Muscle Morphology, Pelvic Floor Muscle Architecture, Anatomy

¹ Öğr. Gör., Kilis 7 Aralık Üniversitesi, SHMYO, Terapi ve Reh. Bölümü, Kilis, Türkiye. ORCID: 0000-0002-0440-7989 (Sorumlu Yazar)

² Doç. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara, Türkiye. ORCID: 0000-0002-1524-6295

Sorumlu Yazar: Gizem Taş Geçit, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, SHMYO, Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Kilis, Türkiye, e-posta: gizem.tasgecit@kilis.edu.tr



Bu eser [Creative Commons Atıf 4.0 Uluslararası Lisansı](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) ile lisanslanmıştır.

GİRİŞ

Pelvik taban, kemik, kas, bağ dokusu (ligament) ve nörovasküler yapılardan oluşan, pelvisteki visseral organların fonksiyonlarının sürdürülmesine katkı sağlayan bir yapıdır (Aydur ve Şimşir, 2011). Pelvik taban kasları, tüm pelvik boşluğu kaplayarak pelvik organlara destek sağlayan fonksiyonel bir diyafram yapısı oluşturur. Yüzeysel pelvik taban kasları, diğer adıyla ürogenital diyafram; M. bulbospongiosus, M. ischiocavernosus ve M. transversus perinei' den meydana gelir. Derin pelvik taban kasları ise M. levator ani yani M. puborektalis (PR), M. pubokoksigeus (PK) ve M. iliokoksigeus (IK) kasları ve M. koksigeus (K) kaslarından oluşur (Toprak Çelenay vd., 2023). Pelvik taban kasları; üriner ve rektal kontinansın sağlanması, pelvik organların anatomik pozisyonda desteklenmesi, cinsel fonksiyonların sürdürülmesi ve intraabdominal basıncın optimal düzeyde korunması gibi çok yönlü fizyolojik işlevler açısından kritik bir rol oynamaktadır (Messelink vd., 2005). İskelet kasının makroskobik düzenine kas mimarisi denir. Kas mimarisi, kas liflerinin kuvvet üretim eksenine göre düzenlenmesi olarak tanımlanır (Lieber ve Fridén, 2000). Yüklenmeye karşı gösterdiği hızlı adaptasyon yeteneğiyle kas fonksiyonunun belirlenmesinde temel bir rol oynamaktadır. Kas fonksiyonunu ve adaptasyonunu tanımlamak için genellikle sarkomer yapısı ve lif tipi dağılımı üzerinde durulmaktadır (Frontera ve Ochala, 2015). Kas lifleri, farklı büyüklükteki kaslar arasında daha tutarlı bir lif çapına sahipken, kas lifi boyutu kas lifi kuvveti üretimiyle doğru orantılıdır. Kaslar arasındaki mimari farklılıklar fazla değişkenlik göstererek kasların işlevi üzerinde büyük etkiye sahiptirler. Farklı kasların, lif boyutundaki farklılıklardan dolayı farklı miktarda kuvvet ürettiği öne sürülse de kaslar arasındaki lif boyutları aslında çok az farklılık göstermektedir. Kaslar arasındaki mimari farklılıklar kuvvet oluşumunun en iyi belirleyicileridir (Lieber ve Fridén, 2000). Kas liflerinin yönelimi, uzunluğu, kalınlığı ve bileşim özellikleri gibi mimari yapılar, pelvik tabanın hem anatomik bütünlüğünü hem de fizyolojik işlevselliğini belirleyen önemli faktörlerdendir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu derleme makalesinde, pelvik taban kas mimarisi ile ilişkili güncel bilimsel çalışmalar; PubMed, Web of Science, Scopus, SpringerLink, Wiley Online Library ve Google Scholar gibi güvenilir uluslararası veri tabanlarında taranmıştır. Literatür taraması, 2000–2024 yılları arasındaki yayınları kapsamaktadır. Arama stratejisinde hem Türkçe hem de İngilizce anahtar kelimeler kullanılmıştır. Anahtar kelime taramasında İngilizce literatürde: pelvic floor, muscle morphology, pelvic floor muscle architecture, anatomy; Türkçe literatürde: pelvik taban, kas morfolojisi, pelvik taban kas mimarisi, anatomi terimleri kullanılmıştır. Anahtar kelimeler “ve” bağlacı kullanılarak tarama gerçekleştirilmiştir. Anahtar kelimeler incelenirken filtrelemede tarih aralığı, Türkçe ve İngilizce dil seçenekleri kullanılmıştır. Aynı zamanda haberler, duyurular inceleme dışı bırakılarak filtrelenmiştir. Literatür seçiminde özellikle kas yapısı, fonksiyonu, yaşlanma ve disfonksiyonel durumlar gibi tematik alanlara odaklanılmış; MRI, kadavra diseksiyonu ve kas mimarisi ölçüm yöntemlerini içeren çalışmalara öncelik verilmiştir. Çalışmaların dâhil edilme kriterleri, pelvik taban kaslarının yapısal özelliklerini doğrudan değerlendiren özgün araştırmalar veya sistematik derlemeler olması şeklinde belirlenmiştir. Dâhil edilen çalışmalar Tablo 1’ de verilmiştir.

Tablo 1. Dâhil Edilen Çalışmaların Temel Özellikleri

No	Kaynak	Yıl	Çalışma Başlığı / Konusu	Amaç	Örneklem Büyüklüğü	Ana Bulgular	Klinik/Fonksiyonel Önem
1	Tirrell et al.	2012	Human skeletal muscle biochemical diversity	İnsan iskelet kaslarının biyokimyasal çeşitliliğini ve organizasyon eğilimlerini analiz etmek.	599 biyopsi (6 kadavra)	Titin kütlesi ve kollajen distal kaslarda artar; MHC-1 yüzdesi ekstremitelerde farklılık gösterir; titin anatomik bölgeyi öngörür.	Kas biyokimyasal özelliklerinin anlaşılması, bireyselleştirilmiş tedavi ve egzersiz programları için önemlidir.
2	Wu et al.	2017	Architectural differences in pelvic floor compartments	Genç yetişkin ve postmenopozal kadınlarda pelvik taban bölmelerindeki mimari farklılıkları incelemek.	6 kadavra (3 genç, 3 postmenopozal)	Ön ve orta bölmelerde lif yönelimi ve kalınlık farklılıkları; postmenopozal değişiklikler belirgin.	Pelvik taban bozukluklarının cerrahi tedavisinde anatomik farklılıkların bilinmesi kritik öneme sahiptir.
3	Lawrence et al.	2008	Prevalence and co-occurrence of pelvic floor disorders	Kadınlarda pelvik taban bozukluklarının yaygınlığını ve birlikte görölme oranını değerlendirmek	4103 kadın (25-84 yaş)	En az bir bozukluk %37; stres idrar kaçırma %15, AAM %13, POP %6, anal inkontinans %25; yaşla artar.	Pelvik taban bozukluklarının yaygınlığı, klinik değerlendirme ve tedavi planlaması için rehberdir.
4	Nygaard et al.	2008	Prevalence of symptomatic pelvic floor disorders in US women	ABD'deki kadınlarda semptomatik pelvik taban bozukluklarının yaygınlığını belirlemek.	1961 gebe olmayan kadın (≥ 20 yaş)	En az bir bozukluk %23.7; idrar kaçırma %15.7, fekal inkontinans %9, POP %2.9; yaş ve parite risk faktörüdür.	Kadın sağlığı politikaları ve pelvik taban rehabilitasyon programlarının geliştirilmesi için kritik veriler sunar.
5	Stein & DeLancey	2008	Structure of the perineal membrane in females	Kadınlarda perineal membranın anatomisini incelemek.	5 histolojik, 3 yetişkin pelvis, 6 kadavra	Perineal membran iki bölge: dorsal (fibroz levhalar) ve ventral (üç boyutlu doku kütlesi); pelvik organları destekler.	Perineal membran anatomisi, POP ve idrar kaçırma cerrahisinde önemlidir.
6	Tuttle et al.	2014	Architectural design of the pelvic floor	Pelvik taban kaslarının mimari tasarımını ve fonksiyonel uzmanlaşmasını incelemek.	10 kadın kadavra (ortalama yaş 85)	Koksigeus stabilizatör, pubovisceral büyük hareket üretir; sarkomer uzunluğu kısa.	Pelvik taban kaslarının fonksiyonel uzmanlaşması, pelvik taban bozukluklarının tedavisinde rehberdir.
7	Felder et al.	2005	Sarcomere length measurement in architectural studies	Mimari çalışmalarda sarkomer uzunluğu ölçümünün normalizasyonu için doğruluğunu test etmek.	Belirtilmemiş numune (deneysel çalışma)	Sarkomer uzunluğu ölçümleri yüksek çözünürlük sağlar; fiber uzunluğunu normalize eder.	Doğru sarkomer ölçümleri, kas mimarisi çalışmalarında standardizasyon ve karşılaştırılabilirlik sağlar.

8	Ward et al.	2009	Accuracy of lower extremity muscle architecture measurements	Alt ekstremite kas mimarisi ölçümlerinin doğruluğunu değerlendirmek.	21 alt ekstremite (kadavra)	Görüntüleme teknikleri yüksek doğruluk sağlar; soleus en güçlü, sartorius en büyük hareket.	Alt ekstremite kaslarının mimari ölçümlerinin doğruluğu, cerrahi ve rehabilitasyon uygulamaları için önemlidir.
9	Soljanik et al.	2012	Functional interactions in female pelvic floor muscles	Kadın pelvik taban kaslarının fonksiyonel etkileşimlerini incelemek.	23 nullipar kadın	Levator ani ve gluteus maximus sinerjik çalışır; pelvik stabilite için entegredir.	Pelvik taban kaslarının etkileşimleri, egzersiz ve rehabilitasyon programlarının tasarımı için önemlidir.
10	Muro et al.	2023	Anatomical basis for obturator internus contribution	Obturator internus'un pelvik fonksiyonlara katkısının anatomik temelini incelemek.	23 kadavra	Obturator internus ve levator ani obturator fasya ile geniş temas; hareket defekasyon/üriner fonksiyona katkı sağlar.	Obturator internus'un rolü, pelvik taban bozukluklarının anatomik temelini anlamada önemlidir.
11	Parvaresh et al.	2019	Architecture of the short external rotator muscles of the hip	Kalça kısa eksternal rotator kaslarının mimarisini karakterize etmek.	80 kas (10 kadavra)	Gluteus minimus en büyük FKA; gemelli ve obturatorlar stabilizatör rolü; kısa fiberler stabiliteye işaret eder.	Kalça cerrahisi ve rehabilitasyonunda kısa rotator kasların mimarisi önemli bir rol oynar.
12	Alperin et al.	2016	Impact of vaginal parity and aging on pelvic floor muscles	Vajinal doğum ve yaşlanmanın pelvik taban kas mimarisine etkisini incelemek.	23 donör (genç/yaşlı, nullipar/parous)	Doğum fiber uzunluğunu artırır; yaşlanma FKA'yı azaltır ve fibrozisi artırır; yaş doğumdan bağımsız etki eder.	Pelvik taban bozukluklarının risk faktörleri için tedavi ve önleme stratejileri geliştirilmesinde rehber.

TEMEL MİMARİ TANIMLAR

Kas lifi uzunluğu ve yönü fonksiyonel bir sınıflandırma yapmak için önemli parametrelerdir. Kas kuvveti oluşturma eksenine paralel uzanan lifler, paralel veya longitudinal düzenlenmiş lifler olarak tanımlanır. Lifler paralel yerleşimlerine rağmen kas uzunluğunun tamamı boyunca devam etmezler. Lif uzunlukları uzun olan kaslar genellikle uzun ekskürsion ve hızlı kasılma yeteneğine sahiptir. Kas lifi uzunluğunun kas uzunluğuna oranı 0,2 ile 0,6 arasında değişmektedir. Bu oran kas lifi uzunluğunun kas uzunluğunun %60' ına kadar uzayabileceği anlamına gelmektedir. Unipennate kaslar, kuvvet üreten eksene 0° ila 30° arasında değişebilen tek bir açıyla yönlendirilmiş liflere sahiptir. Kuvvet oluşturma yetenekleri paralel yerleşimli kaslara göre daha yüksektir. Kuvvet oluşturma eksenine göre çeşitli açılarda yönelen liflere sahip kaslara ise multipennate kaslar adı verilir. Bu fonksiyonel sınıflandırma, kas tasarımını açıklayarak kas fonksiyonuna dayalı mimari için temel oluşturmaktadır (Tirrell vd., 2012).

Mimari analizde kullanılan genel parametreler kas uzunluğu (KU), lif uzunluğu (LU), pennasyon açısı (PA) ve fizyolojik kesit alanıdır (FKA). LU, en proksimal ve en distal lifler

arasındaki mesafe olarak tanımlanır. Liflerin kuvvet üreten eksene göre yönü pennasyon açısı olarak adlandırılır. Kas mimarisini tanımlamada etkili bir yöntem olmasına rağmen kas fonksiyonunu yansıtmayabilir. Kasılma sırasında lifler önemli ölçüde döndüğü için pennasyon açısı değişir. Bu nedenle istirahat halindeki ve kasılan kastaki pennasyon açısı değerleri farklı olabilmektedir. Kas kuvvetlendirme PA artışını sağlarken, esnemenin PA' yı azalttığı kabul edilmiştir (Lieber ve Ward, 2011). FKA, tüm kas liflerinin kesit alanlarının toplamıdır. Gerçek kesit alanını kesin şekilde yansıtmaz. Maksimum tetanik gerilimle doğru orantılıdır ve pennasyon açısından etkilenir. Büyük FKA' ya ve kısa lif uzunluğuna sahip kaslar, kuvvet oluşturmak için optimize edilirken, küçük FKA' ya ve uzun lif uzunluğuna sahip kaslar, gücü en üst düzeye çıkarmak için tasarlanmıştır. Bir kasın sarkomer uzunluğu, uyarıldığında ürettiği kuvveti belirler (Lieber ve Fridén, 2000).

KASIN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Uzunluk-gerilim ilişkisi iskelet kasının mekanik özelliklerini araştırmak için önemli bir parametredir. Aktif ve pasif uzunluk-gerilim ilişkileri olarak iki mekanizma ile tanımlanabilir. Aktif uzunluk-gerilim ilişkisi, aktin ve miyozin arasındaki örtüşmenin derecesini yansıtır. Çok fazla ve çok az dereceler optimal olmayan gerilimlere neden olurken, ortalama sarkomer uzunluğu değerlerinde ise maksimum gerilim görülür. Pasif uzunluk-gerilim ilişkisi, sarkomer içinde artan uzunlukla birlikte esneyen ve kuvvet üreten elastik elemanların varlığını yansıtır. Uzunluk-gerilim ilişkisi, iskelet kasındaki gerilim oluşumunun, aktin-miyozin örtüşmesinin doğrudan bir fonksiyonu olduğunu temsil eder (Frontera ve Ochala, 2015). Bu tanım sarkomeretansiyon ilişkisi olarak da ifade edilebilir. Her ne kadar Sir Andrew Huxley bu fizyolojik buluşu izometrik kasılmayı kullanarak önermiş olsa da kuvvet üreten tüm kas aktiviteleri için de kabul edilmektedir. Aktin ve miyozin filamentlerinin anatomik uzunluklarının bilinmesi, tendon transferleri, germe ve egzersiz yaklaşımları dâhil olmak üzere normal hareket ve tedavi stratejilerinin anlaşılmasında önemli role sahiptir. Uzunluk-gerilim ilişkisini değiştirmenin insan hareketleri üzerinde büyük bir etkiye sahip olabileceği düşünülmektedir (Lieber, 2002).

Daha iyi kas fonksiyonu için optimal sarkomer uzunluğu 2,6 μm olarak kabul edilmektedir. Kas lifi maksimum gerildiğinde sarkomer 3,65 μm uzunluğa ulaşır. Miyozin filamentleri 1,65 μm , aktin filamentleri 2,0 μm uzunluğundadır. Kas lifi maksimum gerildiğinde aktin-miyozin örtüşmesi olmaz ve buna bağlı olarak kas güç üretemez. Kas kısalırsa sarkomer uzunluğu azaldıkça aktin-miyozin interdigitasyonu başlar. Güç üretimi artar ve sarkomer uzunluğu 2,2 μm ' ye düşer (Lieber ve Fridén, 2000). 2,0 ila 2,2 μm arasında kas kuvveti sabit kalır. Sarkomer uzunluğu azalmaya devam ederse ek çapraz köprü bağlantısı yapılmadığından daha fazla kuvvet üretimi olmaz (Lieber vd., 2017).

Pelvik taban kas mimarisi, üretral sfinkter, perineal gövde ve uzantılarının anatomileri hala tam olarak anlaşılmamaktadır. Bunun nedenlerinden biri kasların derinde pozisyonlanması ve buna bağlı pelvis içindeki pelvik taban kaslarına sınırlı erişilebilmesindendir. Diğer bir nedense modellerin birçoğunun tamamen diseksiyona dayalı olması kaynaklanmaktadır. Diseksiyon yani yapıların kesilerek incelenmesi, klinik açıdan oldukça önemli bir yöntem olsa da, genellikle sadece cerrahlar tarafından kullanılan bir araçtır ve yapıların doğru bir şekilde tanınması diseksiyon sırasında hemen gözlemlenmeye dayanır. Ancak, bu yöntemin geri

dönüşümsüz olması ve bazı hatalı sonuçlar doğurması gibi önemli dezavantajları bulunmaktadır. Kesitsel anatomi yaklaşımı, erişilebilirlik ve (depolanan) bölümler tekrar tekrar inceleyebilmek adına diseksiyondan daha etkilidir (Wu vd., 2017).

Pelvik taban disfonksiyonları (PTD), pelvik organ prolapsusu, idrar ve fekal inkontinans içerir. PTD' ları görülme sıklığının fazla olması ve bireylerin yaşam kalitelerini olumsuz etkilemeleri nedeniyle sosyal ve ekonomik yük oluşturmaktadır Lawrence vd., 2008). PTD' larının temel nedeni tam olarak bilinmese de tanımlanan risk faktörleri; vajinal parite, yaşlanma, obezite ve menopoz olduğu görülmüştür (Nygaard vd., 2008). Pelvik taban anatomisinin detaylı olarak bilinmesi bu disfonksiyonların değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi için kullanılan yöntemlerin doğru şekilde kullanılması için temel koşuldur (Stein ve DeLancey, 2008).

Kasların mimari tasarımıındaki bir değişiklik, kas fonksiyonel kapasitesini doğrudan etkileyeceği için mimarideki değişikliklerin ölçülmesi, PTD' nın mekanizmasını anlamaya yardımcı olur (Lieber ve Fridén, 2000). Bu derleme, pelvik taban kaslarının anatomik ve fizyolojik özelliklerini mimari bir bakış açısıyla ele alarak, bu yapıların pelvik taban disfonksiyonlarına olan etkilerini güncel literatür doğrultusunda değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Pelvik Taban Kaslarının Mimari Özellikleri

PTK mimarisi üzerine yapılan çalışmaların sayısı sınırlı olup, mevcut literatürdeki veriler çoğunlukla kadavra örneklerine dayanmaktadır. Bu nedenle, canlı bireylerde PTK'nın yapısal özelliklerine ilişkin bilgiler henüz yeterince net değildir.

PTK'ların pelvis çevresindeki diğer iskelet kaslarıyla karşılaştırıldığında daha küçük fizyolojik kesit alanına sahip olduğu görülmüştür. En uzun lifler ise, artan karın basıncına yanıt olarak dışkılama ve pelvik taban gerilimi gibi fonksiyonları kolaylaştırmak için gereken bir kas olarak mükemmel tasarlanan levator ani kompleksinin PV kasında bulunmuştur. En büyük fizyolojik kesit alanı ve daha kısa lif uzunlukları K kasında bulunurken, bu durumun onu koksigeus için iyi bir stabilizatör haline getirerek pelvik taban fonksiyonunu önemli ölçüde etkileyebileceği hakkında fikir sahibi olmalarını sağlamıştır. Sarkomer uzunlukları her bir kas için önemli ölçüde farklı olmasa da insan iskelet kasları için optimal sarkomer uzunluğu olan 2,7 µm ile karşılaştırıldığında PTK'nın hepsinin kısa olduğu görülmüştür. Bunun karın içi basınçtaki artışlara karşı koymak ve normal kullanım sırasında uzamaya sürekli olarak direnmesi gereken PTK grubu için mekanik olarak avantajlı olacağı gösterilmiştir (Tuttle vd., 2014).

PTK'larından olan K, IK ve PV kaslarının on insan kadavrasından (ortalama yaş: 85, minimum-maksimum: 55-102) blok halinde toplandığı bir çalışmada görüntüleme çalışmalarından ve in vivo palpasyondan bildirilen verilere göre PTK'ların beklenenden daha ince olduğu görülmüştür. Ölüm ve fiksasyon sırasındaki konum farklılıkları lif uzunluğunu değiştirebileceği göz önüne alınarak Felder ve arkadaşları tarafından doğrulanan yöntemi kullanarak lif uzunluğunu normalleştirmişlerdir (Felder vd., 2005).

Başka bir çalışmada lif uzunluğu açısından PTK'ların bireysel bileşenleri arasında önemli farklılıklar olduğu görülürken, kasların fizyolojik kesit alanını veya sarkomer uzunluğu arasında anlamlı farkı olmadığı görülmüştür. Kasların FKA, $K = 0,71 \pm 0,06 \text{ cm}^2$, $IK = 0,63 \pm 0,04 \text{ cm}^2$, $PV = 0,59 \pm 0,05 \text{ cm}^2$ idi. Bu kasların fizyolojik kesit alanı değerleri diğer iskelet kaslarına kıyasla daha küçük bulunmuştur (Ward vd., 2009). Bunun nedeninin ise diğer kaslara oranla daha küçük kuvvet üretecek olmaları olduğunu düşünmüşlerdir. Her üç kasında normalleştirilmiş lif uzunluğunun birbirinden önemli ölçüde farklı olduğu görülmüştür. ($K = 5,29 \pm 0,32 \text{ cm}$, $IK = 7,55 \pm 0,46 \text{ cm}$, $PV = 10,45 \pm 0,67 \text{ cm}$ $p < 0,001$). Bu ölçümler sonucunda PV kasının en büyük hareketi üretebildiği gösterilmiştir. Ortalama sarkomer uzunluğu bu kaslar arasında kıyaslandığında aralarında önemli ölçüde fark olmadığı görülmüştür ($K = 2,05 \pm 0,02 \mu\text{m}$, $IK = 2,02 \pm 0,02 \mu\text{m}$, $PV = 2,07 \pm 0,01 \mu\text{m}$ $p = 0,15$). Fakat optimal insan sarkomer uzunluğu ile karşılaştırıldığında da çok kısa olduğuna rastlanmıştır ($2,7 \mu\text{m}$) (Tuttle vd., 2014).

PTK kalça çevresi kasları ile de yakından ilişkilidir. Manyetik rezonans görüntüleme ve elektromiyografi bulguları, levator ani, fossa ischioanal ve gluteus maximus kaslarının morfolojik ve fonksiyonel olarak bağlantılı olduğunu buna ek olarak kalça addüktör ve gluteal kaslarının kasılmasının PTK ve üretral duvardaki çizgili kasın sinerjik kasılmasını kolaylaştırdığını göstermiştir (Soljanik vd., 2012).

Obturator internus ve levator ani, obturator fasyası boyunca geniş bir düzlemsel temas halindedir. Bu anatomik bağlantılar, obturator internusun hareketinin muhtemelen obturator fasya yoluyla levator ani üzerinde etkili olduğunu, levator ani fonksiyonu için temel oluşturduğunu ve pelvik iç organların desteğine katkıda bulunduğunu göstermektedir. Bu bağlantılardan yola çıkarak PTK ek olarak kalça çevresi kaslarının mimari özellikleri Tablo 2' de gösterilmiştir (Parvaresh vd., 2019). Ayrıca, PTK kasılmasında oluşan yükün bir kısmının, obturator internus kası tarafından pelvik halkadaki kemik yapılar veya fasyal bağlantılar aracılığıyla kompensatuar kas hareketleriyle taşındığı düşünülmektedir (Tuttle vd., 2014).

Tablo 2. Kalça Çevresi Kaslarının Lif Yapısı, Uzunluğu ve Fizyolojik Kesit Alanı Açısından Mimari Özellikleri

Kas	Kas Lifi Uzunluğu (Ort $\pm$ SS, cm)	Sarkomer Uzunluğu (Ort $\pm$ SS, μm)	Fizyolojik Kesit Alanı (FKA, Ort $\pm$ SS, cm^2)	Fonksiyonel Notlar
M. Obturator Internus	$8,77 \pm 0,34$	$2,57 \pm 0,03$	$3,76 \pm 0,28$	Kalça eksternal rotasyonunda önemli; pelvik taban stabilitesine katkıda bulunur.
M. Gluteus Maximus	$15,69 \pm 2,57$	$2,63 \pm 0,03$	$33,4 \pm 8,8$	Kalça ekstansiyonu ve dış rotasyonunda ana kas; büyük FKA nedeniyle yüksek kuvvet üretir.
M. Pectineus	$10,38 \pm 0,53$	$2,72 \pm 0,05$	$2,27 \pm 0,17$	Kalça fleksiyonu ve adduksiyonunda rol oynar; küçük FKA, daha az kuvvet üretir.
M. Piriformis	$8,37 \pm 0,51$	$2,47 \pm 0,03$	$2,17 \pm 0,15$	Kalça eksternal rotasyonunda rol oynar; siyatik sinir ile anatomik ilişkisi önemlidir.
M. Superior Gemellus	$4,85 \pm 0,32$	$2,85 \pm 0,09$	$0,68 \pm 0,12$	Küçük kas; eksternal rotasyona yardımcı olur, düşük FKA ile sınırlı kuvvet üretimi.

M. Inferior Gemellus	5,64 ± 0,25	2,45 ± 0,03	1,02 ± 0,11	Superior gemellus ile birlikte çalışır; pelvik stabiliteye katkıda bulunur.
M. Gluteus Minimus	10,30 ± 0,77	2,79 ± 0,06	8,29 ± 0,51	Kalça abduksiyonu ve iç rotasyonunda rol oynar; orta düzey FKA ile dengeli kuvvet üretir.

Vajinal Doğum ve Yaşlanmanın Pelvik Taban Kas Mimarisi Üzerindeki Etkisi

Ortalama yaşlarının yaklaşık 40 yaş olduğu vajinal doğum yapmış veya yapmamış yaşlı ve genç 23 kadavrayı içeren K, IK ve PV kaslarının mimarisini incelemek için yapılan bir araştırma sonucunda vajinal doğum yapan kadavraların, genç ve yaşlı gruplarda doğum yapmamış örneklerle kıyasla K ve IK’ de önemli ölçüde daha uzun bir kas lifi uzunluğuna sahip olduğu görülmüştür. K kas lif uzunluğunun vajinal doğum yapmış genç grupta %38, yaşlı grupta %30 arttığı, IK kasının lif uzunluğunun genç ve yaşlı grupta %31 arttığı görülmüştür. Bununla birlikte PV kas lif uzunluğunun, yaşa bakılmaksızın vajinal doğum yapmış ve yapmamış gruplar arasında farklılık göstermediği bulunmuştur. Vajinal parite ve yaşlanmayla birlikte pelvik taban kaslarının fizyolojik kesit alanında değişiklikler genç vajinal doğum yapmış PTK’ların da genç vajinal doğum yapmamış bireylerin numunelerine kıyasla daha düşük bulunurken istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Daha yaşlı grupta vajinal doğum pelvik taban kaslarının fizyolojik kesit alanını etkilememiştir. Genç vajinal doğum yapmış ve yapmamış gruplarındaki PTK’lar, optimal sarkomer uzunluğuna yakın sarkomer uzunluğuna sahip bulunmuştur. Kas kütlesi ise, genç veya yaşlı gruplarda doğum yapmış ve yapmamış kadavralar arasında farklılık göstermemiştir (Alperin vd., 2016).

Vajinal doğum yapmamış genç ve yaşlı bireylerin kadavraları incelendiğinde, vajinal doğumun aksine yaşlanmanın kas lifi uzunluğunu etkilemediği görülmüştür. K kasının sarkomer uzunluğu, yaşlı ve genç vajinal doğum yapmamış grupla karşılaştırıldığında yaşlı örneklerde önemli ölçüde daha kısa olduğu görülmüştür (2,46 μm ’ ye karşı 2,75 μm). Maksimum miyozin-aktin örtüşmesi ve uyarı üzerine kasın ürettiği ilişkili maksimum aktif gerilim, insan kasında 2,7 μm ’ lik sarkomer uzunluğunda meydana gelir (Burkholder ve Lieber 2001). Bu nedenle, yaşlı numunelerindeki kısa sarkomer uzunluğu daha düşük K kasının aktif kuvvet üretimiyle sonuçlanacağını düşündürmüştür. Genç ve yaşlı vajinal doğum yapmamış örneklerde pelvik taban kaslarının fizyolojik kesit alanında değişikliklerin farklı olmadığı görülmüştür. Kas kütlesindeki yaşa bağlı azalmanın genç ve yaşlı grup arasında minimal bir değişikliğe sebep olduğu görülürken istatistiksel olarak fark bulunamamıştır (Alperin vd., 2016). Genel olarak bu çalışmalardan elde edilen veriler Tablo 3’ de gösterilmiştir.

Tablo 3. Vajinal Doğum ve Yaşlanmanın Pelvik Taban Kas Mimarisi Üzerindeki Etkisi

Kas	Grup Karşılaştırması		Kas Lifi Uzunluğu	Sarkomer Uzunluğu	Fizyolojik Kesit Alanı	Kas Kütlesi	İstatistiksel Anlamlılık	Ek Notlar
M. Koksigeus	Genç- yapmış	Doğum ve yapmamış	%38 artış	Optimal (2,5 – 2,8 µm)	Daha düşük (anlamsız)	Fark yok	Lif uzunluğu anlamlı (p < 0,05)	Vajinal doğum, kas lifi uzunluğunu artırır; FKA farkı klinik olarak önemsiz.
M. Koksigeus	Yaşlı- yapmış	Doğum ve yapmamış	%30 artış	Daha kısa (2,46 - 2,75 µm)	Fark yok	Fark yok	Lif ve sarkomer uzunluğu anlamlı (p < 0,05)	Yaşlanma, sarkomer uzunluğunu kısaltır; doğum etkisi devam eder.
M. İliokoksigeus	Genç – Yaşlı	Doğum ve yapmamış	%31 artış	Optimal (2,5 – 2,8 µm)	Fark yok	Fark yok	Lif uzunluğu anlamlı (p < 0,05)	Doğum, iliokoksigeus kasında lif uzunluğunu artırır; yaş etkisi sınırlı.
M. Pubovisceral	Tüm gruplar		Fark yok	Optimal (2,5–2,8 µm)	Fark yok	Fark yok	Anlamsız (p > 0,05)	Pubovisceral kas, doğum ve yaşlanmadan bağımsız olarak sabit mimari gösterir.
Tüm PTK'ları	Genç - yapmış	Doğum - ve yapmamış		Optimal (2,5 – 2,8 µm)	Daha düşük (anlamsız)	Fark yok	Kesit alanı farkı anlamsız (p > 0,05)	Genç grupta FKA'daki azalma klinik olarak anlamlı değil.
Tüm PTK'ları	Yaşlı - yapmamış	Doğum - ve yapmış		Optimal (2,5 – 2,8 µm)	Fark yok	Fark yok	Tüm farklar anlamsız (p > 0,05)	Yaşlı grupta pelvik taban kaslarında anlamlı değişiklik gözlenmedi.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Pelvik taban kaslarının (PTK) mimari özelliklerine ilişkin mevcut literatür büyük ölçüde kadavra temelli verilerle sınırlı kalmakta ve canlı insanlardaki yapısal farklılıklar hâlâ netlik kazanmamıştır. Bu derlemede, PTK'ların lif uzunluğu, fizyolojik kesit alanı ve sarkomer uzunluğu gibi mimari parametreler üzerinden değerlendirilmesinin, kas fonksiyonları hakkında önemli ipuçları sunduğunu göstermektedir. Levator ani kompleksinin PV kası, en uzun lif uzunluğuna sahip olup yüksek hareket üretme kapasitesi ile öne çıkarken; en büyük fizyolojik kesit alanı K kasında bulunmuş, bu da onun pelvik stabilite açısından kritik bir rol oynayabileceğini düşündürmüştür.

Kalça çevresi kasları ile PTK arasındaki morfolojik ve fonksiyonel bağlantılar da dikkate alındığında, pelvik taban fonksiyonlarının sadece bölgesel kas özelliklerine değil, aynı

zamanda çevre dokularla olan sinerjik ilişkilere de bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, vajinal doğumun, özellikle K ve IK kaslarında lif uzunluğunu anlamlı düzeyde artırdığı gözlemlenirken, yaşlanmanın bu parametre üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı, ancak K kasının sarkomer uzunluğunun yaşla birlikte azaldığı ve bu durumun kasın aktif kuvvet üretim kapasitesini sınırlayabileceği değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, PTK'ların mimari özellikleri pelvik taban fonksiyonu üzerinde belirleyici rol oynamakta; yaş, doğum öyküsü ve çevre kaslarla olan ilişkiler bu yapıyı doğrudan etkilemektedir. Bu bulgular, pelvik taban sağlığının değerlendirilmesi ve hedefe yönelik rehabilitasyon yaklaşımlarının geliştirilmesi açısından önemli bir temel sağlamaktadır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Finansal Destek Beyanı

Araştırmada herhangi bir kuruluştan finansal destek alınmamıştır.

Yazar Katkıları

Araştırma Fikri/Kavramı: GTG, ÇS

Araştırmanın tasarımı: ÇS

Denetleme/ Danışmanlık: ÇS

Veri toplama ve/veya İşleme: GTG, ÇS

Verilerin analizi ve/veya yorumu: GTG

Literatür taraması: GTG, ÇS

Makalenin yazımı: GTG, ÇS

Eleştirel inceleme: GTG, ÇS

KAYNAKLAR

Alperin, M., Cook, M., Tuttle, L. J., Esparza, M. C., and Lieber, R. L. (2016). Impact of vaginal parity and aging on the architectural design of pelvic floor muscles. *American journal of obstetrics and gynecology*, 215(3), 312.e1–312.e3129. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2016.02.033>

Aydur, E., & Şimşir, A. (2011). Pelvik organ prolapsusunun anatomisi ve patofizyolojisi. *Kadın ve İşlevsel Üroloji Bülteni*, 1(2): 5-8

Burkholder, T. J., & Lieber, R. L. (2001). Sarcomere length operating range of vertebrate muscles during movement. *Journal of Experimental Biology*, 204(9), 1529-1536

Felder, A., Ward, S. R., and Lieber, R. L. (2005). Sarcomere length measurement permits high resolution normalization of muscle fiber length in architectural studies. *Journal of Experimental Biology*, 208(17), 3275-3279

Frontera, W. R., and Ochala, J. (2015). Skeletal muscle: a brief review of structure and function. *Calcified tissue international*, 96(3), 183–195. <https://doi.org/10.1007/s00223-014-9915-y>

Lawrence, J. M., Lukacz, E. S., Nager, C. W., Hsu, J. W., and Lubner, K. M. (2008). Prevalence and co-occurrence of pelvic floor disorders in community-dwelling women. *Obstetrics and gynecology*, 111(3), 678–685. <https://doi.org/10.1097/AOG.0b013e3181660c1b>

Lieber, R. L. (2002). *Skeletal muscle structure, function, and plasticity*. Lippincott Williams & Wilkins

Lieber, R. L., and Ward, S. R. (2011). Skeletal muscle design to meet functional demands. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 366(1570), 1466–1476. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0316>

Lieber, R. L., and Fridén, J. (2000). Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle & nerve*, 23(11), 1647–1666. [https://doi.org/10.1002/1097-4598\(200011\)23:11<1647::aid-mus1>3.0.co;2-m](https://doi.org/10.1002/1097-4598(200011)23:11<1647::aid-mus1>3.0.co;2-m)

Lieber, R. L., Roberts, T. J., Blemker, S. S., Lee, S. S., and Herzog, W. (2017). Skeletal muscle mechanics, energetics and plasticity. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 14, 1-16

Messelink, B., Benson, T., Berghmans, B., Bo, K., Corcos, J., Fowler, C., ve diğerleri. (2005). Standardization of terminology of pelvic floor muscle function and dysfunction: report from the pelvic floor clinical assessment group of the International Continence Society. *Neurourology and Urodynamics*, 24(4), 374-80

Muro, S., Nimura, A., Ibara, T., Chikazawa, K., Nakazawa, M., and Akita, K. (2023). Anatomical basis for contribution of hip joint motion by the obturator internus to defaecation/urinary functions by the levator ani via the obturator fascia. *Journal of anatomy*, 242(4), 657–665. <https://doi.org/10.1111/joa.13810>

Nygaard, I., Barber, M. D., Burgio, K. L., Kenton, K., Meikle, S. ... and Brody, D. J., & Pelvic Floor Disorders Network (2008). Prevalence of symptomatic pelvic floor disorders in US women. *JAMA*, 300(11), 1311–1316. <https://doi.org/10.1001/jama.300.11.1311>

Parvaresh, K. C., Chang, C., Patel, A., Lieber, R. L., Ball, S. T., and Ward, S. R. (2019). Architecture of the Short External Rotator Muscles of the Hip. *BMC musculoskeletal disorders*, 20(1), 611. <https://doi.org/10.1186/s12891-019-2995-0>

Soljanik, I., Janssen, U., May, F., Fritsch, H., Stief, C. G. ... and Lienemann, A. (2012). Functional interactions between the fossa ischioanal, levator ani and gluteus maximus muscles of the female pelvic floor: a prospective study in nulliparous women. *Archives of gynecology and obstetrics*, 286(4), 931–938. <https://doi.org/10.1007/s00404-012-2377-4>

Stein, T. A., and DeLancey, J. O. (2008). Structure of the perineal membrane in females: gross and microscopic anatomy. *Obstetrics and gynecology*, 111(3), 686–693. <https://doi.org/10.1097/AOG.0b013e318163a9a5>

Tirrell, T. F., Cook, M. S., Carr, J. A., Lin, E., Ward, S. R., and Lieber, R. L. (2012). Human skeletal muscle biochemical diversity. *The Journal of experimental biology*, 215(Pt 15), 2551–2559. <https://doi.org/10.1242/jeb.069385>

Toprak Çelenay, Ş., Lalecan, N., Yılmaz, H., Barut, Ö., & Özer Kaya, D. (2023). Kadın Sporcularda Pelvik Taban Sağlığında Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Yaklaşımları: Geleneksel Derleme. Türkiye Klinikleri Journal of Health Sciences/Türkiye Klinikleri Sağlık Bilimleri Dergisi, 8(3)

Tuttle, L. J., Nguyen, O. T., Cook, M. S., Alperin, M., Shah, S. B. ... and Lieber, R. L. (2014). Architectural design of the pelvic floor is consistent with muscle functional subspecialization. International urogynecology journal, 25, 205-212

Ward, S. R., Eng, C. M., Smallwood, L. H., and Lieber, R. L. (2009). Are current measurements of lower extremity muscle architecture accurate?. Clinical orthopaedics and related research, 467(4), 1074–1082. <https://doi.org/10.1007/s11999-008-0594-8>

Wu, Y., Dabhoiwala, N. F., Hagoort, J., Tan, L. W., Zhang, S. X., and Lamers, W. H. (2017). Architectural differences in the anterior and middle compartments of the pelvic floor of young-adult and postmenopausal females. Journal of anatomy, 230(5), 651-663