

Kas Hipertrofisinde Antrenman Değişkenlerinin Rolü

Muhammet Taha İlhan

Editör: Doğukan Batur Alp Gülşen



ÖZGÜR
YAYINLARI

Kas Hipertrofisinde Antrenman Değişkenlerinin Rolü

Muhammet Taha İlhan

Editör: Doğukan Batur Alp Gülşen



Published by

Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.

Certificate Number: 45503

📍 15 Temmuz Mah. 148136. Sk. No: 9 Şehitkamil/Gaziantep

☎ +90.850 260 09 97

📞 +90.532 289 82 15

🌐 www.ozguryayinlari.com

✉ info@ozguryayinlari.com

Kas Hipertrofinde Antrenman Değişkenlerinin Rolü

Muhammet Taha İlhan • Editör: Doğukan Batur Alp Gülşen

Language: Turkish

Publication Date: 2025

Cover paint by Mehmet Çakır

Cover design and image licensed under CC BY-NC 4.0

Print and digital versions typeset by Çizgi Medya Co. Ltd.

ISBN (PDF): 978-625-8562-42-2

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1075>

OPEN ACCESS



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

This license allows for copying any part of the work for personal use, not commercial use, providing author attribution is clearly stated.

Suggested citation:

İlhan, M. T., Gülşen, B. A. (ed) (2025). *Kas Hipertrofinde Antrenman Değişkenlerinin Rolü*.

Özgür Publications. DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1075>. License: CC-BY-NC 4.0

The full text of this book has been peer-reviewed to ensure high academic standards. For full review policies, see <https://www.ozguryayinlari.com/>



Önsöz

Kas hipertrofisi, spor bilimleri ve direnç antrenmanı literatüründe en yoğun biçimde araştırılan adaptasyonlardan biridir. Buna karşın, hipertrofiyi etkileyen antrenman değişkenlerine ilişkin bilgi birikimi, uzun yıllar boyunca basitleştirilmiş varsayımlar ve tek değişkenli yaklaşımlar üzerinden ele alınmıştır. Güncel bilimsel kanıtlar ise kas hipertrofisinin, tek bir antrenman parametresine indirgenemeyecek kadar karmaşık, çok boyutlu ve bağlama duyarlı bir süreç olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Bu kitap, kas hipertrofisini etkileyen temel direnç antrenmanı değişkenlerini; antrenman sıklığı, hacim, şiddet, setler arası dinlenme süresi, tükenişç yakınlık, hareket açıklığı, tekrar süresi ve kasılma fazları başlıkları altında, güncel deneysel çalışmalar, sistematik derlemeler ve meta-analizler ışığında kapsamlı biçimde ele almaktadır. Her bir değişken, yalnızca tekil etkileri üzerinden değil, diğer antrenman bileşenleriyle olan etkileşimi bağlamında değerlendirilmiş; hipertrofik adaptasyonların nasıl şekillendiği bilimsel bir çerçeve içinde açıklanmıştır.

Kitabın temel amacı, hipertrofiye yönelik evrensel ve katı reçeteler sunmak yerine, direnç antrenmanı programlamasında kullanılan değişkenlerin rolünü, sınırlarını ve uygulanabilirliğini

ortaya koymaktır. Bu doğrultuda, bireysel farklılıklar, toparlanma kapasitesi, antrenman deneyimi ve programlama gereksinimleri gibi faktörlerin önemi özellikle vurgulanmıştır. Sunulan bulgular, hipertrofi odaklı antrenmanların “ne yapılmalı?” sorusundan çok, “hangi koşulda, kim için ve ne kadar?” soruları üzerinden ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Bu eser; spor bilimleri alanında çalışan akademisyenler, lisansüstü öğrenciler, antrenörler ve direnç antrenmanı programlamasını bilimsel temeller üzerine inşa etmek isteyen tüm uygulayıcılar için kanıta dayalı, güncel ve bütüncül bir başvuru kaynağı olmayı hedeflemektedir.

İçindekiler

Önsöz	iii
Kas Hipertrofisinde Antrenman Değişkenlerinin Rolü	1
1. Giriş	1
2. Sıklık	2
3. Hacim	8
4. Şiddet	14
5. Dinlenme Aralığı	23
6. Tükenişe Yakınlık	34
7. Hareket Açıklığı	44
8. Tekrar Süresi	56
9. Sonuç	65
Kaynakça	67

Kas Hipertrofisinde Antrenman Değişkenlerinin Rolü

Muhammet Taha İlhan¹

1. Giriş

İskelet kası hipertrofisi, kas liflerinin boyutunda ve enine kesit alanında meydana gelen bir artış olarak tanımlanmaktadır (Behringer vd., 2025). Bu süreç, kas protein sentezi oranının kas protein yıkımı oranını kronik olarak aştığı net pozitif protein dengesinin sonucudur (Lim vd., 2022). Kas hipertrofisini tetikleyen temel mekanizmalar arasında mekanik gerilim, metabolik stres ve kas hasarı bulunmaktadır (Schoenfeld, 2010). Mekanik gerilim, iskelet kası hipertrofisinde başlıca rolü oynayan birincil mekanizma olarak kabul edilmektedir (Olsen vd., 2019). Mekanik gerilim sürecinde, direnç antrenmanı sırasında dış yüke maruz kalan kas lifi, bu fiziksel kuvveti hücresel düzeyde algılayarak biyokimyasal sinyallere dönüştürür. Hipertrofi açısından bu kritik süreç, mekanotransdüksiyon olarak ifade edilir (Schoenfeld, 2010).

1 Arş. Gör. Dr. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, tahailhan91@gmail.com, 0000-0002-1484-746X

Bu kitapta, kas hipertrofisini etkileyen temel direnç antrenmanı değişkenleri; antrenman hacmi, şiddet, setler arası dinlenme süresi, antrenman sıklığı, hareket açıklığı, tükenişe yakınlık, hareket hızı, tekrar süresi ve kasılma fazlarının süresi gibi başlıklar altında sistematik olarak incelenmiştir. Her bir değişken, hem fizyolojik mekanizmalar hem de kronik adaptasyonlar açısından ele alınmış; bu değişkenlerin tek başlarına değil, birbirleriyle etkileşim hâlinde kas hipertrofisini nasıl şekillendirdiği açıklanmaya çalışılmıştır. Böylece amaç, hipertrofiye yönelik direnç antrenmanı programlamasında evrensel reçeteler sunmaktan ziyade, farklı antrenman değişkenlerinin rolünü bilimsel bir çerçeve içinde ortaya koymak ve bu bilgilerin bireysel özellikler doğrultusunda nasıl uyarlanabileceğine dair kavramsal bir zemin oluşturmaktır.

2. Sıklık

Direnç antrenmanı programının önemli değişkenlerinden biri olan sıklık, bir kas grubunun belirli bir zaman dilimi içerisinde, genellikle haftalık olarak, kaç defa çalıştırıldığını ifade etmektedir. Antrenman sıklığı, uzun yıllar boyunca kas hipertrofisini tetikleyen temel değişkenlerden biri olarak değerlendirilmiştir. Özellikle son yıllarda sıklığın kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini inceleyen birçok bilimsel çalışma yayımlanmıştır.

Konu ile ilgili ilk kapsamlı değerlendirme hipertrofi alanının önemli isimlerinden biri olan Schoenfeld ve arkadaşlarının 2016 yılında yayımladığı sistematik ve meta-analiz çalışmasında görülmüştür (Schoenfeld vd., 2016). Bu çalışmada yazarlar, haftalık toplam antrenman hacmi eşitlendiğinde, kas gruplarının çalıştırılma sıklığının kas hipertrofisi üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Araştırmacılar, farklı antrenman sıklıklarını doğrudan kıyaslayan, en az 4 hafta süreyle devam eden ve kas hipertrofisindeki değişimleri geçerli ve güvenilir yöntemlerle değerlendiren 10 çalışmayı analize

dahil etmiştir. Bununla birlikte, bu çalışmaların yedisi (toplam 200 katılımcı) kas grubu başına antrenman sıklığını inceleyen meta-analizin temelini oluşturmuştur. Çalışmanın bulguları incelendiğinde, toplam antrenman hacmi eşitlendiğinde, daha yüksek haftalık antrenman sıklığının anlamlı derecede daha fazla kas hipertrofisi oluşturduğu görülmektedir ($p = 0.002$). Meta-analize dahil edilen tüm çalışmaların sonuçlarının benzer bulguya ulaşması, bu sonucun tutarlılığını ve gücünü desteklemektedir. Bu kanıt, bir kas grubunu haftada iki kez çalıştırmanın, bir kez çalıştırmaya kıyasla daha fazla hipertrofi kazanımı elde edilmesine katkı sağladığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla optimal bir kas gelişimi elde etmek isteyen bireylerin, kas gruplarını haftada iki kez çalıştırması gerektiği önerilmektedir. Bununla birlikte, bir kas grubunun haftada üç kez çalıştırılmasının haftada iki keze kıyasla ilave bir gelişim sağlayıp sağlamadığı, veri yetersizliği nedeniyle tam olarak açıklanmamıştır. Çalışmanın bir başka önemli bulgusu ise, kas grubunu haftada bir kez çalıştırmanın da anlamlı düzeyde kas gelişimi sağladığıdır. Bu meta analiz konu ile ilgili önemli çıkarımlar yapmamıza olanak sağlasa da, içerdiği sınırlılıkları nedeniyle dikkatli bir şekilde yorumlanmalıdır. Nitekim bu çalışmadaki çalışmaların çoğunun 10 hafta veya daha kısa olması, uzun süreli adaptasyonlara ilişkin çıkarım yapmayı kısıtlamaktadır. Ayrıca, bölgesel kas hipertrofisini doğrudan değerlendiren güvenilir görüntüleme yöntemlerinin (ultrason, MRI) az sayıda çalışma tarafından kullanılması da bulguların hassasiyetini etkilemiş olabilir. Sınırlılıklarına rağmen bu bulgular, uzun yıllar boyunca “kas grubu başına haftada iki kez antrenman yapılmalı” önerisinin dayanağı olarak kullanılmıştır.

Ancak 2019 yılı itibarıyla yayımlanan daha kapsamlı ve yöntemselsel olarak daha güçlü çalışmalar, antrenman sıklığına ilişkin bu erken çıkarımları önemli ölçüde yeniden şekillendirmiştir. Grgic vd. (2019) tarafından yapılan derleme,

direnċ antrenmanı sıklığının kas hipertrofisi üzerindeki etkilerine ilişkin araştırmaları sentezlemeyi amaşlamıştır. Çalışmanın en kritik sonucu, haftalık toplam antrenman hacmi eşitlendiğinde, bir kas grubunun haftada kaç kez alıştırıldığının (bir, iki veya üç kez) anlamlı bir etkiye sahip olmadığıdır. Dolayısıyla bu bulgu, kas hipertrofisini etkileyen temel değişkenin antrenman sıklığından ziyade antrenman hacmi olduğu grşnn desteklemektedir. Bu sonuç, özellikle zaman sorunu olan bireyler için kas grubu başına haftada bir kez yeterli hacimle gerçekleştirilen direnċ antrenmanı ile birlikte önemli kazanımlar elde edilebileceğini göstermektedir.

Aynı yıl Schoenfeld vd. (2019) tarafından direnċ antrenmanı sıklığının kas hipertrofisi üzerindeki etkilerine ilişkin yapılan geniş kapsamlı meta-analiz, bu bulguyu desteklemiştir. Bu meta-analiz toplam 25 randomize kontrollü deneyssel çalışma içermiştir. Bulgulara göre, toplam antrenman hacmi eşitlendiğinde, bir kas grubunun haftada kaç defa çalıştırıldığı kas hipertrofisini anlamlı bir şekilde etkilememiştir. Ayrıca bu bulgular, antrenman tecrübesi ve kas grubu gibi değişkenlerden bağımsızdır. Bir nceki derlemede olduğu gibi, bu sonuçlar da kas hipertrofisini belirleyen ana etkenin haftalık toplam antrenman hacmi olduğunu vurgulamaktadır. Alt grup analizleri incelendiğinde, kas hipertrofisini değerlendirmede güvenilir ve geçerli lmler olan manyetik rezonans görüntüleme veya ultrason kullanan çalışmalarda da bu sonuç değişmemiştir. Bununla birlikte, bulgularda alt vücut kasları için daha yüksek sıklık lehine küçük bir farklılık gözlemlense de, bu etki istatistiksel ve pratik açıdan önemsiz kabul edilmiştir. Meta-analizin ikinci bulguları, toplam antrenman hacmi eşitlenmediğinde, daha yüksek antrenman sıklıklarının daha fazla kas gelişimi ile ilişkili olduğu görülmektedir ($p = 0.04$). Bununla birlikte, bu etkinin kas grubu başına gerçekleştirilen daha fazla antrenman hacminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim haftada

bir kez ile haftada üç veya daha fazla kez antrenman yapma arasındaki etki büyüklüğü mütevazı seviyededir (ES farkı = 0.18). Dolayısıyla antrenman sıklığını arttırmak, toplam hacmi arttırmaya fayda sağlayan bir araç olarak da görülebilir. Daha yüksek antrenman sıklıkları, tek bir seansta yüksek antrenman hacimleri gerçekleştiremeyen veya zaman sınırlılığı bulunan bireyler için pratik bir avantaj sağlayabilir. Ayrıca seansları haftaya yaymak, antrenman kalitesinin ve toparlanmanın artmasına katkıda bulunarak dolayı yoldan hacmin de yükselmesini sağlayabilir. Bununla birlikte, bu stratejinin bir zorunluluk olmadığı ve geniş bir sıklık yelpazesinde benzer kas hipertrofisi kazanımlarının elde edildiği unutulmamalıdır. Sonuç olarak Schoenfeld vd. (2019) tarafından gerçekleştirilen bu meta-analiz, antrenman hacmi eşitlendiğinde haftalık direnç antrenmanı sıklığının kas hipertrofisini anlamlı bir şekilde etkilemediğini göstermektedir. Bu bulgu, net bir antrenman sıklığı değerinin bulunmadığını, bunun yerine kişisel tercihler, bireyin toparlanma kapasitesi, programlama gereksinimleri ve antrenmandan alınan keyif gibi faktörlerin antrenman sıklığının belirlenmesinde dikkate alınması gerektiğine işaret etmektedir.

Bu derleme ve meta-analiz bulguları (Grgic vd., 2019; Schoenfeld vd., 2019) daha sonra gerçekleştirilen metodolojik olarak güçlü deneysel çalışmalarla da desteklenmiştir. Hamarsland vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada antrenmanlı erkek ve kadınlarda haftalık toplam antrenman hacminin eşitlendiği koşullarda farklı antrenman sıklıklarının kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini karşılaştırılmıştır. Dokuz hafta boyunca devam eden çalışmada katılımcılar iki gruba ayrılmıştır (hafta 2 seans grubu ve haftada 4 seans grubu). Her iki gruptadaki katılımcılar farklı antrenman sıklıklarıyla birlikte haftalık toplam 32 setlik bir direnç antrenmanı programı gerçekleştirmiştir. Çalışmanın bulguları, antrenman sıklığının kas hipertrofisi üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını

göstermiştir. İki antrenman grubu da çalışma sonucunda hem tüm vücut yağsız kütlede hem de ultrason ile değerlendirilen vastus lateralis kas kalınlığında benzer artış göstermiştir. Örneğin, DXA ile değerlendirilen toplam yağsız kütle artışı yüksek sıklık grubunda 1.14 ± 2.0 kg, düşük sıklık grubunda ise 1.46 ± 1.38 kg olmuş ve gruplar arasındaki fark anlamsız olarak tespit edilmiştir ($p = 0.897$). Benzer bir bulgu, vastus lateralis kas kalınlığında görülmüştür (yüksek sıklık: 0.51 ± 0.22 cm, düşük sıklık: 0.48 ± 0.18 cm; $p = 0.950$). Dolayısıyla bu deneysel çalışmadaki bulgular, önceki çalışmalarla örtüşerek kas hipertrofisi gelişimi açısından belirleyici unsurun haftalık toplam antrenman hacmi olduğunu; antrenman sıklığının ise bu hacmi yönetmeye yarayan ikincil bir antrenman değişkeni olduğunu göstermektedir.

Neves vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışma, antrenmanlı bireylerde direnç antrenmanı sıklığının (haftada bir veya üç kez) kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Araştırmanın en güçlü özelliği, bireyler arası genetik ve fizyolojik farklılıkların sonuçlar üzerindeki etkisini minimuma indirmek için denek-içi deneysel tasarım kullanılmasıdır. Bu deneysel tasarımda her katılımcının bir bacağı haftada bir kez, diğer bacağı ise haftada üç kez antrenman yapmış. Böylece her birey kendisinin kontrolü olmuştur. Araştırma iki temel koşulda gerçekleştirilmiştir. Hacmin eşitlendiği direnç antrenmanı koşulunda haftada bir ve üç kez antrenman yapan bacakların toplam antrenman hacmi bilinçli olarak eşitlenmiştir. Hacmin eşitlenmediği direnç antrenmanı koşulunda ise, haftada üç kez antrenman yapan bacağın daha yüksek bir toplam antrenman hacmi uygulamasına izin verilmiştir. Bu iki koşul, sıklığın doğrudan etkisini hacimden ayırarak değerlendirme imkanı sunmuştur. Dokuz hafta boyunca direnç antrenmanlı (ortalama 6.2 ± 4.2 yıl) 24 erkek katılımcı unilateral leg press egzersizi ile direnç antrenmanı gerçekleştirmiştir. Kas hipertrofisi manyetik

rezonans görüntüleme kullanılarak quadriceps femoris kasının kesit alanı üzerinden değerlendirilmiştir. Çalışmanın bulguları, tüm koşullarda başlangıç seviyesine kıyasla kas kesit alanında anlamlı artışlar sağlandığını göstermiştir. Hacmin eşitlendiği antrenman koşulunda, antrenman sıklığının kas hipertrofisi üzerinde anlamlı bir etkisinin bulunmadığı raporlanmıştır. Bu bulgu, toplam haftalık antrenman hacmi eşitlendiğinde, antrenman sıklığını arttırmanın kas hipertrofisi açısından ilave bir fayda sağlamadığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, toplam haftalık antrenman hacminin eşitlenmediği koşulda, haftada üç kez antrenman yapan bacak, haftada bir kez antrenman yapan bacağı kıyasla yaklaşık %17 daha yüksek toplam antrenman hacmi gerçekleştirmiştir. Bu antrenman koşulunda, kas hipertrofisi açısından sonuçlar, haftada üç kez antrenman yapan bacak lehine bulunmuştur. Dolayısıyla bu durum, yüksek sıklığın doğrudan bir avantaj sağlamaktan ziyade, daha fazla toplam hacmi tolere etmeye olanak tanıdığı senaryolarda anlamlı hale geldiğini göstermektedir. Önceki çalışmalarda olduğu gibi bu bulgu da, sıklığın bağımsız bir değişken olarak değil, hacmi arttırmaya dolaylı yoldan hizmet eden bir antrenman değişkeni olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Antrenman sıklığının kas hipertrofisi üzerindeki etkisini inceleyen en güncel ve kapsamlı değerlendirme ise Pellanda vd. (2025) tarafından yakın zamanda gerçekleştirilen meta-regresyon analizidir. Analiz, sağlıklı bireylerde en az dört hafta süren 67 direnç antrenmanı çalışmasından elde edilen ve 2058 katılımcının dahil edildiği verileri içermektedir. Bulgular, haftalık antrenman hacmi eşitlendiğinde, antrenman sıklığının kas hipertrofisi istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde etkilemediğini ortaya koymaktadır. Modeller, teorik olarak çok küçük pozitif eğilimler öngörse de, bu etkiler güvenilirlik aralıkları içinde belirsiz kalmakta ve pratik anlam taşımamaktadır. Bu bulgu, önceki çalışmaları destekler

nitelikte olup hipertrofi açısından kazanımları belirleyici unsur olarak sıklığın değil antrenman hacminin etkili olduğunu vurgulamaktadır.

Mevcut deneysel çalışmalar, derlemeler ve meta-analizler birlikte incelendiğinde, haftalık toplam antrenman hacminin eşitlendiği koşulda bir kas grubunun haftada kaç kez çalıştırıldığına kas hipertrofisi üzerine istatistiksel açıdan anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Bu nedenle, antrenman sıklığının, haftalık hacmi sürdürülebilir ve kaliteli biçimde uygulamaya olanak tanıyan bir antrenman değişkeni olarak değerlendirilmesi gerektiği düşünülebilir. Özellikle yüksek antrenman hacimlerine ulaşmak hedeflendiğinde, antrenman sıklığının artırılması bu hacmin daha iyi tolere edilmesini sağlar ve toparlanmayı arttırabilir. Ancak bu stratejinin bir zorunluluk olmadığı bilinmelidir. Dolayısıyla optimal hipertrofi için tek bir sayısal antrenman sıklığı önermekten ziyade, bireyin toparlanma kapasitesi, zaman yönetimi, antrenman tecrübesi ve kişisel tercihleri doğrultusunda uygun antrenman sıklığı belirlenmelidir.

3. Hacim

Direnç antrenmanı açısından hacim, genellikle bir kas grubunun belirli bir zaman içerisinde maruz kaldığı toplam mekanik iş yükünü ifade etmek için kullanılmaktadır. En sık kullanılan yöntem ise, haftalık kas grubu başına gerçekleştirilen set sayısıdır. Kas hipertrofisi adaptasyonlarının en kritik belirleyicilerinden olarak görülen antrenman hacmi, uzun yıllar boyunca daha fazla hacmin daha fazla hipertrofi geliştireceği varsayımıyla ele alınmıştır. Ancak bu varsayımın geçerliliği, özellikle son zamanlarda yapılan kaliteli çalışmalarda sorgulanmaya başlanmıştır.

Antrenman hacminin kas hipertrofisi üzerindeki etkisini inceleyen ilk kapsamlı değerlendirmelerden biri, Schoenfeld

vd. (2016) tarafından gerçekleştirilen sistematik derleme ve meta-analizdir. Bu çalışmanın bulgularına göre, antrenman hacminin artışı kas hipertrofisindeki gelişimi de kademeli bir şekilde arttırmıştır. Çalışmaya en az altı hafta boyunca direnç antrenmanı uygulayan ve kas hipertrofisini geçerli ve güvenilir yöntemlerle ölçen toplam 15 deneysel çalışma dahil edilmiştir. Haftada uygulanan her ilave set, kas gelişimindeki artışla ilişkili etki büyüklüğünde yaklaşık 0.023'lük bir artışa karşılık gelmiş ve bu durum, pratik açıdan %0.37'lik ilave bir kas kazanımı anlama gelmektedir. Bununla birlikte, aynı çalışmalar içinde yüksek ve düşük hacimli antrenman protokolleri kıyaslandığında, yüksek hacimli programların anlamlı derecede daha fazla kas hipertrofisi sağladığı raporlanmıştır. Bulgular detaylı bir şekilde incelendiğinde, özellikle kas grubu başına haftada 10 set ve üzeri antrenman programlarının daha düşük set sayılarına kıyasla belirgin bir şekilde daha fazla kas gelişimini tetiklediği görülmektedir. Ayrıca özellikle bölgesel kas hipertrofisinin değerlendirilmesinde geçerli ve güvenilir yöntemler olan manyetik rezonans görüntüleme ve ultrason aracılığıyla yapılan ölçümlerin DXA gibi tüm vücut değerlendirmelerine kıyasla hacimdeki artışlara daha duyarlı olduğu vurgulanmıştır. Sonuç olarak, bu meta-analiz, direnç antrenmanı hacmi ile kas hipertrofisi arasında pozitif yönlü ve kademeli bir doz-yanıt ilişkisi bulunduğunu göstermektedir. Optimal kas hipertrofisi elde etmek isteyen bireylerin antrenman programlarında yeterli haftalık set sayısına ulaşmasının kritik olduğu bildirilmektedir. Bununla birlikte bu meta analiz bulgularının büyük ölçüde antrenmansız bireylere dayandığı ve optimal hacmin üst sınırının netleşmediği de yazarlar tarafından ifade edilmiştir.

Bu ilk kapsamlı inceleme, yayımlandıktan sonra diğer araştırmacılar tarafından metodolojik eksiklik nedeniyle eleştirilene maruz kalmıştır. Schoenfeld vd. (2017), bu meta-analize yöneltlen eleştirilere yanıt olarak bir çalışma

yayımlayarak direnç antrenmanı hacmi ve kas hipertrofisi arasındaki doz-yanıt ilişkisinin hala geçerli ve güç olduğunu savunmuştur. Yazarlar, eleştirilerin büyük ölçüde analiz yaklaşımının yanlış anlaşılmasına veya kullanılan istatistiksel modellerin yeterince dikkate alınmamasına dayandığını ifade etmiştir. Sonuç olarak bu çalışma, direnç antrenmanı hacmi arttıkça kas hipertrofisinin de arttığını gösteren bir doz-yanıt ilişkisinin yöntemsel olarak sağlam ve istatistiksel olarak dayanıklı olduğunu ortaya koymaktadır.

Meta-analatik bulguların ardından yine Schoenfeld vd. (2018) tarafından konu incelenmeye devam edilmiştir. Gerçekleştirilen randomize kontrollü çalışmada, direnç antrenmanı tecrübesi olan erkekler düşük (1 set), orta (3 set) ve yüksek (5 set) hacimli antrenmanların kas hipertrofisi üzerindeki etkileri kıyaslanmıştır (Schoenfeld vd., 2018). Sekiz hafta boyunca devam eden ve haftada üç gün gerçekleştirilen çalışmada, tüm antrenman grupları 8-12 tekrar aralığında anlık konsantrik tükenişe kadar antrenman yapmıştır. Çalışmanın bulguları, daha fazla antrenman hacminin daha fazla kas hipertrofisine katkıda bulunduğunu göstermiştir. Özellikle biceps, rectus femoris ve vastus lateralis kaslarına uygulanan yüksek hacimli antrenman programının düşük hacimli antrenman programlarına kıyasla kas kalınlığını arttırmada daha etkili bir yaklaşım olduğu görülmüştür. Triceps kasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülme de, etki büyüklükleri hacim arttıkça kas hipertrofisinin de arttığını gösteren açık bir eğilim ortaya koymuştur. Sonuç olarak, bu çalışma, antrenman deneyimi olan bireylerde optimal kas hipertrofisi kazanımları elde edebilmek için daha yüksek haftalık set sayılarının gerekli olduğunu göstermektedir.

Antrenman hacminin üst sınırına ilişkin tartışmalar, Baz-Valle vd. (2022) tarafından yapılan sistematik derleme ve meta-analiz ile yeni bir boyut kazanmıştır. Meta-analize 6 çalışma dahil edilmiştir. Çalışmada kas grubu başına haftalık

set sayısına göre düşük (<12 set), orta (12-20 set) ve yüksek (>20 set) hacim kıyaslanmıştır. Bulgular, quadriceps femoris ve biceps brachii kasları için orta ile yüksek hacimler arasında hipertrofi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla haftalık kas grubu başına 20 setin üstünde yapılan setlerin ilave bir kazanıma neden olmayabileceğini ve belirli bir noktadan sonra plato etkisinin ortaya çıkabileceğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, triceps brachii kası ile ilgili bulgular incelendiğinde, yüksek hacimli antrenmanların hipertrofi üzerinde daha büyük bir etkisinin olduğu görülmektedir. Yazarlar, triceps brachii kasının çok eklemlı itiş egzersizlerinde çoğunlukla sinerjist olarak görev yapmasının ve bölgesel hipertrofi özellikleri sergilemesinin, bu kas grubunun daha yüksek toplam antrenman hacimlerine daha iyi yanıt vermesinin olası nedenleri arasında yer aldığını belirtmektedir. Bu neden bu çalışma, antrenman hacmi arttıkça hipertrofinin de doğrusal bir şekilde artmaya devam ettiği yönündeki genellemelere temkinli yaklaşılması gerektiğini açıkça göstermektedir. Veriler, optimal hipertrofi kazanımı için kas grubu başına haftalık 12-20 setin çoğu kas için yeterli olabileceğini ortaya koymaktadır.

Buckner vd. (2023) tarafından yayımlanan derleme, antrenmanlı bireylerde hacim-hipertrofi ilişkisine yönelik daha temkinli bir yaklaşım sunmuştur. Bu çalışma, hacim ile kas hipertrofisi arasındaki doz-yanıt ilişkisinin yapılan araştırmalarda sıklıkla olduğundan daha kesinmiş gibi sunulduğunu ileri sürerek, özellikle antrenmanlı bireyler bağlamında bu görüşe eleştirel bir yorum getirmiştir. Çalışma, yüksek antrenman hacminin kas hipertrofisi için birincil itiş güç olduğu yönündeki iddiaları, mevcut kanıtlar ışığında gerçekten ne kadar desteklediğini sorgulamayı amaçlamıştır. Yazarlar, literatürde hacmin önemini desteklemeyen çok sayıda çalışmanın olduğunu vurgulayarak bu çalışmalarda düşük, orta ve yüksek hacimler arasında anlamlı hipertrofi

farklarının bulunmadığını raporlamıştır. Dolayısıyla bu bulgulara dayanarak antrenmanlı bireylerde hacim ile kas büyümesi arasında zorunlu bir doz-yanıt ilişkisi olmadığı ifade edilmiştir. Buna karşın, hacim lehine kanıt sunan çalışmaların ortak bir özelliği olarak, olağandışı derecede büyük kas büyüklükleri rapor edilmesi göze çarpmaktadır. Makalede bunun nedenleri olarak, ölçüm yöntemindeki farklılıklar, kas şişmesi ile gerçek hipertrofinin ayırt edilmesindeki güçlükler ve bazı protokollerin olağanüstü verimliliği gösterilmiştir. Özellikle çok yüksek hacimlerde yapılan antrenmanların, ölçüm zamanlamasına bağlı olarak geçici kas şişmesini gerçek hipertrofi gibi gösterebileceği ihtimali üzerinde durulmaktadır. Sonuç olarak bu derleme, antrenman hacminin kas hipertrofisi üzerinde önemsiz olmadığını, ancak mevcut literatürde bu değişkenin etkisinin muhtemelen abartıldığını savunmaktadır.

En güncel ve kapsamlı değerlendirmelerden biri olan Pelland vd. (2025) tarafından yapılan meta-analiz, haftalık toplam set sayısının kas hipertrofisi üzerindeki etkisini, önceki çalışmaların sınırlılıklarını giderecek şekilde sürekli değişkenler üzerinden (doğrusal ve doğrusal olmayan biçimlerde) meta-regresyonla incelemiştir. Çalışmaya 67 randomize kontrollü deneysel araştırma ve toplam 2058 katılımcı dahil edilmiştir. Çalışma ayrıca “set sayma” yaklaşımına metodolojik bir yenilik getirir; her set, ölçülen sonucun özgüllüğüne göre doğrudan (hedef kas/test egzersizi primer) veya dolaylı (hedef kas/testle ilişkili ama primer değil) olarak sınıflandırılır; ardından dolaylı setlerin katkısını toplam (1.0), kesirli (0.5) ve doğrudan (0.0) biçimlerinde üç farklı yöntemle kantifiye eder. Yazarlar Bayesçi çok düzeyli modellerde “kesirli” yöntemin adaptasyonları öngörmede diğer yöntemlerden daha iyi performans verdiğini rapor etmiştir. Pratik yorum olarak bu, dolaylı setlerin uyarınının ortalama olarak doğrudan setin yaklaşık yarısı kadar sayılmasının daha gerçekçi bir yaklaşım olabileceğini göstermektedir. Haftalık “kesirli set” hacmi ile hipertrofi

arasında pozitif bir ilişki bulunmakla birlikte, en uygun eğri azalan verim gösterir. Yani hacim arttıkça ilave kazançlar sürse de set başına getirisi düşer.

Tüm çalışmalar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, direnç antrenmanı hacmi ile kas hipertrofisi arasındaki ilişkinin basit, doğrusal ve herkes için geçerli bir “ne kadar çok, o kadar” iyi” anlayışıyla açıklanmayacak kadar karmaşık olduğu görünmektedir. Erken dönem çalışmalar, özellikle antrenmansız bireylerde haftalık set sayısının artışıyla birlikte hipertrofi kazanımlarının arttığını ortaya koymuş ve bu doğrultuda haftada ≥ 10 set gibi genel öneriler geliştirilmiştir. Ancak daha güncel ve metodolojik açıdan güçlü çalışmalar, bu ilişkinin azalan verim, kas grubuna özgü yanıtlar ve bireysel farklılıklar gibi önemli bileşenleri içerdiğini göstermektedir. Özellikle antrenman tecrübesi olan bireylerde, belirli bir hacim eşiğinin üzerinde yapılan ilave setleri hipertrofi adaptasyonlarını her zaman arttırmadığı; bazı kas gurplarında plato etkisinin ortaya çıkabildiği ve yüksek hacim lehine rapor edilen bazı bulguların olağandışı büyüklükler nedeniyle dikkatli bir şekilde yorumlanması gerektiği görülmektedir. Ayrıca son zamanlarda Pelland vd. (2025) tarafından yapılan meta-regresyon, hacmin hipertrofi üzerindeki etkisinin pozitif ancak azalan verim gösteren bir eğri izlediğini ortaya koyarak, literatürdeki çelişkili sonuçları uzlaştıran önemli bir çerçeve sunmaktadır. Bu bağlamda, dolaylı setlerin katkısının da hesaba katılması, toplam antrenman hacminin daha gerçekçi değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

Sonuç olarak, mevcut kanıtlar direnç antrenmanı hacminin kas hipertrofisi için gerekli ancak tek başına yeterli olmayan bir değişken olduğunu göstermektedir. Optimal hipertrofi kazanımı için hacmin; kas grubu, antrenman geçmişi, toparlanma kapasitesi, uygulanan egzersizlerin özgüllüğü ve bireysel yanıtlar doğrultusunda bireyselleştirilerek planlanması gerekmektedir. Dolayısıyla modern direnç antrenmanı

programlanmasında kritik soru artık “daha fazla hacim mi?” değil, “hangi birey için, hangi kas grubu için, ne kadar hacim?” sorusu olmalıdır.

4. Şiddet

Direnç antrenmanında şiddet, genellikle 1 tekrar maksimumun yüzdesi olarak ifade edilmektedir. Şiddet kas hipertrofisi adaptasyonunun en belirleyici antrenman değişkenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Özellikle klasik antrenman teorilerinde, optimal hipertrofi gelişimi için orta şiddetli yüklerin etkili olduğu görüşü hakim olmuştur. Ancak son yıllarda yayımlanan randomize kontrollü çalışmalar, sistematik derlemeler ve meta analizler, bu anlayışı önemli ölçüde sorgulamıştır. Bu bağlamda, Lasevicius vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışma, toplam hacim eşitlendiğinde farklı antrenman şiddetlerinin kas hipertrofisini üzerindeki etkilerini inceleyen önemli araştırmalardan birisi olmuştur. Bu araştırmada, direnç antrenmanı tecrübesi olmayan sağlıklı genç erkekler 12 haftalık direnç antrenmanı programını uygulamıştır. Araştırma, denek-içi tasarım kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda her katılımcının bir kolu ve bacağı çok düşük şiddetli (1 tekrar maksimalin %20’si) antrenman yaparken, karşı uzuvları 1 tekrar maksimalin %40, %60 veya %80 şiddetlerinden birine randomize bir şekilde atanmıştır. Araştırmacılar, bu tasarımla bireyler arası farklılıkları minimize etmeyi amaçlamıştır. Ayrıca tüm koşullarda toplam hacim (set x tekrar x yük) eşitlenmiştir. Müdahale sürecinin sonunda tüm şiddet koşullarında hem dirsek fleksörleri hem de vastus lateralis kasında anlamlı enine kesit alanı artışları görülmüştür. Ancak 1 tekrar maksimalin %20’siyle gerçekleştirilen antrenman koşulunda hipertrofi kazanımları diğer koşullara kıyasla düşük düzeyde kalmıştır. Bununla birlikte diğer üç koşulda (1 tekrar maksimalin %40’ı, %60’ı ve %80’i) hipertrofi kazanımları açısından

anlamli farklılık görülmemiştir. Dolayısıyla bu sonuçlar, hacim eşitlendiğinde orta ve yüksek şiddetli antrenman yüklerinin kas hipertrofisi için benzer düzeyde etkili olabileceğini ortaya koymaktadır. Bulgular, hipertrofi için belirleyici olan temel uyaranın yalnızca mutlak yükün olmadığını yeterli mekanik gerilimin önemli olduğunu düşündürmektedir. Bu nedenle, antrenmanın başlıca hedefi kas hipertrofisi olduğunda 1 tekrar maksimalin %40 ile %80'i arasında geniş bir şiddet aralığının etkili biçimde kullanılabileceği, bu sayede merkez yorgunluk ve eklem stresi yönetiminin daha esnek hale getirilebileceği söylenebilir. Ayrıca, çok düşük şiddetli yüklerin (1 tekrar maksimalin %20'si) kas hipertrofisi sağladığı ancak optimal bir kazanım için yetersiz kaldığı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Uzun yıllar boyunca yaygın kabul gören bir diğer varsayım, hızlı kas (Tip II) liflerin yüksek şiddetli yüklere, yavaş kasılan (Tip I) liflerin ise düşük şiddetli ve yüksek tekrarlı yüklere daha iyi yanıt verdiği yönündedir. Bu görüş hem teoride hem de uygulamada yaygın kabul görmüş; hatta program tasarımlarında kas lifi kompozisyonuna dayalı y  k seçimi   nerileri sıklıkla dile getirilmiştir. Ancak bu varsayımın, insanlarda bütün kas düzeyinde deneysel olarak test edildiği çalışmalar olduğ a sınırlıdır.

Schoenfeld ve arkadaşları (2020), bu boşluğu gidermek amacıyla, anatomik ve fizyolojik olarak farklı kas lifi kompozisyonlarına sahip kasların, farklı yükleme protokollerine verdikleri adaptif yanıtları doğrudan karşılaştırmayı hedeflemiştir. Bu kapsamda, alt ekstremitede yer alan ve lif tipi dağılımı belirgin şekilde farklılık gösteren triceps surae kas grubu incelenmiştir. Ağırlıklı olarak Tip I liflerden oluşan soleus kası ile Tip I ve Tip II liflerin karışımına sahip gastrocnemius kaslarının, hafif ve ağır yüklenmelere verdikleri hipertrofik ve kuvvete yönelik yanıtlar değerlendirilmiştir. Çalışma, birey i  i bir tasarımla yürütülmüş ve her katılımcının bir bacağı hafif yük (20–30 tekrar maksimum), diğer bacağı ise ağır yük (6–10

tekrar maksimum) protokolüne rastgele atanmıştır. Sekiz hafta boyunca uygulanan antrenman programında, hem oturarak hem de ayakta calf raise egzersizleri kullanılmış; tüm setler anlık konsantrik kas yetmezliğine kadar gerçekleştirilmiştir. Bu metodolojik yaklaşım, efor düzeyinin her iki koşulda da yüksek tutulmasını sağlayarak, yük büyüklüğünün bağımsız etkisini daha net biçimde ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, çalışmanın başlangıç hipotezlerini desteklememiştir. Hafif ve ağır yük koşulları arasında, ne soleus ne de gastrocnemius kaslarında anlamlı bir hipertrofi farkı saptanmıştır. Yavaş kasılan liflerden zengin soleus kasının hafif yük protokolüne, karışık lifli gastrocnemius kaslarının ise ağır yük protokolüne daha iyi yanıt vereceği yönündeki varsayım geçerlilik kazanmamıştır. Aksine, her iki yükleme stratejisi de incelenen tüm kaslarda benzer düzeyde kas kalınlığı artışı sağlamıştır. Koşullar arasındaki mutlak farkların son derece küçük olması, bu farklılıkların pratik anlam taşımadığını göstermektedir. Bu bulgular, kas hipertrofisinin yalnızca lif tipi kompozisyonuna bağlı olarak yönlendirilemeyeceğini güçlü biçimde ortaya koymaktadır. Setlerin yüksek eforla ve kas tükenişine yakın veya ulaşarak gerçekleştirilmesi durumunda, geniş bir yük spektrumunda benzer hipertrofik adaptasyonların elde edilebildiği görülmektedir. Dolayısıyla, kasın anatomik ve fizyolojik özellikleri tek başına, hangi şiddetin daha “uygun” olduğunu belirleyen bir kriter olarak değerlendirilemez. Çalışmanın dikkat çekici bir diğer bulgusu, yük koşulundan bağımsız olarak kaslar arasında gözlenen hipertrofi farklılıklarıdır. Lateral gastrocnemius kası, hem soleus hem de medial gastrocnemius kasına kıyasla daha fazla büyüme göstermiştir. Bu durum, hipertrofik yanıtın yalnızca lif tipi dağılımı ile değil; kasın günlük aktivasyon düzeyi, mekanik avantajları, mimari özellikleri ve antrenmanla maruz kaldığı yeni uyarının büyüklüğü gibi lif tipi dışındaki faktörlerle de ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Sonuç

olarak, Schoenfeld ve arkadaşlarının (2020) bulguları, direnç antrenmanında şiddetin kas lifi kompozisyonuna göre “özelleştirilmesi” gerektiği yönündeki geleneksel yaklaşımı sorgulamaktadır. Elde edilen kanıtlar, kas hipertrofisi açısından belirleyici unsurun kullanılan spesifik yükten ziyade, yeterli eforun sağlanması olduğunu göstermektedir. Hafif ve ağır yükler, uygun şekilde programlandığında ve setler yüksek eforla uygulandığında, benzer adaptif yanıtlar oluşturabilmektedir. Bu çalışma, şiddet kavramının kitap bölümünüzde, kas lifi tipi merkezli deterministik bir bakış açısından ziyade, efor ve uygulama koşullarıyla birlikte ele alınması gerektiğini güçlü biçimde desteklemektedir.

Lopez vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen sistematik derleme ve meta-analiz, bu tartışmayı geniş bir kanıt havuzu üzerinden ele alarak, şiddetin adaptif yanıtlar üzerindeki etkisini daha net biçimde ortaya koymayı amaçlamıştır. Bu çalışma, PRISMA yönergelerine uygun şekilde yürütülmüş ve toplamda 5924 çalışmanın taranmasının ardından, belirlenen dahil edilme kriterlerini karşılayan 28 deneysel araştırma analiz kapsamına alınmıştır. Meta-analiz, 747 sağlıklı erkek ve kadın katılımcının verilerini içermekte olup, katılımcıların büyük çoğunluğu antrenmansız bireylerden oluşmaktadır. İncelenen müdahalelerin ortalama süresi yaklaşık dokuz hafta olup, yüklenmeler düşük (> 15 tekrar maksimum), orta (9–15 tekrar maksimum) ve yüksek (≤ 8 tekrar maksimum) olmak üzere üç ana kategori altında sınıflandırılmıştır. Meta-analizin en güçlü ve dikkat çekici bulgusu, kas hipertrofisinin kullanılan yükten büyük ölçüde bağımsız olduğudur. İstemli tükeniş kadar yapılan direnç antrenmanlarında, düşük, orta ve yüksek yükler arasında kas büyümesi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Yüksek yüke karşı düşük yük, orta yüke karşı düşük yük ve yüksek yüke karşı orta yük karşılaştırmalarının hiçbirinde hipertrofi açısından üstünlük gösterilememiştir. Bu sonuçlar, yalnızca düşük yanlılık riski

taşıyan çalışmaların dahil edildiği alt grup analizlerinde dahi değişmemiştir. Bu bulgu, kas hipertrofisinin temel belirleyicisinin mutlak yükten ziyade, kasın yeterli düzeyde uyarılması olduğunu düşündürmektedir. Setlerin tükenişe kadar götürülmesi, yük ne olursa olsun yüksek eşik motor ünitelerin devreye girmesini sağlamakta ve sonuçta benzer hipertrofik uyaranlar oluşturabilmektedir. Dolayısıyla, hipertrofi açısından bakıldığında, şiddet tek başına belirleyici bir değişken olarak değerlendirilemez. Meta-regresyon analizleri, hipertrofik yanıtı etkileyen iki önemli faktörü ortaya koymuştur. Bunlardan ilki antrenman durumudur. Antrenmansız bireyler, daha önce direnç antrenmanı deneyimi olan bireylere kıyasla anlamlı derecede daha fazla kas büyümesi göstermiştir. Bu durum, antrenman adaptasyonlarında yaygın olarak kabul edilen “azalan verimler” ilkesiyle uyumludur. İkinci faktör ise seans sayısıdır. Özellikle antrenman geçmişi olan bireylerde, daha fazla antrenman seansı (dolayısıyla daha yüksek toplam hacim), daha üstün hipertrofi kazanımlarıyla ilişkili bulunmuştur. Bu sonuç, deneyimli bireylerde yükten ziyade hacmin giderek daha kritik bir rol oynadığını düşündürmektedir. Lopez vd. (2020) tarafından yapılan meta-analiz, direnç antrenmanında şiddetin rolünü net bir çerçeveye oturtmaktadır. Kas hipertrofisi açısından bakıldığında, yükün büyüklüğünden ziyade setlerin yüksek eforla uygulanması ve yeterli hacmin sağlanması ön plana çıkmaktadır. Bu bulgular, önceki deneysel çalışmalarla tutarlı bir şekilde, “yükten bağımsız hipertrofi – yüke bağımlı güç” paradigmasını desteklemektedir.

Lacio vd. (2021) tarafından gerçekleştirilen sistematik derleme, düşük, orta ve yüksek yüklerle yapılan direnç antrenmanlarının, antrenmansız ve antrenmanlı sağlıklı yetişkin erkeklerde kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini karşılaştırarak bu konuya önemli bir açıklık getirmeyi amaçlamıştır. PRISMA yönergelerine uygun olarak yürütülen derlemede, Embase, PubMed ve Web of Science veritabanları taranmış ve toplam

563 katılımcıyı içeren 23 randomize deneysel çalışma nitel senteze dahil edilmiştir. Katılımcıların büyük bir kısmı antrenmansız bireylerden oluşmakta, daha küçük bir bölüm ise rekreasyonel düzeyde direnç antrenmanı deneyimine sahip erkeklerden meydana gelmektedir. Çalışmaların metodolojik kalitesinin genel olarak orta ile yüksek düzeyde olması, elde edilen bulguların güvenilirliğini desteklemektedir. Bulgular incelendiğinde incelenen çalışmaların çoğu, antrenman setleri kas tükenişine kadar gerçekleştirildiğinde, düşük, orta ve yüksek yükler arasında kas büyümesi açısından anlamlı farklar bulunmadığını göstermiştir. Bu sonuç, 1 tekrar maksimalin yaklaşık %30 ila %90'u gibi geniş bir yük spektrumunun kas hipertrofisini tetikleyebileceğini ortaya koymaktadır. Düşük yüklerle yapılan antrenmanların yüksek yüklerle benzer hipertrofik kazanımlar sağlamasında kritik faktör, setlerin kas tükenişine kadar sürdürülmesidir. Yorgunluğun ilerlemesiyle birlikte daha fazla motor ünitenin devreye girmesi, düşük yüklerde dahi yüksek eşik motor ünitelerin uyarılmasını mümkün kılmakta ve böylece yüksek yüklerle elde edilen hipertrofik uyaranlara benzer bir fizyolojik ortam oluşturmaktadır. Bununla birlikte, derleme hipertrofi için bir “minimum etkili yük” eşiğinin varlığına da işaret etmektedir. Özellikle 1 tekrar maksimalin %20'si gibi çok düşük yüklerle yapılan antrenmanların, toplam hacim eşitlense dahi, daha yüksek yüklerle karşılaştırıldığında suboptimal hipertrofik yanıtlar oluşturduğu bildirilmiştir. Bu bulgu, kas büyümesini maksimize etmek için belirli bir mekanik gerilim düzeyinin aşılması gerektiğini düşündürmektedir. Kas lifi tiplerine özgü adaptasyonlar açısından ise kanıtların henüz net olmadığı vurgulanmaktadır. Bazı çalışmalar yüksek yüklerin Tip II liflerde daha fazla büyümeyi tetikleyebileceğini öne sürerken, diğerleri kas tükenişine kadar yapılan düşük ve yüksek yüklerin tüm lif tiplerinde benzer hipertrofik yanıtlar oluşturduğunu göstermektedir. Bu durum, lif tipi temelli

yük seçimi yaklaşımlarının güçlü deneysel destekten yoksun olduğunu düşündürmektedir. Sonuç olarak bu derleme, şiddetin direnç antrenmanı programlamasında tek başına belirleyici bir değişken olmadığını; hedeflenen adaptasyon, bireyin antrenman durumu ve uygulanan efor düzeyi ile birlikte ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bu bulgular, önceki deneysel çalışmalar ve meta-analizlerle tutarlı biçimde, “hipertrofi için yükten bağımsızlık” yaklaşımını destekleyen güçlü bir kanıt seti sunmaktadır.

Direnç antrenmanında şiddetin (yükün) adaptif yanıtlar üzerindeki rolü, özellikle antrenman deneyimi olan bireylerde daha karmaşık bir yapı sergilemektedir. Antrenmansız bireylerde geniş bir yük aralığının hem kas kuvveti hem de hipertrofiyi arttırabildiği yaygın olarak gösterilmiş olsa da, antrenmanlı popülasyonlarda yük-adaptasyon ilişkisi daha seçici ve özgül bir karakter kazanmaktadır. Cumming vd. (2025) tarafından gerçekleştirilen çalışma, bu bağlamda önemli bir boşluğu doldurarak, düşük yüklü ve yüksek yüklü direnç antrenmanlarının, antrenmanlı bireylerde kas kuvveti ve kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini ayrıntılı biçimde incelemiştir. Bu çalışmanın ayırt edici yönü, katılımcıların en az iki yıllık direnç antrenmanı geçmişine sahip olması ve biyolojik değişkenliği minimize etmek amacıyla denek içi bir tasarımın kullanılmasıdır. Her katılımcının bir bacağı düşük yüklü (20–25 tekrar; ~1 tekrar maksimalin %40-60’ı), diğer bacağı ise yüksek yüklü (3–5 tekrar; 1 tekrar maksimalin %90-95’i) protokole atanmış ve tüm setler istemli tükenişe kadar gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşım, yük büyüklüğünün etkisini, bireyler arası farklılıklardan bağımsız olarak değerlendirme imkânı sağlamıştır. Çalışmanın en dikkat çekici bulgularından biri, kas kuvveti kazanımlarının egzersizin yapısına bağlı olarak farklılaşmasıdır. Çok eklemlili bir egzersiz olan leg press’te, düşük ve yüksek yüklü antrenmanlar arasında maksimal kuvvet artışı açısından anlamlı bir fark

bulunmamıştır. Her iki protokol de yaklaşık %21 oranında benzer kuvvet kazanımları sağlamıştır. Bu bulgu, çok eklemli hareketlerde kuvvet gelişiminin yalnızca mutlak yüke değil, genel nöromüsküler koordinasyon ve yüksek efor düzeyine de güçlü biçimde bağlı olduğunu düşündürmektedir. Buna karşılık, tek eklemli ve daha izole bir hareket olan leg extension egzersizinde, yüksek yüklü antrenman açık bir üstünlük göstermiştir. Yüksek yüklü protokol, anlamlı bir maksimal kuvvet artışı sağlarken, düşük yüklü protokol bu egzersizde kuvvet kazanımı oluşturamamıştır. Bu sonuç, maksimal kuvvetin özellikle izole hareketlerde yük özgüllüğüne daha sıkı bağlı olduğunu göstermekte ve “kuvvet adaptasyonlarının teste ve harekete özgü olduğu” yönündeki literatürle güçlü bir uyum sergilemektedir. Kas hipertrofisi açısından değerlendirildiğinde ise, çalışma literatürde giderek güçlenen “yükten bağımsız hipertrofi” paradigmasını desteklemektedir. Ultrason ile ölçülen kas kalınlığı verileri, hem düşük yüklü hem de yüksek yüklü antrenmanların vastus lateralis kasında benzer düzeyde hipertrofiye yol açtığını göstermiştir. Ortalama %7–8 civarındaki bu artışlar, iki yükleme stratejisinin de kas büyümesini tetiklemek için yeterli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu, antrenmanlı bireylerde dahi, setler istemli tükenişe kadar yapıldığında, kas hipertrofisinin geniş bir tekrar ve yük aralığında gerçekleşebileceğini göstermesi açısından önemlidir. Özellikle düşük yüklü protokole toplam antrenman hacminin (kaldırılan toplam ağırlık) yüksek yüklü protokole kıyasla belirgin şekilde daha fazla olmasına rağmen, nihai hipertrofik yanıtın benzer olması, hipertrofinin tek bir değişkene indirgenemeyecek kadar çok faktörlü bir adaptasyon olduğunu düşündürmektedir. Çalışmanın özgün katkılarından biri, hipertrofinin hem makroskobik (kas kalınlığı) hem de mikroskobik (kas lifi kesit alanı) düzeyde değerlendirilmiş olmasıdır. Ultrason ölçümleri kas büyümesini açıkça gösterirken, kas biyopsileriyle değerlendirilen lif

kesit alanlarında (Tip I ve Tip II) anlamlı bir artış tespit edilmemiştir. Bu durum, literatürde sıkça tartışılan ölçüm yöntemleri arasındaki tutarsızlığa işaret etmektedir. Yazarlar, bu bulguyu biyopsi örnekleme sınırlı temsiliyetine, küçük örneklem büyüklüğüne ve lif boyutlarındaki yüksek biyolojik değişkenliğe bağlamaktadır. Buna karşın, her iki yükleme protokolünün de Tip I liflerle ilişkili uydu hücre sayısını artırmış olması, kas büyümesinin erken hücre sel sinyallerinin yükten bağımsız olarak aktive edilebildiğini göstermektedir. Miyonükleus sayısında bir artış gözlenmemesi ise, katılımcıların kas liflerinin henüz “miyonükleer ekleme” gerektirecek bir büyüklük eşiğine ulaşmamış olabileceğini düşündürmektedir.

Direnç antrenmanında şiddetin kas hipertrofisi üzerindeki rolüne ilişkin güncel kanıtlar birlikte değerlendirildiğinde, bu değişkenin klasik antrenman teorilerinde öne sürüldüğü gibi tek başına belirleyici bir unsur olmadığı görülmektedir. Kas hipertrofisi, dar ve sabit bir “optimal şiddet aralığına” bağımlı olmaktan ziyade, kasın maruz kaldığı mekanik gerilimin yeterliliği ve uygulanan efor düzeyi ile daha yakından ilişkilidir. Belirli bir minimum mekanik gerilim eşiği aşıldığında, orta ve yüksek şiddetli yükler arasında hipertrofik yanıt açısından belirgin bir üstünlük ortaya çıkmamaktadır. Bu çerçevede, mutlak yük büyüklüğü tek başına hipertrofiyi açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Çok düşük şiddetli yükler kas büyümesini tetikleyebilse de, optimal adaptasyonlar için genellikle suboptimal görünmektedir. Buna karşılık, yeterli eforla uygulandığında geniş bir yük spektrumu benzer hipertrofik uyarılar oluşturabilmektedir. Dolayısıyla hipertrofi açısından kritik olan unsur, “ne kadar ağır”dan çok, yükün kas için ne ölçüde zorlayıcı olduğu ve setlerin hangi efor düzeyinde gerçekleştirildiğidir. Ayrıca, kas lifi kompozisyonuna dayalı yük seçimi yaklaşımının da güçlü bir deneysel temele sahip olmadığı anlaşılmaktadır. Yavaş ya da hızlı kasılan lif

dağılımının, hangi şiddetin daha uygun olduğunu tek başına belirlediğini söylemek mümkün değildir. Hipertrofik yanıt; kas mimarisi, günlük aktivasyon düzeyi, antrenman geçmişi, yükün yeniliği ve toplam antrenman uyarısının niteliği gibi çok sayıda faktörün etkileşimiyle şekillenmektedir. Sonuç olarak, kas hipertrofisi bağlamında şiddet, katı sınırlarla tanımlanan bir değişken olmaktan ziyade esnek biçimde düzenlenebilen bir parametre olarak ele alınmalıdır. Bu esneklik, antrenman planlamasında eklem sağlığı, merkezi yorgunluk yönetimi, bireysel tolerans ve uzun vadeli sürdürülebilirlik gibi pratik unsurların daha fazla dikkate alınmasına olanak tanımaktadır. Şiddet, kas hipertrofisini tek başına belirleyen bir faktör değil; hacim, efor ve bireysel özelliklerle birlikte anlam kazanan bir antrenman değişkenidir.

5. Dinlenme Aralığı

Direnç antrenmanında setler arası dinlenme aralığı, kasın bir sonraki sete fizyolojik ve nöromusküler olarak hazırlanabilmesi için geçen süreyi ifade eder. Bu değişken; fosfokreatin yeniden sentezi, metabolit uzaklaştırılması, sinirsel toparlanma ve performansın sürdürülebilirliği üzerinde doğrudan etkilidir. Buna karşın, antrenman literatüründe uzun yıllar boyunca dinlenme aralığı, yoğunluk ve hacim gibi değişkenlere kıyasla ikincil bir faktör olarak değerlendirilmiş; özellikle hipertrofi söz konusu olduğunda kısa dinlenme sürelerinin daha “anabolik” olduğu varsayılmıştır.

Setler arası dinlenme süresi, direnç antrenmanına bağlı kas hipertrofisini etkileyebilecek önemli antrenman değişkenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Uzun yıllar boyunca, özellikle kısa dinlenme sürelerinin (yaklaşık 30–60 saniye) kas hipertrofisini maksimize ettiği yönündeki görüş yaygın kabul görmüştür. Bu yaklaşımın temelinde, kısa dinlenme aralıklarının büyüme hormonu başta olmak üzere bazı anabolik hormonlarda daha yüksek akut artışlara yol

açtığına dair gözlemler yer almaktadır. Ancak Henselmans ve Schoenfeld (2014), bu varsayımın uzun vadeli kas hipertrofisi açısından geçerliliğini eleştirel biçimde değerlendirmiştir. Yazarlar, doğrudan kas büyümesini ölçen uzun süreli antrenman çalışmalarını inceleyerek, kısa dinlenme sürelerinin hipertrofi açısından üstün olduğuna dair güçlü bir kanıt bulunmadığını ortaya koymuştur. Aksine, mevcut çalışmaların önemli bir kısmı, daha uzun dinlenme sürelerinin (yaklaşık 2–3 dakika veya daha fazla), toplam antrenman hacmini korumaya veya arttırmaya olanak tanıyarak kas hipertrofisi açısından en az kısa dinlenmeler kadar, bazı durumlarda ise daha etkili olabileceğini göstermektedir. Kısa dinlenme süreleri, artan yorgunluk nedeniyle setler arasında kullanılan yükün ve tekrar sayısının azalmasına yol açabilmekte; bu durum da hipertrofinin temel belirleyicilerinden biri olan toplam mekanik uyarıyı sınırlayabilmektedir. Yazarlar ayrıca, kısa dinlenme süreleriyle gözlenen akut hormonal yanıtların (örneğin büyüme hormonu artışı) kas hipertrofisiyle doğrudan ilişkili olmadığına dikkat çekmektedir. Literatürde, egzersiz sonrası hormonlardaki geçici artışların uzun vadeli kas büyümesini öngörmediğini gösteren bulguların giderek güçlendiği vurgulanmaktadır. Dahası, kısa dinlenme süreleri yalnızca anabolik olduğu varsayılan hormonları değil, aynı zamanda katabolik stres göstergelerini (örneğin kortizol) de arttırabilmektedir. Bu durum, toparlanma süreçlerini olumsuz etkileyerek uzun vadede antrenman kalitesini düşürebilir. Henselmans ve Schoenfeld (2014), kas hipertrofisi açısından dinlenme süresinin tek başına belirleyici bir değişken olarak ele alınmasının uygun olmadığını belirtmektedir. Dinlenme sürelerinin etkisi, büyük ölçüde antrenman sırasında hedeflenen yüklerin, tekrar sayılarının ve efor düzeyinin sürdürülebilirliği üzerinden dolaylı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, hipertrofi hedefli antrenmanlarda kısa dinlenme sürelerinin zorunlu olmadığı; aksine, kullanılan yükün büyüklüğü ve egzersizin teknik gereksinimleri dikkate

alınarak daha uzun dinlenme sürelerinin tercih edilebileceği ifade edilmektedir. Sonuç olarak bu çalışma, kas hipertrofisini maksimize etmek için evrensel olarak kısa dinlenme süreleri önerilmesi yönündeki geleneksel yaklaşımı sorgulamakta ve dinlenme süresinin, toplam antrenman hacmini ve mekanik gerilimi koruyacak şekilde esnek ve bağlama özgü olarak düzenlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, direnç antrenmanı programlamasında setler arası dinlenmenin, hormonal yanıtları manipüle etmeye yönelik bir araçtan ziyade, antrenman kalitesini ve sürdürülebilirliği destekleyen bir değişken olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Setler arası dinlenme süresinin kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini inceleyen Schoenfeld vd. (2015), direnç antrenmanı deneyimine sahip bireylerde kısa (1 dakika) ve uzun (3 dakika) dinlenme aralıklarının kas büyümesine yol açan adaptasyonları nasıl etkilediğini değerlendirmiştir. Çalışma, hipertrofi antrenmanlarında kısa dinlenme sürelerinin daha etkili olduğu yönündeki yaygın görüşü test etmeyi amaçlamıştır. Sekiz hafta süren müdahale boyunca katılımcılar, 8–12 tekrar maksimum aralığında ve kas tükenişine kadar uygulanan tam vücut direnç antrenman programını takip etmiştir. Gruplar arasında tek fark, setler arasındaki dinlenme süresi olmuştur. Kas hipertrofisi, dirsek fleksörleri, triceps brachii ve kuadriseps femoris kaslarının ultrason ile ölçülen kas kalınlığı değişimleri üzerinden değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, kısa dinlenme sürelerinin hipertrofi açısından üstün olduğu yönündeki varsayımı desteklememiştir. Aksine, daha uzun dinlenme süresi uygulayan grupta, özellikle kuadriseps kasında kas kalınlığı artışı kısa dinlenme grubuna kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Triceps brachii ve dirsek fleksörlerinde gruplar arasındaki farklar bazı kaslarda istatistiksel anlamlılığa ulaşmasa da, etki büyüklükleri tutarlı biçimde uzun dinlenme grubunu desteklemiştir. Vastus lateralis kasında ise her iki grupta benzer düzeyde

hipertrofik artışlar gözlenmiştir. Bu sonuçlar, kısa dinlenme sürelerinin oluşturduğu yüksek metabolik stresin, uzun vadeli kas hipertrofisi için tek başına yeterli veya üstün bir uyaran olmadığını düşündürmektedir. Daha uzun dinlenme aralıkları, setler arasında toparlanmayı arttırarak daha yüksek tekrar sayılarını ve daha yüksek yükleri sürdürmeye olanak tanımış; bu durum da toplam mekanik gerilimin korunmasına katkı sağlamıştır. Yazarlar, gözlenen hipertrofik üstünlüğün temel mekanizmasının, uzun dinlenme süreleri sayesinde antrenman kalitesinin ve efektif hacmin daha iyi sürdürülebilmesi olduğunu öne sürmektedir. Sonuç olarak bu çalışma, kas hipertrofisi açısından kısa dinlenme sürelerinin zorunlu veya optimal olduğu yönündeki geleneksel yaklaşımı sorgulamakta; özellikle direnç antrenmanı deneyimi olan bireylerde, setler arasında daha uzun dinlenme sürelerinin kas büyümesini destekleyen daha elverişli bir ortam sağlayabileceğini ortaya koymaktadır.

Setler arası dinlenme süresinin kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini inceleyen Grgic vd. (2017), kısa (≤ 60 saniye) ve uzun (> 60 saniye) dinlenme aralıklarının uzun vadeli kas büyümesi üzerindeki etkilerini değerlendiren mevcut deneysel kanıtları sistematik biçimde ele almıştır. Bu derleme, kısa dinlenme aralıklarının oluşturduğu daha yüksek akut hormonal yanıtlar nedeniyle hipertrofi açısından üstün olduğu yönündeki geleneksel görüşün geçerliliğini sorgulamayı amaçlamıştır. PRISMA yönergelerine uygun olarak yürütülen derlemede, dahil edilme kriterlerini karşılayan altı deneysel çalışma analiz edilmiştir. Bu çalışmalar toplam 115 katılımcıyı içermekte olup, katılımcıların büyük çoğunluğu antrenmansız bireylerden oluşmaktadır. Müdahale süreleri ortalama sekiz hafta civarında olup, kas hipertrofisi farklı ölçüm yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Kısa dinlenme aralıkları 20–60 saniye, uzun dinlenme aralıkları ise 80–240 saniye arasında değişmektedir. Derlemenin temel bulguları, kısa ve

uzun setler arası dinlenme sürelerinin kas hipertrofisi açısından genel olarak benzer etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Yüzde değişimlerin karşılaştırıldığı analizlerde, uzun dinlenme aralıkları lehine sayısal olarak daha yüksek hipertrofik artışlar gözlenmiş olsa da, bu farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu durum, dinlenme süresinin tek başına kas hipertrofisini belirleyen bağımsız bir değişken olmadığını düşündürmektedir. Bununla birlikte, derleme uzun dinlenme aralıklarının dolaylı avantajlarına dikkat çekmektedir. Daha uzun dinlenme süreleri, setler arasında daha iyi toparlanmaya olanak tanıyarak sonraki setlerde daha yüksek yüklerin ve tekrar sayılarının sürdürülebilmesini sağlamaktadır. Bu durum, kas hipertrofisinin temel belirleyicilerinden biri olan toplam antrenman hacminin korunmasına veya artırılmasına katkıda bulunabilir. Özellikle direnç antrenmanı deneyimi olan bireylerde, daha uzun dinlenme sürelerinin daha yüksek hacimlerle çalışmaya imkân tanıdığı ve bu sayede hipertrofik adaptasyonların desteklenebileceği öne sürülmektedir. Yazarlar ayrıca, kısa dinlenme sürelerinin artırdığı metabolik stresin kas hipertrofisine katkı sağlayabilecek bir mekanizma olmakla birlikte, bu mekanizmanın tek başına daha üstün bir kas büyümesi garantisi sunmadığını vurgulamaktadır. Nitekim, egzersiz sonrası gözlenen akut hormonal artışların uzun vadeli hipertrofi ile güçlü bir ilişkisi olmadığına dair kanıtlar, kısa dinlenme aralıklarının üstünlüğü yönündeki argümanı zayıflatmaktadır. Sonuç olarak, Grgic vd (2017) tarafından yapılan sistematik derleme, kas hipertrofisi açısından kısa ve uzun setler arası dinlenme süreleri arasında net ve tutarlı bir üstünlük bulunmadığını ortaya koymaktadır. Hipertrofik adaptasyonlar açısından belirleyici olan temel unsur, dinlenme süresinin uzunluğundan ziyade, bu sürenin antrenman hacmini ve mekanik gerilimi sürdürebilecek şekilde ayarlanmasıdır. Bu nedenle, setler arası dinlenme sürelerinin kas hipertrofisini maksimize etmek amacıyla bağlama, bireysel özelliklere ve

kullanılan yüklerin gereksinimlerine göre esnek biçimde düzenlenmesi gerektiği sonucuna varılmaktadır.

Setler arası dinlenme süresinin kas hipertrofisi üzerindeki etkileri çoğunlukla uzun vadeli kas kütlesi ölçümleri üzerinden değerlendirilse de, bazı çalışmalar bu ilişkiyi dolaylı belirleyiciler üzerinden ele almaktadır. Simao vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen bu çalışma, sabit dinlenme süresi ile bireyin kendi belirlediği dinlenme süresinin antrenman hacmi üzerindeki etkilerini inceleyerek, hipertrofiyle yakından ilişkili olan antrenman hacmi ve performans sürdürülebilirliği açısından önemli çıkarımlar sunmaktadır. Araştırmada direnç antrenmanı deneyimi olan bireyler, sekiz hafta boyunca aynı antrenman programını uygulamış; gruplar yalnızca setler arasındaki dinlenme stratejisi bakımından farklılaştırılmıştır. Kişisel tercihe bağlı dinlenme süresi uygulayan grupta, setler arasında daha uzun dinlenmeler tercih edilmiş ve bu durum akut olarak tüm egzersizlerde anlamlı derecede daha fazla tekrar yapılmasına, dolayısıyla daha yüksek toplam antrenman hacmine yol açmıştır. Sabit ve görece kısa dinlenme süresi uygulayan grupta ise toplam hacim daha düşük kalmıştır. Buna karşın, çalışma süresinin sonunda iki grup arasında kuvvet kazanımları açısından anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Hipertrofiye özgü doğrudan ölçümler (örneğin kas kalınlığı, kas kesit alanı veya yağsız kütle) yapılmamış olsa da, elde edilen bulgular, daha yüksek akut antrenman hacminin kısa vadede mutlaka daha büyük adaptasyonlara yol açmayabileceğini düşündürmektedir. Bu durum, hipertrofi açısından kritik olan toplam hacmin yalnızca tek bir seans veya kısa bir zaman diliminde değil, uzun vadeli ve sürdürülebilir biçimde değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bu çalışma, setler arası dinlenme süresinin kas hipertrofisini doğrudan belirleyen bir değişken olmaktan ziyade, antrenman hacmini ve performans kalitesini dolaylı olarak düzenleyen bir araç olduğunu desteklemektedir. Kişisel tercihe bağlı daha

uzun dinlenme süreleri, daha yüksek hacimlerle çalışmaya olanak tanıyabilse de, bu hacmin hipertrofik adaptasyona dönüşebilmesi için yeterli müdahale süresi ve uygun toplam antrenman bağlamı gereklidir. Sonuç olarak, Simao vd. (2020) çalışması, setler arası dinlenme süresinin kas hipertrofisi üzerindeki etkilerinin dolaylı mekanizmalar üzerinden şekillendiğini; dinlenme stratejilerinin antrenman hacmini arttırabilse bile, bu artışın hipertrofik kazanımlara dönüşmesinin zamana ve programın bütününe bağlı olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, dinlenme sürelerinin hipertrofi hedefli programlamada katı reçetelerle değil, bireysel ve bağlamsal faktörler dikkate alınarak ele alınması gerektiğini desteklemektedir.

Setler arası dinlenme süresinin kas hipertrofisi üzerindeki etkileri sıklıkla tartışılrsa da, bu ilişkinin çoğu çalışmada toplam antrenman hacmi ile iç içe geçtiği görülmektedir. Longo vd. (2020), bu metodolojik sorunu doğrudan ele alarak, dinlenme aralığının mı yoksa toplam hacim yükünün mü kas hipertrofisini belirlediğini net biçimde ortaya koymayı amaçlamıştır. Bu doğrultuda çalışma, yüksek şiddetli (1 tekrar maksimalin %80'i) direnç antrenmanı sırasında farklı dinlenme süreleri kullanıldığında, hacim yükü eşitlendiğinde ve eşitlenmediğinde hipertrofik yanıtların nasıl değiştiğini incelemiştir. On hafta süren müdahale boyunca, katılımcıların quadriseps kasları manyetik rezonans görüntüleme ile değerlendirilmiş ve kas hipertrofisi doğrudan kas kesit alanındaki değişimler üzerinden ölçülmüştür. Bulgular, kas büyümesinin setler arası dinlenme süresinden bağımsız olarak, toplam hacim yüküyle güçlü biçimde ilişkili olduğunu açıkça göstermiştir. Daha yüksek hacim yüküyle çalışan koşullarda, dinlenme süresi ister 1 dakika ister 3 dakika olsun, quadriseps kas kesit alanındaki artışlar yaklaşık iki kat daha fazla gerçekleşmiştir. Buna karşılık, daha düşük hacim yüküyle çalışılan koşullarda, dinlenme süresi uzatılmış olsa dahi hipertrofik kazanımlar sınırlı kalmıştır. Bu

sonuçlar, kısa veya uzun dinlenme aralıklarının hipertrofiyi doğrudan belirleyen bağımsız bir değişken olmadığını; aksine, dinlenme süresinin yüksek toplam hacim yüküne ulaşmayı kolaylaştıran bir araç olarak işlev gördüğünü ortaya koymaktadır. Uzun dinlenme süreleri, daha az setle daha yüksek hacme ulaşmayı mümkün kılarken; kısa dinlenme süreleri, aynı hacme ulaşmak için daha fazla set gerektirmektedir. Ancak nihai hipertrofik yanıt açısından belirleyici olan, dinlenme süresinin kendisi değil, ulaşılan toplam mekanik iş miktarıdır. Dolayısıyla bu çalışma, kas hipertrofisini maksimize etmek için kısa dinlenme aralıklarının metabolik stres yoluyla üstünlük sağladığı yönündeki geleneksel görüşe güçlü bir karşı argüman sunmaktadır. Çalışmanın bulguları, hipertrofi bağlamında temel uyarının mekanik gerilimin bir yansıması olan hacim yükü olduğunu ve dinlenme süresinin bu hedefe hizmet eden ikincil bir değişken olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Sonuç olarak, kas hipertrofisi açısından setler arası dinlenme süresi bir amaç değil, yüksek ve sürdürülebilir bir toplam hacim yüküne ulaşmayı sağlayan stratejik bir araçtır. Bu yaklaşım, dinlenme aralıklarının sabit reçetelerle değil; bireyin performansı, toparlanma kapasitesi ve hedeflenen hacim doğrultusunda esnek biçimde planlanması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Setler arası dinlenme süresinin kas hipertrofisi üzerindeki etkisini, toplam hacim-yük eşitliği koşulunda inceleyen Attarieh vd. (2025), dinlenme süresinin bağımsız bir belirleyici olup olmadığını test etmeyi amaçlamıştır. Bu doğrultuda, çok kısa (20 saniye) ve uzun (2 dakika) dinlenme aralıkları, toplam tekrar sayısı ve yük yoğunluğu eşitlenmiş koşullar altında karşılaştırılmıştır. Böylece, dinlenme süresinin etkisi, hipertrofi için kritik bir değişken olan toplam mekanik işten ayrıştırılmıştır. On hafta süren müdahale sonunda, manyetik rezonans görüntüleme ile ölçülen quadriceps kas kesit alanı değişimleri, iki dinlenme koşulu arasında istatistiksel olarak

anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. Hem 20 saniyelik hem de 2 dakikalık dinlenme protokolleri, toplam quadriseps kasında ve alt bölümlerinde (rektus femoris ve vastii grubu) benzer düzeyde hipertrofik artışlar oluşturmuştur. Eşdeğerlik analizleri, kas kesit alanındaki değişimlerin iki koşul arasında istatistiksel olarak “denk” olduğunu doğrulamıştır. Bu bulgular, kas hipertrofisi açısından belirleyici unsurun setler arası dinlenme süresinin uzunluğu değil, ulaşılan toplam hacim-yük olduğunu güçlü biçimde desteklemektedir. Kısa dinlenme süreleri, set içi performansı sınırlasa da, hacim-yükü eşitlemek amacıyla ek setlerin uygulanmasıyla bu dezavantaj telafi edilebilmekte ve uzun dinlenme süreleriyle elde edilen hipertrofik uyaranlara eşdeğer sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Dolayısıyla, metabolik stresin artırılması ya da daha uzun toparlanma sürelerinin sağlanması, hacim-yük eşitlendiğinde hipertrofi açısından tek başına üstünlük sağlamamaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma, kas hipertrofisinin setler arası dinlenme süresinden ziyade toplam mekanik uyarının büyüklüğüne duyarlı olduğunu göstermektedir. Dinlenme süresi, hipertrofiyi doğrudan belirleyen bir amaç değil; hedeflenen hacim-yüke ulaşmayı kolaylaştıran stratejik bir araç olarak ele alınmalıdır. Bu yaklaşım, hipertrofi odaklı antrenman programlarında dinlenme aralıklarının sabit reçetelerle değil, set sayısı, zaman verimliliği ve bireysel tercihler dikkate alınarak esnek biçimde düzenlenebileceğini ortaya koymaktadır.

Setler arası dinlenme süresinin kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini inceleyen Singer vd. (2024), bu konudaki mevcut kanıtları sistematik derleme ve Bayesci meta-analiz yaklaşımıyla değerlendirmiştir. Çalışma, kısa dinlenme sürelerinin hipertrofi açısından zorunlu veya üstün olduğu yönündeki geleneksel varsayımları kantitatif olarak test etmeyi amaçlamıştır. Analize, farklı dinlenme sürelerini karşılaştıran dokuz randomize deneysel çalışma dahil edilmiş ve kol, bacak ve tüm vücut kaslarını

kapsayan toplam 19 hipertrofi ölçümü değerlendirilmiştir. Genel analizler, dinlenme süresinden bağımsız olarak direnç antrenmanının kas hipertrofisini anlamlı düzeyde arttırdığını göstermiştir. Hem kısa (≤ 60 saniye) hem de daha uzun (> 60 saniye) dinlenme süreleri, orta ila büyük büyüklükte hipertrofik etkiler oluşturmuştur. Merkezi etki tahminleri daha uzun dinlenme süreleri lehine hafif bir eğilim gösterse de, bu farklar mutlak olarak küçük düzeydedir. Dinlenme süreleri daha ayrıntılı biçimde sınıflandırıldığında (kısa, orta, uzun ve çok uzun), en yüksek merkezi etki orta süreli dinlenmelerde görülmüş; ancak kategoriler arasında net ve tutarlı bir üstünlük saptanmamıştır. Vücut bölgelerine özgü kontrollü analizler, çalışmanın en dikkat çekici bulgularını ortaya koymuştur. Manyetik rezonans görüntüleme ve ultrasonografi gibi doğrudan yöntemlerle ölçülen kol ve bacak kaslarında, 60 saniyeden uzun dinlenme süreleri lehine küçük fakat tutarlı bir hipertrofik avantaj gözlenmiştir. Buna karşılık, tüm vücut yağsız kütesine dayalı ölçümlerde bu eğilim görülmemiş; hatta kısa dinlenme süreleri lehine belirsiz bir yönelim rapor edilmiştir. Ancak bu sonuçların, dolaylı ölçüm yöntemlerine dayandığı için metodolojik olarak daha düşük hassasiyete sahip olduğu vurgulanmaktadır. Yazarlar, uzun dinlenme sürelerinin sağladığı sınırlı avantajın temel mekanizmasının antrenman hacim yükünün daha iyi korunması olduğunu belirtmektedir. Kısa dinlenme süreleri, set ilerledikçe tekrar sayısında ve kullanılan yükte daha belirgin düşüşlere yol açarak toplam mekanik uyarıyı azaltabilmektedir. Bununla birlikte, mevcut kanıtlar bu hacim avantajının yaklaşık 90–120 saniyelik dinlenme sürelerinden sonra plato yaptığını ve daha uzun dinlenmelerin ek bir hipertrofik fayda sağlamadığını göstermektedir. Setlerin tükenişe yakın ya da tükenişe kadar yapılması da, dinlenme süresi ile hipertrofi arasındaki ilişkiyi anlamlı biçimde değiştirmemiştir. Sonuç olarak bu Bayesci meta-analiz, kas hipertrofisinin geniş bir dinlenme süresi

aralığında elde edilebildiğini ve setler arası dinlenme süresinin tek başına güçlü bir belirleyici olmadığını ortaya koymaktadır. 60 saniyeden uzun dinlenme süreleri, özellikle uzun kaslarında küçük bir avantaj sağlayabilse de, bu farklar sınırlıdır ve büyük ölçüde toplam hacim yükünün korunmasına bağlıdır. Bu bulgular, hipertrofi için kısa dinlenme sürelerini zorunlu gören yaklaşımların yeniden değerlendirilmesi gerektiğini; dinlenme süresinin, kas büyümesini doğrudan belirleyen bir değişkenden ziyade, yüksek ve sürdürülebilir mekanik uyarıyı destekleyen bağlamsal bir araç olarak ele alınmasının daha uygun olduğunu göstermektedir.

Tüm çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, setler arası dinlenme süresinin kas hipertrofisi üzerindeki rolünün, uzun yıllar boyunca varsayıldığı gibi doğrudan ve bağımsız bir belirleyici olmadığı açık biçimde ortaya çıkmaktadır. Güncel deneysel çalışmalar, sistematik derlemeler ve meta-analizler, hipertrofik adaptasyonların belirli ve katı dinlenme aralıklarına özgü olmadığını; bunun yerine dinlenme süresinin, toplam antrenman hacminin, mekanik gerilimin ve performans kalitesinin sürdürülebilirliğini düzenleyen dolaylı bir değişken olarak işlev gördüğünü göstermektedir. Kısa dinlenme sürelerinin daha “anabolik” olduğu yönündeki geleneksel görüş, büyük ölçüde akut hormonal yanıtların yorumlanmasına dayanmaktadır. Ancak egzersiz sonrası büyüme hormonu ve benzeri hormonlardaki geçici artışların, uzun vadeli kas hipertrofisiyle güçlü ve tutarlı bir ilişki göstermediği anlaşılmaktadır. Buna karşılık, kısa dinlenme aralıklarıyla birlikte artan yorgunluk, setler ilerledikçe kullanılan yükün ve tekrar sayısının düşmesine yol açarak toplam mekanik uyarıyı sınırlayabilmektedir. Bu durum, hipertrofinin temel belirleyicilerinden biri olan etkili antrenman hacminin korunmasını zorlaştırmaktadır. Daha uzun dinlenme süreleri, özellikle orta ve yüksek yüklerle yapılan direnç antrenmanlarında, fosfokreatin yenilenmesini,

sinirsel toparlanmayı ve teknik performansı destekleyerek, antrenman boyunca hedeflenen yüklerin ve tekrar sayılarının sürdürülebilmesine olanak tanımaktadır. Ancak bu avantaj, dinlenme süresinin kendisinden ziyade, daha yüksek ve istikrarlı bir hacim-yüke ulaşılmasını sağlaması üzerinden ortaya çıkmaktadır. Nitekim, hacim-yük eşitlendiğinde kısa ve uzun dinlenme süreleri arasında hipertrofi açısından anlamlı bir fark görülmemesi, dinlenme süresinin tek başına belirleyici olmadığını güçlü biçimde desteklemektedir. Mevcut kanıtlar ayrıca, uzun dinlenme sürelerinin sağladığı potansiyel hipertrofik avantajın sınırlı olduğunu ve yaklaşık 90–120 saniyeden sonra belirgin bir plato eğilimi gösterdiğini düşündürmektedir. Daha uzun dinlenmelerin ek bir kas büyümesi faydası sağladığına dair güçlü ve tutarlı kanıtlar bulunmamaktadır. Bu durum, hipertrofi açısından “ne kadar uzun dinlenilmeli?” sorusunun evrensel bir yanıtı olmadığını; optimal dinlenme süresinin kullanılan yük, egzersizin karmaşıklığı, bireyin toparlanma kapasitesi ve hedeflenen toplam hacim bağlamında değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Sonuç olarak, kas hipertrofisi açısından setler arası dinlenme süresi bir amaç değil, araç olarak ele alınmalıdır. Hipertrofik adaptasyonları belirleyen temel unsur, dinlenme aralığının süresinden ziyade, bu sürenin antrenman boyunca yeterli mekanik gerilimi ve toplam hacmi sürdürebilecek şekilde düzenlenip düzenlenmediğidir. Bu çerçevede, sabit ve kısa dinlenme sürelerine dayalı reçeteler yerine, bireysel tolerans, toparlanma kapasitesi, zaman verimliliği ve uzun vadeli sürdürülebilirlik dikkate alınarak esnek dinlenme stratejilerinin benimsenmesi, güncel bilimsel kanıtlarla daha uyumlu bir yaklaşım sunmaktadır.

6. Tükenişe Yakınlık

Direnç antrenmanında kassal tükeniş, bir egzersizde konsantrik fazın tam hareket açıklığında artık tamamlanamadığı

noktayı ifade eder. Literatürde bu kavram; anlık kassal tükeniş, istemli tükeniş, tükenişe yakınlık ve hız kaybı eşikleri gibi farklı operasyonel tanımlarla ele alınmaktadır. Bu terminolojik çeşitlilik, tükenişin kas hipertrofisi üzerindeki gerçek etkisini yorumlamayı güçleştirmiştir. Son yıllarda yapılan sistematik derlemeler ve meta-analizler, “tükenişe gidilip gidilmemesi” ikiliğinden ziyade, tükenişe ne kadar yaklaşıldığı sorusunun daha belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır (Refalo vd., 2023).

Kassal tükenişin hipertrofiyi artırabileceği hipotezi, temelde Henneman’ın büyüklük prensibine dayanmaktadır. Yorgunluk arttıkça, yüksek eşikli motor ünitelerin (özellikle tip II lifleri innerve eden) devreye girmesi beklenir. Bu liflerin daha yüksek hipertrofi potansiyeline sahip olduğu varsayılmaktadır. Bununla birlikte, orta–yüksek yüklerle (1 tekrar maksimalin %60–85) yapılan direnç egzersizlerinde yüksek eşikli motor ünitelerin setin erken fazlarında da aktive olabildiği gösterilmiştir. Dolayısıyla, tükenişe ulaşmanın mekanik gerilim açısından zorunlu bir koşul olmadığı ileri sürülmektedir (Grgic vd., 2022).

Santanielo vd. (2020), antrenmanlı bireylerde kassal tükenişe kadar yapılan direnç antrenmanı ile kassal tükenişe ulaşmadan, ancak tükenişe yakın noktada sonlandırılan direnç antrenmanının kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini karşılaştırmıştır. Çalışma, her katılımcının bir bacağına tükenişe kadar, diğer bacağına ise tükenişe gitmeden çalıştırıldığı denek-içi tasarım ile yürütülmüş ve bu sayede bireyler arası biyolojik farklılıkların etkisi büyük ölçüde azaltılmıştır. On hafta süren antrenman sürecinde, kassal tükenişe kadar yapılan protokol daha fazla tekrar ve daha yüksek toplam hacim üretmesine rağmen, kas kesit alanındaki artışlar açısından iki yaklaşım arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Kassal tükenişe kadar yapılan antrenman ile tükenişe yakın noktada sonlandırılan antrenman, vastus lateralis kasında

benzer düzeyde hipertrofik adaptasyonlar oluşturmuştur. Her iki yaklaşımda da kas kesit alanında anlamlı artışlar gözlenmiş, ancak bu artışların büyüklüğü protokoller arasında farklılık göstermemiştir. Bu bulgular, antrenmanlı bireylerde kas hipertrofisinin yalnızca mutlak kassal tükenişe ulaşmaya bağlı olmadığını göstermektedir. Setlerin kassal tükenişe çok yakın bir noktaya kadar sürdürülmesi, hipertrofik uyarının oluşması için yeterli görünmektedir. Başka bir ifadeyle, kas liflerinin büyümesini tetikleyen mekanik ve metabolik uyarılar, kassal tükenişe ulaşılmadan da etkin biçimde sağlanabilmektedir. Sonuç olarak bu çalışma, kas hipertrofisi açısından değerlendirildiğinde, antrenmanlı bireyler için setlerin her zaman kassal tükenişe kadar yapılmasının zorunlu olmadığını ortaya koymaktadır. Kassal tükenişe gitmeden, ancak tükenişe yakın bir efor düzeyiyle uygulanan direnç antrenmanları, benzer düzeyde kas hipertrofisi sağlayan daha sürdürülebilir ve toparlanma açısından avantajlı bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

Vieira vd. (2021), kassal tükenişe kadar yapılan direnç antrenmanları ile kassal tükenişe ulaşmadan sonlandırılan direnç antrenmanlarının kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini sistematik derleme ve meta-analiz yöntemiyle incelemiştir. Analize dâhil edilen çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, kassal tükenişe kadar yapılan direnç antrenmanlarının, genel olarak, kassal tükenişe gitmeden yapılan antrenmanlara kıyasla daha yüksek kas hipertrofisi artışları sağladığı görülmüştür. Ancak bu üstünlük, antrenman hacmi dikkate alındığında önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir. Antrenman hacminin eşitlenmediği çalışmalarda, yani kassal tükenişe kadar yapılan grupların doğal olarak daha fazla tekrar ve daha yüksek toplam mekanik yük oluşturduğu durumlarda, kas hipertrofisi açısından tükenişe kadar yapılan antrenmanların daha büyük kazanımlar sağladığı rapor edilmiştir. Buna karşılık, toplam antrenman hacminin iki yaklaşım arasında eşitlendiği

çalışmalarda, kassal tükeniŖe kadar yapılan antrenmanlar ile kassal tükeniŖe gitmeden yapılan antrenmanlar arasında kas hipertrofisi açısından anlamlı bir fark kalmamıŖtır. Bu bulgular, kas hipertrofisini belirleyen temel faktörün kassal tükeniŖin kendisi değil, kasın maruz kaldığı toplam mekanik gerilim ve hacim olduğunu güçlü biçimde desteklemektedir. BaŖka bir ifadeyle, kassal tükeniŖe ulaŖmak, daha fazla hacim birikimine yol atığı ölçüde hipertrofiyi arttırmakta; ancak hacim kontrol altına alındığında, tükeniŖe ulaŖmak hipertrofik adaptasyonlar için zorunlu bir gereklilik oluŖturmamaktadır. Meta-analizde yapılan bölgesel değerlendirmeler, alt vücut kaslarında kassal tükeniŖe kadar yapılan ve yapılmayan antrenmanların benzer hipertrofik yanıtlar ürettiğini göstermektedir. Buna karŖın, üst vücut kaslarında, özellikle antrenman hacminin eŖitlenmedięi durumlarda, kassal tükeniŖe kadar yapılan antrenmanların daha belirgin kas büyümesi sağladığı rapor edilmiŖtir. Bu durum, farklı kas gruplarının yüklenme toleransı, fiber kompozisyonu ve hacim gereksinimlerinin hipertrofik yanıt üzerinde etkili olabileceğine iŖaret etmektedir. Sonuç olarak bu sistematik derleme ve meta-analiz, kas hipertrofisi açısından değerlendirildiğinde, kassal tükeniŖe kadar yapılan direnç antrenmanlarının mutlak bir üstünlüğe sahip olmadığını ortaya koymaktadır. Kas hipertrofisini maksimize etmek için temel belirleyici unsur, setlerin tükeniŖe ulaŖıp ulaŖmamasından ziyade, yeterli antrenman hacmi ve mekanik yüklenmenin sağlanmasıdır. Kassal tükeniŖe gitmeden, ancak tükeniŖe yakın bir efor düzeyiyle uygulanan direnç antrenmanları, benzer hipertrofik adaptasyonlar sağlayabilen, daha sürdürülebilir bir strateji olarak değerlendirilebilir.

Grgic vd. (2022) tarafından gerekleŖtirilen sistematik derleme ve meta-analiz alıŖması, tekrarlı kassal tükeniŖe kadar yapılan direnç antrenmanları ile kassal tükeniŖe ulaŖmadan sonlandırılan direnç antrenmanlarının kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini karŖılaŖtırmıŖtır. Analize dâhil edilen

çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, tükenişe kadar yapılan ve yapılmayan antrenman yaklaşımları arasında kas kesit alanı ve kas kalınlığı artışları açısından anlamlı bir fark bulunmadığı rapor edilmiştir. Bu bulgular, kas hipertrofisinin oluşması için setlerin mutlak kassal tükenişe ulaşmasının zorunlu olmadığını göstermektedir. Alt grup analizleri, bu genel sonuca önemli bir bağlam kazandırmaktadır. Toplam antrenman hacminin eşitlendiği çalışmalarda, tükenişe kadar yapılan ve yapılmayan antrenmanlar arasında kas hipertrofisi açısından herhangi bir üstünlük saptanmamıştır. Bu durum, kas büyümesinin temel belirleyicisinin kassal tükenişten ziyade kasın maruz kaldığı toplam mekanik yüklenme ve hacim olduğunu desteklemektedir. Antrenman geçmişi olan bireyler ayrı olarak değerlendirildiğinde, kassal tükenişe kadar yapılan antrenmanların kas hipertrofisi üzerinde küçük fakat istatistiksel olarak anlamlı bir ek katkı sağlayabileceği görülmüştür. Bununla birlikte, bu bulgu sınırlı sayıda çalışmaya dayandığı için genellenebilirliği konusunda temkinli olunması gerektiği vurgulanmaktadır. Antrenman deneyimi olmayan bireylerde ise kassal tükenişe kadar yapılan antrenmanların hipertrofik yanıt açısından herhangi bir üstünlüğü bulunmamıştır. Bu meta-analizden elde edilen bulgular, kas hipertrofisini maksimize etmek için her setin kassal tükenişe kadar yapılmasının zorunlu olmadığını ortaya koymaktadır. Kassal tükenişe ulaşmadan, ancak yüksek efor düzeyleriyle uygulanan direnç antrenmanları, benzer hipertrofik adaptasyonlar sağlayabilmektedir. Bu durum, özellikle toparlanma kapasitesi sınırlı olan veya yüksek haftalık antrenman hacmi uygulayan bireyler için daha sürdürülebilir bir hipertrofi stratejisi sunmaktadır.

Bu konuya ilişkin daha ayrıntılı bir değerlendirme, Refalo vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen sistematik derleme ve meta-analiz çalışması ile sunulmuştur. Bu çalışma, direnç antrenmanında setlerin kassal tükenişe ne kadar yakın

sonlandırıldığı ile kas hipertrofisi arasındaki ilişkiyi inceleyerek, literatürdeki “tükeniş” tanımına bağlı belirsizlikleri gidermeyi amaçlamıştır. Bulgular, kas hipertrofisi açısından anlık kassal tükenişe kadar yapılan antrenmanların, tükenişe gitmeden ancak tükenişe yakın noktada sonlandırılan antrenmanlara kıyasla belirgin bir üstünlük sağlamadığını göstermektedir. Meta-analiz kapsamında yalnızca objektif tükeniş tanımının kullanıldığı çalışmalar değerlendirildiğinde, setlerin mutlak kassal tükenişe kadar sürdürülmesinin kas büyümesini arttırdığına dair anlamlı bir kanıt bulunmamıştır. Benzer şekilde, farklı set tükeniş tanımlarına dayanan çalışmalarda da tükenişe dayalı ve tükeniş dışı yaklaşımlar arasında kas hipertrofisi açısından anlamlı farklar saptanmamıştır. Bu bulgular, hipertrofik adaptasyonların oluşması için tükenişe ulaşmanın zorunlu olmadığını desteklemektedir. Çalışmanın önemli katkılarından biri, tükeniş yakınlık ile kas hipertrofisi arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığını ortaya koymasıdır. Bulgular, düşük düzeyde tükeniş yakınlıktan orta düzeyde tükeniş yakınlığa geçildiğinde kas hipertrofisinin arttığını, ancak bu noktadan sonra tükeniş daha fazla yaklaşmanın veya tükeniş ulaşmanın ek bir hipertrofik fayda sağlamadığını göstermektedir. Bu durum, tükeniş çok fazla yaklaşmanın neden olduğu akut yorgunluğun, toplam mekanik yüklenmeyi ve takip eden setlerde kas liflerinin etkili biçimde uyarılmasını sınırlandırabileceğini düşündürmektedir. Sonuç olarak bu çalışmanın bulguları, kas hipertrofisinin maksimize edilmesi için setlerin her zaman anlık kassal tükenişe kadar sürdürülmesi gerekmediğini ortaya koymaktadır. Yeterli antrenman hacmi ile birlikte tükeniş yakın bir efor düzeyinin, kas büyümesini uyarmak için yeterli olduğu; tükeniş daha fazla yaklaşmanın ise belirli bir noktadan sonra ek bir avantaj sağlamadığı anlaşılmaktadır. Bu sonuçlar, hipertrofi odaklı direnç antrenmanı programlarının planlanmasında tükeniş yakınlık

kavramının, mutlak tükeniştten daha merkezi bir değışken olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Robinson vd. (2024) tarafından gerçekleştirilen meta-regresyon analizi, setlerin kassal tükenişe ne kadar yakın sonlandırıldığının kas hipertrofisi üzerindeki etkisini, kategorik karşılaştırmalar yerine sürekli bir doz-yanıt ilişkisi çerçevesinde ele almıştır. Analiz sonuçları, kassal tükenişe yakınlık azaldıkça, yani setler tükenişe yaklaştıkça, kas hipertrofisinin anlamlı biçimde arttığını göstermektedir. Meta-regresyon modelleri, setlerin kassal tükeniştten daha uzak noktalarda sonlandırıldığı durumlarda kas hipertrofisinin görece daha düşük kaldığını; buna karşılık tükenişe yakın efor düzeylerinde kas büyümesinin daha belirgin hâle geldiğini ortaya koymuştur. Bu ilişki doğrusal bir eğilim göstermiş ve duyarlılık analizlerinde de tutarlılığını korumuştur. Bulgular, kas hipertrofisini maksimize etmek için setlerin mutlaka mutlak kassal tükenişe ulaşmasını gerektirmediğini, ancak tükenişe yakın bir efor düzeyinin hipertrofik uyarıyı güçlendirdiğini göstermektedir. Bu çalışma, önceki meta-analizlerde bildirilen “tükeniş gerekli değildir” bulgusunu tamamlayıcı niteliktedir. Bulgular, kas hipertrofisi açısından belirleyici unsurun tükenişe ulaşılıp ulaşılmasından ziyade, setlerin tükenişe yeterince yaklaşması olduğunu ortaya koymaktadır. Başka bir ifadeyle, kas büyümesi için kritik eşik, mutlak kassal tükeniş değil; yüksek eşikli motor ünitelerin devreye girmesini sağlayacak düzeyde bir efor yoğunluğudur. Sonuç olarak bu meta-regresyon analizi, kas hipertrofisinin tükenişe yakınlıkla doz-yanıt ilişkisi içinde arttığını, ancak bu ilişkinin mutlak tükenişe ulaşmayı zorunlu kılmadığını göstermektedir. Bu bulgular, hipertrofi odaklı direnç antrenmanı programlarında setlerin büyük bölümünün tükenişe yakın, ancak sürdürülebilir bir efor düzeyinde planlanmasının bilimsel temele dayalı bir yaklaşım olduğunu desteklemektedir.

Bu bulgular, Martikainen vd. (2025) tarafından direnç antrenmanı deneyimi olan bireylerde yürütülen kontrollü deneysel bir çalışmayla da desteklenmektedir. On hafta süren müdahale boyunca, setlerin sürekli olarak kassal tükenişe bir tekrar kala sonlandırıldığı bir yaklaşım ile tükenişe yakınlığın kademeli olarak azaltıldığı bir yaklaşım karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, her iki antrenman yaklaşımının da vastus lateralis kası kesit alanı ve triceps brachii kas kalınlığı açısından benzer düzeyde hipertrofik adaptasyonlar sağladığını göstermektedir. Kassal tükenişe sürekli olarak çok yakın yapılan antrenmanlar ile tükenişe daha uzak başlayıp zamanla yaklaştırılan antrenmanlar arasında, kas büyümesi bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bu durum, kas hipertrofisinin kısa vadede tükenişe ulaşma zorunluluğundan bağımsız olarak, yeterli mekanik yüklenme ve set hacmi sağlandığında benzer şekilde gerçekleşebileceğini göstermektedir. Özellikle alt ve üst vücut kaslarında gözlenen benzer büyüme oranları, tükenişe yakınlığın kas hipertrofisi üzerinde tek başına belirleyici bir değişken olmadığını desteklemektedir. Bu çalışmanın hipertrofi açısından önemli katkılarından biri, tükenişe yakınlığın farklı biçimlerde düzenlenmesinin kas büyümesini sınırlamadığını göstermesidir. Setlerin her zaman çok yüksek eforla sürdürülmesi yerine, tükenişe yakınlığın dönemsel olarak ayarlanması, kas hipertrofisini olumsuz etkilemeden daha yönetilebilir bir antrenman süreci sunabilmektedir. Bu bulgular, kas hipertrofisi hedeflenen direnç antrenmanı programlarında, tükenişe yakınlığın esnek ve stratejik bir değişken olarak ele alınabileceğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak bu çalışma, kas hipertrofisi açısından değerlendirildiğinde, setlerin sürekli olarak mutlak kassal tükenişe çok yakın yapılmasının zorunlu olmadığını; tükenişe yakınlığın farklı düzeylerde yapılandırılmasının benzer hipertrofik kazanımlar sağlayabildiğini göstermektedir. Bu durum, uzun vadeli programlamada sürdürülebilirliği ve antrenman toleransını

arttırabilecek yaklaşımların, kas büyümesi açısından bilimsel temele sahip olduğunu desteklemektedir.

Larsen vd. (2025) tarafından yürütülen deneysel çalışma, direnç antrenmanında setlerin yalnızca anlık kassal tükenişte sonlandırılmasının ötesine geçilmesinin kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada, antrenmansız bireylerde calf raise egzersizi sırasında anlık kassal tükenişe ulaşıldıktan sonra kasın uzatılmış pozisyonunda yapılan kısmi tekrarların, sadece anlık tükenişte sonlandırılan setlere kıyasla daha yüksek düzeyde kas büyümesi sağladığı gösterilmiştir. On haftalık antrenman süreci sonunda, tükeniş ötesi kısmi tekrarların uygulandığı koşulda medial gastroknemius kas kalınlığındaki artış, anlık kassal tükenişte sonlandırılan setlere göre anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Bu fark, yalnızca istatistiksel açıdan değil, aynı zamanda pratik anlamda da dikkat çekici bir büyüklüğe sahiptir. Elde edilen sonuçlar, setlerin geleneksel olarak “tükeniş” olarak kabul edilen noktanın ötesinde de kasın anlamlı düzeyde mekanik gerilim ve iş yüküne maruz kalabildiğini göstermektedir. Hipertrofik yanıtın daha yüksek olmasında, tükeniş ötesi kısmi tekrarlar sırasında biriken daha yüksek toplam antrenman hacminin ve kasın uzatılmış pozisyonunda çalıştırılmasının önemli rol oynadığı düşünülmektedir. Anlık kassal tükeniş, gastroknemius kasının biyomekanik olarak dezavantajlı olduğu pozisyonunda gerçekleşirken, uzatılmış pozisyonunda yapılan kısmi tekrarlar kas liflerinin daha yüksek mekanik gerilime maruz kalmasına olanak tanımıştır. Bu durum, kas büyümesini tetikleyen mekanik uyarıların, mutlak tükenişten sonra da sürdürülebileceğini ortaya koymaktadır. Bu çalışma, kas hipertrofisi açısından değerlendirildiğinde, anlık kassal tükenişin mutlak bir sınır noktası olmadığını, belirli koşullarda bu noktanın ötesinde yapılan ek çalışmaların hipertrofik adaptasyonları arttırabileceğini göstermektedir. Ancak elde edilen üstün hipertrofik yanıtın, daha yüksek

algılanan rahatsızlık ve yüklenme ile birlikte ortaya çıktığı da dikkate alınmalıdır. Dolayısıyla, tükeniş ötesi stratejiler, kas hipertrofisini maksimize etmeye yönelik spesifik ve sınırlı kullanım alanları olan ileri düzey yöntemler olarak değerlendirilmelidir. Sonuç olarak bu çalışmanın bulguları, kas hipertrofisinin yalnızca tükenişe ulaşmakla sınırlı olmadığını; uygun koşullarda ve özellikle uzatılmış kas boylarında uygulanan tükeniş ötesi yüklenmelerin, kas büyümesini daha da arttırabileceğini göstermektedir. Bu sonuçlar, kassal tükenişe yakınlık kavramının, mutlak bir son nokta değil, programlama içinde stratejik olarak konumlandırılması gereken bir değişken olduğunu desteklemektedir.

Mevcut deneysel çalışmalar, sistematik derlemeler, meta-analizler ve meta-regresyon bulguları birlikte değerlendirildiğinde, direnç antrenmanında kassal tükenişin kas hipertrofisi için mutlak ve vazgeçilmez bir koşul olmadığı açık biçimde ortaya konmaktadır. Literatürdeki erken dönem yaklaşımlar, hipertrofik uyarının oluşması için setlerin anlık kassal tükenişe kadar sürdürülmesini gerekli görmüş olsa da, güncel kanıtlar bu görüşü önemli ölçüde revize etmektedir. Toplamda elde edilen bulgular, kas hipertrofisini belirleyen temel unsurun, setlerin tükenişe ulaşip ulaşmamasından ziyade, kasın maruz kaldığı toplam mekanik gerilim, yeterli set hacmi ve yüksek efor düzeyine ulaşılması olduğunu göstermektedir. Orta ve yüksek yüklerle yapılan direnç antrenmanlarında, yüksek eşikli motor ünitelerin setin erken ve orta evrelerinde de aktive olabildiği; dolayısıyla mutlak kassal tükenişe ulaşılmadan da güçlü bir hipertrofik uyarının sağlanabildiği anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, setlerin kassal tükenişe yakın bir noktada sonlandırılması, hipertrofik adaptasyonlar açısından genellikle yeterli görünmektedir. Bununla birlikte, tükenişe yakınlık ile kas hipertrofisi arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığı da netleşmiştir. Tükenişten çok uzak efor düzeyleri hipertrofik yanıtı sınırlarken, tükenişe yaklaşmak

kas büyümesini arttırmaktadır; ancak belirli bir noktadan sonra tükenişe daha fazla yaklaşmanın veya mutlak tükenişe ulaşmanın ek bir fayda sağlamadığı görülmektedir. Aksine, aşırı yorgunluk birikimi yoluyla toplam mekanik yüklenmeyi ve sonraki setlerin kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir. Deneysel veriler, tükenişe yakınlığın esnek ve dönemsel olarak yapılandırılmasının, kas hipertrofisini olumsuz etkilemeden daha sürdürülebilir bir antrenman süreci sunduğunu göstermektedir. Özellikle antrenmanlı bireylerde, sürekli olarak çok yüksek eforla çalışmak yerine tükenişe yakınlığın stratejik biçimde ayarlanması, hem benzer hipertrofik kazanımların elde edilmesine hem de toparlanma kapasitesinin korunmasına olanak tanımaktadır. Buna karşılık, belirli kas gruplarında, sınırlı hacimli programlarda veya uzatılmış kas boylarında uygulanan tükeniş ötesi stratejiler, ek hipertrofik uyaran sağlayabilmekte; ancak bu yaklaşımların artan yorgunluk ve rahatsızlık maliyeti nedeniyle seçici ve sınırlı biçimde kullanılması gerekmektedir. Sonuç olarak, güncel literatür ışığında kas hipertrofisine yönelik direnç antrenmanı programlarında odak noktası, “tükenişe gidilmeli mi?” sorusundan ziyade, tükenişe ne kadar yaklaşıldığı, bu yakınlığın nasıl periodize edildiği ve toplam mekanik yüklenmenin nasıl yönetildiği soruları olmalıdır. Kassal tükeniş, hipertrofiyi tetikleyen bir araç olarak değerlendirilmeli; ancak mutlak bir hedef veya zorunlu bir son nokta olarak ele alınmamalıdır. Bu yaklaşım, hem bilimsel kanıtlarla uyumlu hem de uzun vadeli performans gelişimi açısından daha rasyonel bir çerçeve sunmaktadır.

7. Hareket Açıklığı

Direnç antrenmanında hareket açıklığı, bir egzersiz sırasında eklemin kat ettiği toplam açısal mesafeyi ifade eder. Antrenman biliminde hareket açıklığı genellikle üç ana başlık altında ele alınmaktadır:

(i) eklem mükün olan en geniş aralıkta hareket ettiğı tam hareket açıklığı,

(ii) hareketin yalnızca belirli bir bölümüyle sınırlandırıldığı kısmi hareket açıklığı,

(iii) kasın uzatılmış ya da kısalmış pozisyonlarında uygulanan kısmi hareket açıklığı yaklaşımları.

Uzun yıllar boyunca, kasın tüm fonksiyonel uzunluğu boyunca çalıştırılmasının hipertrofik uyararı en üst düzeye çıkaracağı düşünülmüş ve bu nedenle tam hareket açıklığı antrenmanları varsayılan yaklaşım olarak kabul edilmiştir. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalar, hareket açıklığının etkilerinin yalnızca hareketin genişliğiyle değil, kasın hangi uzunlukta yüklendiğıyle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.

Hareket açıklığının kas hipertrofisini etkilemesinin temel nedeni, mekanik gerilimin kas uzunluğuna bağılı olarak değişmesidir. Mekanik gerilim, kasılma sırasında oluşan aktif gerilim ile kasın pasif elastik bileşenlerinden kaynaklanan gerilimin toplamı olarak değerlendirilir. Kaslar uzatılmış pozisyonlarda çalıştırıldığında, pasif gerilim bileşenlerinin katkısı artmakta ve kas lifleri daha yüksek toplam gerilime maruz kalmaktadır. Bu durum, kasın gerilmiş pozisyonda yüklenmesinin hipertrofik adaptasyonları güçlendirebileceğini göstermektedir. Buna karşılık, kasın kısalmış pozisyonlarda çalıştırıldığı hareket aralıklarında pasif gerilim sınırlı olmakta ve hipertrofik uyarının büyüklüğü azalabilmektedir (Wolf vd., 2023; Moreno vd., 2024).

Direnç antrenmanında hareket açıklığının kas hipertrofisi üzerindeki etkileri, Schoenfeld ve Grgic (2019) tarafından gerçekleştirilen sistematik derlemede kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir. Derleme, farklı hareket açıklıklarını karşılaştıran ve kas gelişimini bölgesel ölçüm yöntemleriyle

değerlendiren altı randomize çalışmayı incelemiştir. İncelenen çalışmalar genel olarak, alt vücut kaslarında tam hareket açıklığıyla yapılan direnç antrenmanlarının, kısmi hareket açıklığına kıyasla benzer veya daha yüksek düzeyde kas hipertrofisi sağladığını göstermektedir. Özellikle squat gibi serbest ağırlık egzersizlerinde, tam hareket açıklığıyla yapılan antrenmanların quadriceps kasında daha yaygın ve tutarlı büyüme yanıtları oluşturduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, bazı çalışmalarda kısmi hareket açıklığının da anlamlı hipertrofik adaptasyonlar sağlayabildiği; ancak bu etkinin çoğunlukla belirli kas bölgeleriyle sınırlı kaldığı görülmektedir. Derlemenin önemli bulgularından biri, kas hipertrofisinin hareket açıklığına verdiği yanıtın doğrusal olmadığıdır. Bulgular, belirli bir hareket açıklığı eşiğine ulaşıldıktan sonra, hareket açıklığını daha da arttırmanın ek hipertrofik fayda sağlamayabileceğini düşündürmektedir. Bu durum, özellikle kısmi hareket açıklığı grubunun fiilen geniş bir eklem açısı aralığında çalıştığı protokollerde belirginleşmektedir. Dolayısıyla, kas büyümesi açısından kritik olan unsurun, yalnızca “tam” ya da “kısmi” hareket açıklığı değil, kasın yeterli uzunlukta ve anlamlı mekanik gerilim altında çalıştırılması olduğu anlaşılmaktadır. Üst vücut kaslarına ilişkin bulgular ise sınırlı ve tutarsızdır. Dirsek fleksörleri ve ekstansörleri üzerinde yapılan az sayıdaki çalışmada, bazı durumlarda tam hareket açıklığı lehine, bazı durumlarda ise kısmi hareket açıklığı lehine sonuçlar bildirilmiştir. Bu çelişkili bulguların, katılımcıların antrenman durumu, kullanılan yükler ve incelenen kas gruplarının fonksiyonel özelliklerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Genel olarak bu sistematik derleme, kas hipertrofisini maksimize etmek için hareket açıklığının ikili bir tercih olarak ele alınmaması gerektiğini göstermektedir. Alt vücut kasları için tam hareket açıklığıyla yapılan antrenmanlar genellikle avantajlı görünse de, kısmi hareket açıklıkları da uygun yüklenme koşulları altında anlamlı hipertrofik uyaranlar

sağlayabilmektedir. Bu bağlamda, hareket açıklığı, hipertrofi odaklı direnç antrenmanı programlarında tek başına belirleyici bir değişken değil, mekanik gerilim, yük büyüklüğü ve toplam antrenman hacmi ile birlikte değerlendirilmesi gereken stratejik bir programlama bileşeni olarak ele alınmalıdır.

Hareket açıklığı literatürünü tamamlayan önemli çalışmalardan biri, Maeo vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen ve kasın antrenman sırasında ulaştığı uzunluğun hipertrofik adaptasyonlar üzerindeki etkisini doğrudan inceleyen deneysel çalışmadır. Bu çalışmada hamstring kasları, aynı yük, set ve tekrar sayılarıyla; ancak farklı kas boylarında çalıştırılmış ve kas hacmindeki değişimler manyetik rezonans görüntüleme yöntemiyle değerlendirilmiştir. On iki haftalık antrenman süreci sonunda, hamstring kaslarını daha uzun kas boyunda çalıştıran oturarak leg curl egzersizi, kısa kas boyunda uygulanan yatarak leg curl egzersizine kıyasla belirgin şekilde daha fazla kas hipertrofisi sağlamıştır. Bu üstünlük özellikle kalça pozisyonundan etkilenen çift eklemlili hamstring kaslarında belirginleşmiştir. Buna karşılık, kas uzunluğu her iki egzersizde de benzer kalan tek eklemlili biceps femoris kısa başında hipertrofik kazanımlar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Bu bulgular, kas hipertrofisini belirleyen temel unsurun yalnızca hareket açıklığının büyüklüğü değil, kasın antrenman sırasında maruz kaldığı uzunlukta üretilen mekanik gerilim olduğunu güçlü biçimde desteklemektedir. Aynı yüklenme koşulları altında, kasın daha uzatılmış bir pozisyonda çalıştırılması, daha yüksek hipertrofik adaptasyonlarla sonuçlanmıştır. Ayrıca, kalça fleksiyonu ile daha uzun konuma getirilen sartorius kasının da bu koşulda daha fazla büyüme göstermesi, uzun kas boyunda antrenman hipotezini destekleyen ek bir kanıt sunmaktadır. Çalışmanın önemli bir diğer katkısı, uzun kas boyunda yapılan antrenmanın kas hasarına karşı daha üstün bir koruma sağlamadığını, ancak kısa kas boyunda yapılan antrenmanla benzer düzeyde

koruyucu adaptasyonlar oluşturduğunu göstermesidir. Bu durum, uzun kas boyunda antrenmanın hipertrofi açısından avantaj sağlarken, kas hasarı toleransı bakımından ek bir risk oluşturmadığını düşündürmektedir. Sonuç olarak bu çalışma, hareket açıklığı tartışmasını “tam mı, kısmi mi?” ikiliğinden çıkararak, kasın hangi uzunlukta yüklendiği sorusunu merkeze taşımaktadır. Kas hipertrofisini maksimize etmeye yönelik direnç antrenmanı programlarında, özellikle alt ekstremite kasları için, kasların uzatılmış pozisyonlarda anlamlı mekanik gerilime maruz bırakılması güçlü bir uyarıcı olarak değerlendirilebilir. Bu bağlamda, hareket açıklığı yalnızca eklem açısı üzerinden değil, kas boyu ve gerilim ilişkisi üzerinden ele alınmalıdır.

Hareket açıklığı literatürüne önemli bir katkı sağlayan Kassiano vd (2023), calf kaslarında farklı hareket açıklığı konfigürasyonlarının kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini karşılaştırmıştır. Bu çalışmada, calf raise egzersizi sırasında tam hareket açıklığı, uzatılmış kas boyunda kısmi hareket açıklığı ve kısa kas boyunda kısmi hareket açıklığı yaklaşımlarının gastrocnemius kas kalınlığı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sekiz haftalık direnç antrenmanı süreci sonunda, uzatılmış kas boyunda yapılan kısmi hareket açıklığı, hem medial hem de lateral gastrocnemius kaslarında en yüksek hipertrofik artışları sağlamıştır. Özellikle medial gastrocnemius kasında gözlenen büyüme, tam hareket açıklığı ve kısa kas boyunda uygulanan kısmi hareket açıklığına kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Tam hareket açıklığıyla yapılan antrenmanlar ise kısa kas boyunda yapılan kısmi hareket açıklığına göre daha fazla kas büyümesi sağlamış, ancak uzatılmış kas boyunda yapılan kısmi hareket açıklığının gerisinde kalmıştır. Bu bulgular, kas hipertrofisinin yalnızca hareket açıklığının büyüklüğüne değil, kasın hangi uzunlukta yüklendiğine güçlü biçimde bağlı olduğunu göstermektedir. Uzatılmış kas boyunda yapılan kısmi hareketler, kas liflerinin

daha yüksek mekanik gerilime maruz kalmasını sağlayarak hipertrofik yanıtı arttırmış görünmektedir. Ayrıca, her iki kısmi hareket açıklığı grubunda antrenman hacmi ilerlemesinin benzer olmasına rağmen, yalnızca uzatılmış kas boyunda yapılan kısmi hareketlerin üstün hipertrofi sağlaması, hacim artışının tek başına açıklayıcı olmadığını; kas uzunluğu–gerilim ilişkisinin belirleyici rol oynadığını düşündürmektedir. Çalışma, hareket açıklığına ilişkin geleneksel “tam hareket açıklığı her zaman üstündür” yaklaşımını sorgulamakta ve kas hipertrofisini maksimize etmek için kasa özgü hareket açıklığı stratejilerinin önemini vurgulamaktadır. Özellikle gastroknemius gibi biyomekanik özellikleri belirgin kas gruplarında, uzatılmış kas boyunda uygulanan kısmi hareket açıklıklarının, tam hareket açıklığına eşit hatta bazı durumlarda üstün bir hipertrofik uyaran oluşturabileceği anlaşılmaktadır. Sonuç olarak bu çalışma, hareket açıklığı tartışmasını eklem merkezli bir bakış açısından çıkararak, kas boyu ve mekanik gerilim merkezli bir çerçeveye taşımaktadır. Kas hipertrofisini hedefleyen direnç antrenmanı programlarında, hareket açıklığı yalnızca “tam” ya da “kısmi” olarak değil, kasın en etkili biçimde yüklendiği uzunluk aralığı dikkate alınarak planlanmalıdır. Bu yaklaşım, özellikle alt ekstremité kaslarının gelişimini optimize etmeye yönelik programlama stratejileri için güçlü bir bilimsel temel sunmaktadır.

Hareket açıklığının kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini kapsamlı biçimde değerlendiren en güncel çalışmalardan biri, Wolf vd. (2023) tarafından gerçekleştirilen sistematik derleme ve meta-analizdir. Bu çalışma, tam hareket açıklığı ile kısmi hareket açıklığı kullanılarak yapılan direnç antrenmanlarının kas büyümesi üzerindeki etkilerini karşılaştırmış ve mevcut literatürü nicel olarak sentezlemiştir. Genel meta-analiz sonuçları değerlendirildiğinde, tam hareket açıklığı ile kısmi hareket açıklığı arasında kas hipertrofisi açısından anlamlı ve büyük bir fark bulunmamıştır. Tüm çalışmalar

birlikte ele alındığında, tam hareket açıklığı lehine yalnızca önemsiz düzeyde bir eğilim rapor edilmiştir. Bu bulgu, kas büyümesinin tek başına hareket açıklığının “tam” veya “kısmi” olmasına bağlı olmadığını göstermektedir. Ancak çalışmanın en önemli katkısı, kısmi hareket açıklığının uygulandığı kas boyuna göre hipertrofik yanıtın anlamlı biçimde değiştiğini ortaya koymasındır. Alt grup analizleri, uzun kas boylarında gerçekleştirilen kısmi hareket açıklığı antrenmanlarının, tam hareket açıklığına kıyasla daha yüksek kas hipertrofisi sağlayabildiğini göstermiştir. Buna karşılık, kısa kas boylarında yapılan kısmi hareket açıklığı, kas büyümesi açısından tam hareket açıklığına üstünlük sağlamamıştır. Bu bulgular, kas hipertrofisinin belirleyicisinin yalnızca hareket açıklığının genişliği değil, kasın antrenman sırasında maruz kaldığı uzunlukta üretilen mekanik gerilim olduğunu güçlü biçimde desteklemektedir. Uzun kas boylarında yapılan kısmi hareketler, kas liflerini hem aktif hem de pasif gerilim bileşenleri yoluyla daha yüksek bir mekanik yük altına sokarak hipertrofik uyarıyı artırabilmektedir. Bu durum, son yıllarda öne çıkan gerilme aracılı hipertrofi hipotezi ile tutarlıdır. Meta-analiz ayrıca, tam hareket açıklığının çoğu birey için genel ve güvenli bir “varsayılan” strateji sunduğunu; ancak kas hipertrofisini maksimize etmeyi hedefleyen programlarda, uzatılmış kas boylarında uygulanan kısmi hareket açıklıklarının stratejik bir araç olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, hareket açıklığına ilişkin tartışma, “tam mı kısmi mi?” ikiliğinden ziyade, hangi kas boyunda, hangi amaçla ve hangi bağlamda soruları üzerinden ele alınmalıdır. Sonuç olarak Wolf ve arkadaşlarının (2023) bulguları, kas hipertrofisini optimize etmeye yönelik direnç antrenmanı programlarında hareket açıklığının esnek, bağlama özgü ve kas boyu merkezli bir değişken olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle uzatılmış kas boylarında uygulanan kısmi hareket açıklıkları, uygun koşullarda, tam

hareket açıklığına eşit hatta bazı durumlarda üstün hipertrofik adaptasyonlar sağlayabilmektedir.

Uzun kas boylarında uygulanan kısmi hareket açıklığının kas hipertrofisini maksimize edip etmediği sorusu, Moreno vd. (2024) tarafından yayımlanan kapsamlı derleme çalışmasında eleştirel biçimde değerlendirilmiştir. Bu çalışma, son yıllarda artan “uzatılmış kas boyunda kısmi hareket açıklığı tam hareket açıklığından üstündür” iddiasını, mevcut deneysel kanıtlar ve fizyolojik mekanizmalar ışığında analiz etmeyi amaçlamıştır. Derlemenin temel bulguları, uzun kas boylarında yapılan kısmi hareket açıklığının kas hipertrofisi için etkili bir uyaran olduğunu, ancak bu yaklaşımın tam hareket açıklığına kıyasla tutarlı ve evrensel bir üstünlük sağladığını söylemek için mevcut kanıtların yetersiz olduğunu göstermektedir. Uzun kas boyunda yapılan kısmi hareketler, kısa kas boyunda uygulanan kısmi hareketlere kıyasla daha yüksek hipertrofik yanıtlar üretmektedir; ancak tam hareket açıklığı ile karşılaştırıldığında sonuçlar kas grubuna ve egzersiz seçimine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Çalışmada incelenen doğrudan karşılaştırmalı araştırmalar, bazı kas gruplarında (örneğin gastroknemius veya rektus femoris) uzun kas boyunda yapılan kısmi hareket açıklığının tam hareket açıklığına benzer ya da daha yüksek hipertrofi sağlayabildiğini; buna karşılık diğer kaslarda (örneğin vastus lateralis veya üst ekstremité kasları) bu üstünlüğün tutarlı olmadığını ortaya koymuştur. Bu durum, optimum hareket açıklığının kasa özgü olabileceğini ve tek bir evrensel yaklaşımın tüm kas grupları için geçerli olmadığını düşündürmektedir. Moreno vd. (2024), bu farklılıkların temelinde mekanik gerilim–kas uzunluğu ilişkisinin yattığını vurgulamaktadır. Uzun kas boylarında yapılan kasılmalar, aktif ve pasif gerilim bileşenlerinin birleşmesiyle daha yüksek toplam mekanik gerilim oluşturabilmektedir. Bununla birlikte, bu avantajın tüm kaslarda ve tüm egzersizlerde ortaya çıkmadığı; kas mimarisi, direnç profili ve egzersizin biyomekaniği gibi

faktörlerin belirleyici olduğu ifade edilmektedir. Metabolik stres ve hipoksi gibi mekanizmaların ise hipertrofi üzerinde ikincil ve dolaylı bir rol oynadığı değerlendirilmiştir. Genel olarak bu derleme, uzun kas boylarında kısmi hareket açıklığı ile yapılan antrenmanların kas hipertrofisini artırmak için güçlü bir araç olabileceğini, ancak bu yöntemin tam hareket açıklığının yerine mutlak bir alternatif olarak görülmemesi gerektiğini ortaya koymaktadır. En iyi ihtimalle, her iki yaklaşımın benzer hipertrofik sonuçlar ürettiği; bazı özel durumlarda ise uzun kas boyunda yapılan kısmi hareketlerin avantaj sağlayabileceği anlaşılmaktadır. Sonuç olarak bu çalışmanın bulguları, hareket açıklığına ilişkin tartışmayı basit bir “tam mı, kısmi mi?” ikiliğinden çıkararak, kas boyu, egzersiz seçimi ve hedeflenen kas bölgesi merkezli bir çerçeveye taşımaktadır. Kas hipertrofisini optimize etmeye yönelik direnç antrenmanı programlarında, uzun kas boylarında uygulanan kısmi hareket açıklıkları stratejik ve tamamlayıcı bir yöntem olarak değerlendirilmeli; ancak evrensel olarak üstün bir yaklaşım olarak genellenmemelidir. Bu bakış açısı, hareket açıklığı değişkeninin programlama içinde bağlama özgü ve esnek biçimde ele alınması gerektiğini desteklemektedir.

Hareket açıklığının kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini doğrudan karşılaştıran güncel deneysel çalışmalardan biri, Pedrosa vd. (2025) tarafından genç kadınlarda yürütülmüştür. Bu çalışmada diz ekstansiyon egzersizi sırasında uygulanan tam hareket açıklığı, uzun kas boyunda kısmi hareket açıklığı, kısa kas boyunda kısmi hareket açıklığı ve değişken hareket açıklığı yaklaşımlarının kuadriseps kas hipertrofisi üzerindeki etkileri incelenmiştir. On iki haftalık antrenman süreci sonunda elde edilen bulgular, kas hipertrofisinin hareket açıklığının genişliğinden ziyade, kasın uzatılmış pozisyonlarda ne ölçüde yüklendiği ile daha yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Rektus femoris ve vastus lateralis kaslarının toplam kesit alanı değerlendirildiğinde, uzun kas boyunda yapılan kısmi

hareket açıklığı, değişken hareket açıklığı ve tam hareket açıklığı protokollerinin benzer ve yüksek düzeyde hipertrofik artışlar sağladığı görülmüştür. Buna karşılık, yalnızca kısa kas boyunda yapılan kısmi hareket açıklığı, diğer tüm antrenman yaklaşımlarına kıyasla belirgin şekilde daha düşük kas büyümesi ile sonuçlanmıştır. Bu sonuçlar, kas hipertrofisini maksimize etmek için hareketin tüm açıklığı boyunca çalışmanın zorunlu olmadığını; ancak kasın uzatılmış pozisyonlarda anlamlı mekanik gerilime maruz bırakılmasının kritik bir eşik oluşturduğunu göstermektedir. Uzun kas boyunda yapılan kısmi hareketler, tam hareket açıklığıyla benzer hipertrofik kazanımlar üretmiş; bu da tam hareket açıklığının sağladığı avantajın büyük ölçüde uzatılmış kas boylarında oluşturulan mekanik gerilimden kaynaklanabileceğini düşündürmektedir. Çalışmanın önemli katkılarından biri, değişken hareket açıklığı yaklaşımının kas hipertrofisi açısından en az tam hareket açıklığı kadar etkili olduğunu göstermesidir. Farklı seanslarda uzun ve kısa kas boylarını içeren hareket aralıklarının dönüşümlü olarak kullanılması, kas büyümesini sınırlamamış ve aksine güçlü bir hipertrofik uyaran sağlamıştır. Bu bulgu, hareket açıklığının statik değil, periodize edilebilir bir değişken olarak ele alınabileceğini desteklemektedir. Sonuç olarak çalışmanın bulguları, kas hipertrofisini hedefleyen direnç antrenmanı programlarında, uzun kas boylarının sistematik olarak yüklenmesinin merkezi bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Tam hareket açıklığı, uzun kas boyunda yapılan kısmi hareket açıklıkları ve bu yaklaşımların kombinasyonları, kas büyümesi açısından etkili stratejiler olarak değerlendirilebilirken; kısa kas boylarında sınırlı kalan kısmi hareket açıklıklarının hipertrofik uyaran açısından yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu sonuçlar, hareket açıklığına ilişkin programlamanın, kas boyu-mekanik gerilim ilişkisi temelinde yapılandırılması gerektiğini güçlü biçimde desteklemektedir.

Hareket açıklığı literatürüne güncel ve güçlü bir katkı sunan Wolf vd. (2025), direnç antrenmanı deneyimi olan bireylerde uzatılmış kas boyunda yapılan kısmi tekrarlar ile tam hareket açıklığı kullanılarak yapılan antrenmanların kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini doğrudan karşılaştırmıştır. Çalışma, literatürdeki önceki araştırmalardan farklı olarak, çoklu üst vücut egzersizlerini içeren, denetimli ve katılımcı-içi bir tasarımla yürütülmüştür. Sekiz haftalık antrenman süreci sonunda elde edilen bulgular, uzatılmış kısmi tekrarlar ile tam hareket açıklığının, dirsek fleksör ve ekstansör kas gruplarında benzer düzeyde kas hipertrofisi sağladığını göstermektedir. Ultrasonografi ile ölçülen kas kalınlığı artışları açısından iki yaklaşım arasında anlamlı bir fark saptanmamış; Bayesçi analizler, her iki antrenman yönteminin hipertrofik etkilerinin eşdeğer olduğu yönünde orta düzeyde kanıt sunmuştur. Bu sonuçlar, kas büyümesinin, hareketin tüm açıklığı boyunca çalışılmasından ziyade, hareketin uzatılmış kısmının etkili biçimde yüklenmesiyle yakından ilişkili olduğunu düşündürmektedir. Çalışmanın dikkat çekici yönlerinden biri, hem tam hareket açıklığı hem de uzatılmış kısmi tekrarlar sırasında uzun kas boylarının bilinçli biçimde vurgulanmış olmasıdır. Her iki koşulda da hareketin en gerilmiş pozisyonunda duraklama uygulanması, kasın pasif ve aktif gerilim bileşenlerinin benzer düzeylerde uyarılmasına yol açmış olabilir. Bu durum, önceki bazı çalışmalarda bildirilen “uzatılmış kısmi tekrarlar üstündür” bulgusunun, aslında uzun kas boyunda yüklenme eşiğinin aşılmasından kaynaklanabileceğini düşündürmektedir. Bu bağlamda elde edilen bulgular, uzun kas boylarında yapılan antrenmanın hipertrofi açısından bir “azalan verim” noktasına sahip olabileceğini işaret etmektedir. Kasın yeterince uzatılmış bir pozisyonunda anlamlı mekanik gerilime maruz bırakılması, hipertrofik uyarının oluşması için yeterli görünmekte; bu uzunluk aralığının daha da daraltılması ya da yalnızca bu

aralıkta çalışılması, ek bir hipertrofik avantaj sağlamamaktadır. Ayrıca, tam hareket açıklığının içerdiği daha kısa kas boyu fazlarının, uzatılmış kısmi tekrarların ötesinde ek bir kas büyümesi sağlamadığı da bu çalışmayla desteklenmektedir. Sonuç olarak Wolf ve arkadaşlarının (2025) bulguları, kas hipertrofisini hedefleyen direnç antrenmanı programlarında tam hareket açıklığı ile uzatılmış kas boyunda yapılan kısmi tekrarların benzer derecede etkili olabileceğini göstermektedir. Bu durum, hareket açıklığına ilişkin programlamada katı bir “tam mı, kısmi mi?” yaklaşımından ziyade, hareketin uzatılmış kısmının mutlaka dahil edildiği, esnek ve bağlama özgü stratejilerin benimsenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Deneyimli bireyler için, kas hipertrofisini optimize etmede temel öncelik, hareket açıklığının genişliği değil, uzatılmış kas boylarında yeterli mekanik gerilimin sağlanması olmalıdır.

Tüm çalışmalar birlikte ele alındığında, hareket açıklığına ilişkin en güçlü genel çıkarım şudur: Kas hipertrofisini belirleyen temel unsur, hareketin “tam” ya da “kısmi” olması değil; kasın antrenman sırasında yeterince uzatılmış pozisyonlarda anlamlı mekanik gerilime maruz bırakılmasıdır. Tam hareket açıklığı, birçok egzersizde bu koşulu doğal olarak sağladığı için uzun yıllar “varsayılan” yaklaşım olarak benimsenmiştir; ancak güncel kanıtlar, aynı hipertrofik uyarının çoğu durumda uzun kas boylarında yapılan kısmi hareket açıklıklarıyla da elde edilebildiğini göstermektedir. Buna karşılık, kısmi hareket açıklığının yalnızca kısalmış kas boylarında uygulanması, pasif gerilim katkısının sınırlı kalması nedeniyle hipertrofik yanıtı belirgin biçimde zayıflatmaktadır. Dolayısıyla “tam mı kısmi mi?” sorusu, pratikte “kısmi yapılacaksa hangi kas boyunda?” sorusuna dönüşmektedir. İkinci olarak, literatür “uzun kas boyu her zaman daha iyidir” şeklinde mutlak bir sonuca izin vermemektedir. Meta-analitik veriler ve güncel deneysel bulgular, uzun kas boyunda kısmi tekrarların bazı kaslarda avantaj sağlayabildiğini; ancak birçok koşulda tam hareket

açıklığı ile benzer sonuçlar ürettiğini göstermektedir. Bu durum, hipertrofi açısından uzun kas boyunda yüklenmenin bir noktadan sonra azalan verim sergileyebileceğini ve “yeterince uzatılmış” aralığın yakalanmasının çoğu zaman yeterli olabileceğini düşündürmektedir. Nitekim deneyimli bireylerde yapılan çoklu egzersizli protokollerde, uzatılmış kısmi tekrarlar ile tam hareket açıklığının benzer hipertrofik adaptasyonlar üretmesi, kısa kas boyu fazlalarının eklenmesinin her zaman ek kas büyümesi getirmediğine işaret etmektedir. Son olarak, bu kanıtlar hareket açıklığını statik bir tercih olmaktan çıkarıp programlanabilir bir değişken hâline getirmektedir. Kas hipertrofisini hedefleyen programlarda temel ilke; tam hareket açıklığı kullanılsa da kısmi tekrarlar tercih edilse de, hareketin uzatılmış kısmının sistematik biçimde dahil edilmesi olmalıdır. Bu çerçevede tam hareket açıklığı güvenli ve genel bir standart sunarken; uzun kas boylarında kısmi hareket açıklıkları, belirli kas gruplarında veya belirli dönemlerde hipertrofik uyararı artırmak ya da uygulama esnekliği sağlamak için tamamlayıcı bir strateji olarak konumlandırılmalıdır.

8. Tekrar Süresi

Direnç antrenmanında kas hipertrofisini belirleyen temel uyarılar mekanik gerilim, metabolik stres ve kas hasarı olarak kabul edilmektedir. Hareket hızı, bu uyarıların büyüklüğünü ve dağılımını dolaylı biçimde etkileyebilen önemli bir antrenman değişkenidir. Geleneksel yaklaşımda, daha yavaş hareket hızlarının kasın gerilim altında kalma süresini uzatarak metabolik stresi artırdığı ve bu nedenle hipertrofik adaptasyonlar açısından daha avantajlı olduğu öne sürülmüştür. Buna karşın, hızlı hareket hızlarının daha çok sinirsel adaptasyonlarla ilişkilendirildiği ve hipertrofi açısından ikincil bir rol oynadığı varsayılmıştır. Ancak bu varsayımların deneysel verilerle ne ölçüde desteklendiği uzun süre netlik kazanmamıştır.

Bu konuya odaklanan en kapsamlı çalışmalardan biri, Hackett vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen sistematik derlemedir. Söz konusu derlemenin temel amacı, direnç antrenmanı sırasında kasıtlı olarak uygulanan hızlı ve orta-yavaş hareket hızlarının kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini incelemek ve bu etkilerin kasa özgü farklılıklar gösterip göstermediğini ortaya koymaktır. Derlemeye, sağlıklı yetişkin bireylerle yürütülen, hızlı ve orta-yavaş hareket hızlarını doğrudan karşılaştıran, antrenman hacmi ve şiddeti eşitlenmiş ve en az dört hafta süren çalışmalar dahil edilmiştir. Kas hipertrofisi, kas kalınlığı veya kas kesit alanı gibi doğrudan ölçüm yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Bu kriterleri karşılayan toplam altı çalışma analiz edilmiştir. Tüm çalışmalar antrenmansız bireyler üzerinde yürütülmüş ve kullanılan yükler düşük ila orta şiddet aralığında (%60 bir tekrar maksimumun altında) kalmıştır. Derlemenin en dikkat çekici bulgusu, hareket hızına bağlı hipertrofik yanıtların kas gruplarına göre farklılık göstermesidir. Alt vücut kasları, özellikle quadriceps kas grubu üzerinde yapılan incelemelerde, orta-yavaş hareket hızlarının hipertrofi açısından daha avantajlı olma eğiliminde olduğu görülmüştür. Quadriceps hipertrofisini değerlendiren beş çalışmanın üçünde, orta-yavaş hızlarda yapılan antrenmanlar hızlı hareket hızlarına kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla kas büyümesi sağlamıştır. Kalan çalışmalarda ise sonuçlar tutarlı olmamakla birlikte, genel eğilim orta-yavaş hızların lehine görünmektedir. Bu bulgu, quadriceps kaslarının uzun süreli mekanik gerilime ve metabolik strese daha duyarlı olabileceğini düşündürmektedir. Orta-yavaş hareket hızları, tekrar süresini uzatarak kasın gerilim altında kalma süresini artırmakta ve özellikle düşük yüklerle yapılan çalışmalarda metabolik stresin daha belirgin hâle gelmesine yol açabilmektedir. Bu durum, quadriceps kaslarında hipertrofiyi tetikleyen hücresel sinyal yollarının daha güçlü şekilde aktive edilmesini açıklayan olası mekanizmalardan biridir. Buna

karşılık, üst vücut kaslarından biceps brachii üzerinde yapılan çalışmalar farklı bir tablo ortaya koymaktadır. Biceps brachii hipertrofini inceleyen iki çalışmanın her ikisinde de hızlı hareket hızlarının, orta-yavaş hızlara kıyasla daha fazla kas büyümesi sağladığı rapor edilmiştir. Bu çalışmalarda özellikle konsantrik fazın patlayıcı bir niyetle gerçekleştirilmesi istenmiş ve bu yaklaşımın hipertrofik yanıtı artırdığı gösterilmiştir. Bu kasa özgü farklılığın olası açıklamalarından biri, kas lif tipi dağılımındaki değişkenliktir. Biceps brachii kasının, daha yüksek oranda hızlı kasılan lifler içermesi, hızlı ve patlayıcı hareket hızlarına daha duyarlı bir hipertrofik yanıt vermesine neden olabilir. Hızlı konsantrik kasılmalar, yüksek eşikli motor ünitelerin daha erken ve daha yoğun şekilde devreye girmesini sağlayarak bu kas grubunda hipertrofik uyarıyı artırabilir. Araştırmacılar, hareket hızının hipertrofik etkilerinin tek yönlü ve evrensel bir kurala indirgenemeyeceğini vurgulamaktadır. Aynı antrenman değişkeni, farklı kas gruplarında farklı yapısal adaptasyonlara yol açabilmektedir. Bu nedenle hipertrofi odaklı direnç antrenmanı programlarında, hareket hızının kas grubu özellikleri, kullanılan yükler ve hedeflenen adaptasyon türüyle birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, derlemenin bazı önemli sınırlılıkları bulunmaktadır. İncelenen çalışma sayısının az olması, katılımcıların tamamının antrenmansız bireylerden oluşması ve yalnızca düşük şiddetli yüklerin kullanılması, elde edilen bulguların genellenebilirliğini sınırlandırmaktadır. Özellikle daha yüksek yüklerle yapılan antrenmanlarda ve antrenmanlı bireylerde hareket hızının hipertrofik etkilerinin nasıl değişeceği halen belirsizliğini korumaktadır. Sonuç olarak, mevcut sistematik derleme bulguları, kas hipertrofisi açısından hareket hızının etkilerinin kasa özgü olduğunu göstermektedir. Quadriceps gibi alt vücut kaslarında orta-yavaş hareket hızları daha elverişli bir hipertrofik ortam oluştururken, biceps brachii gibi bazı üst vücut kaslarında hızlı ve patlayıcı hareket hızları daha

güçlü yapısal adaptasyonlar sağlayabilmektedir. Bu bulgular, hipertrofi odaklı antrenman programlarında tek tip bir hareket hızı yaklaşımı yerine, kas grubuna özgü ve bilinçli olarak çeşitlendirilmiş stratejilerin kullanılmasının daha rasyonel bir yaklaşım olabileceğine işaret etmektedir.

Lacerda vd. (2021) tarafından yürütülen çalışma, tekrar süresinin kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini inceleyen nadir uzun süreli ve kontrollü çalışmalardan biridir. Bu araştırmada, diğer tüm antrenman değişkenleri eşitlenmiş ve egzersizler kas tükenişine kadar uygulanmış; yalnızca tekrar süresi manipüle edilmiştir. Böylece, farklı tekrar sürelerinin hipertrofik adaptasyonlar üzerindeki bağımsız etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, 14 haftalık bir antrenman süreci boyunca tek taraflı diz ekstansiyonu egzersizi uygulanmış ve her katılımcının bir bacağı kısa tekrar süresi protokolüne, diğer bacağı ise uzun tekrar süresi protokolüne randomize bir şekilde atanmıştır. Kısa tekrar süresi protokolü, her tekrarın toplam 2 saniyede (1 saniye konsantrik, 1 saniye eksantrik) tamamlandığı uygulamayı; uzun tekrar süresi protokolü ise her tekrarın toplam 6 saniyede (3 saniye konsantrik, 3 saniye eksantrik) gerçekleştirildiği uygulamayı içermiştir. Her iki protokolde de yükler, bir tekrar maksimumun %50–60'ı aralığında tutulmuş ve setler kas tükenişine kadar sürdürülmüştür. Elde edilen bulgular, kas hipertrofisi açısından tekrar süresine bağlı belirgin bir üstünlük olmadığını ortaya koymuştur. Hem kısa hem de uzun tekrar süresi protokolleri, rectus femoris ve vastus lateralis kaslarının kesitsel alanında istatistiksel olarak anlamlı artışlar sağlamış; ancak protokoller arasında hipertrofi kazanımları açısından anlamlı bir fark saptanmamıştır. Etki büyüklüklerinin önemsiz düzeyde olması, tekrar süresindeki farklılıkların kas büyümesi açısından benzer adaptasyonlarla sonuçlandığını göstermektedir. Bu benzer hipertrofik yanıtın temelinde, antrenman hacmi ile kasın gerilim altında kalma süresi arasındaki denge yer almaktadır.

Kısa tekrar süresi protokolü, set başına daha fazla tekrar yapılmasına olanak tanıyarak daha yüksek toplam mekanik iş yükü oluşturmuştur. Buna karşılık, uzun tekrar süresi protokolü, her tekrarın daha uzun sürmesi nedeniyle kasın gerilim altında kaldığı toplam süreyi artırmıştır. Çalışmanın bulguları, bu iki farklı uyarının—yüksek tekrar sayısı ile uzun gerilim altında kalma süresi—kas hipertrofisi açısından birbirini dengeleyebildiğini ve sonuçta benzer yapısal adaptasyonlara yol açtığını düşündürmektedir. Bu sonuçlar, kas hipertrofisinin tek bir tekrar süresi aralığına özgü olmadığını ve kas tükenişine yeterince yaklaşıldığında, geniş bir tekrar süresi yelpazesinde etkili biçimde uyarılabildiğini desteklemektedir. Özellikle düşük ve orta şiddetli yüklerle yapılan antrenmanlarda, kasın yeterli mekanik gerilime ve metabolik strese maruz kalması koşuluyla, hem kısa hem de uzun tekrar süreleri hipertrofik adaptasyonlar için uygun bir ortam oluşturabilmektedir. Sonuç olarak, Lacerda ve arkadaşlarının çalışması, kas hipertrofisi açısından tekrar süresinin tek başına belirleyici bir değişken olmadığını ortaya koymaktadır. Tükeniş kadar uygulanan direnç antrenmanlarında, kısa tekrar süreleriyle elde edilen daha yüksek hacim ile uzun tekrar süreleriyle sağlanan daha uzun gerilim altında kalma süresi, kas büyümesi açısından benzer uyarılar yaratabilmektedir. Bu bulgular, hipertrofi odaklı antrenman programlarında tekrar süresinin katı bir şekilde sabitlenmesi yerine, bireysel tercihler, kas grubu özellikleri ve programlama gereksinimleri doğrultusunda esnek biçimde düzenlenebileceğini göstermektedir.

Wilk vd (2021) tarafından yayımlanan kapsamlı derleme, direnç antrenmanında hareket temposunun kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini sistematik biçimde incelemiştir. Derlemede, tekrar başına çok geniş bir tempo aralığının (yaklaşık 0,5–8 saniye) kas hipertrofisini uyurabildiği gösterilmiştir. Bu bulgu, kas büyümesi için tek bir “ideal” tempo bulunmadığını, farklı tempo stratejilerinin uygun koşullar

altında benzer hipertrofik adaptasyonlar sağlayabildiğini ortaya koymaktadır. Yavaş ve kontrollü tempoların hipertrofi üzerindeki potansiyel etkileri çoğunlukla gerilim altında kalma süresi üzerinden açıklanmaktadır. Tekrar süresinin uzatılması, bir set boyunca kasın maruz kaldığı toplam gerilim süresini artırmakta ve bu durum metabolik stresin yükselmesine katkı sağlamaktadır. Artan metabolik stresin, kas hücresinde anabolik sinyal yollarını aktive ederek hipertrofiyi desteklediği düşünülmektedir. Özellikle düşük ve orta şiddetli yüklerle yapılan antrenmanlarda, yavaş tempoların daha hafif yüklerle dahi belirgin kas büyümesi sağlayabildiği rapor edilmiştir. Bu durum, gerilim altında kalma süresinin, kullanılan mutlak yükten bağımsız olarak hipertrofik uyaran oluşturabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, derlemede yavaş tempoların potansiyel sınırlılıklarına da dikkat çekilmektedir. Çok yavaş tekrar hızları, kullanılabilecek yüklerin azalmasına neden olmakta ve bu durum, kas liflerinin tamamının yeterli düzeyde uyarılmasını sınırlayabilmektedir. Özellikle yüksek eşikli kas liflerinin mekanik gerilime maruziyetinin azalması, hipertrofik potansiyelin düşmesine yol açabilir. Bu nedenle, hipertrofi açısından tempo manipülasyonunun, antrenman yükü ve tükeniş düzeyiyle birlikte değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Araştırmacılar, hipertrofik adaptasyonlar açısından toplam tekrar süresinden ziyade, eksantrik ve konsantrik fazların ayrı ayrı nasıl yönetildiğinin daha belirleyici olabileceğini ileri sürmektedir. Eksantrik fazın bilinçli olarak yavaşlatılması, kasın gerilim altında kaldığı süreyi arttırarak metabolik stres ve kas içi mikro hasarı yükseltebilmekte; bu durum hipertrofiyi tetikleyen anabolik süreçleri güçlendirebilmektedir. Buna karşılık, konsantrik fazın daha hızlı veya patlayıcı bir niyetle gerçekleştirilmesi, kas aktivasyonunu arttırarak hipertrofik uyaranın daha dengeli bir şekilde dağılmasına katkı sağlayabilir. Derlemeden elde edilen bulgular, hipertrofi için en elverişli yaklaşımın, yavaş ve

kontrollü bir eksantrik faz ile nispeten daha hızlı bir konsantrik fazın birleştirilmesi olabileceğini düşündürmektedir. Bu kombinasyon, hem gerilim altında kalma süresini uzatarak metabolik stresi artırmakta hem de kas liflerinin yeterli düzeyde mekanik gerilime maruz kalmasını sağlamaktadır. Böylece, kas büyümesi için gerekli olan temel uyaranlar birlikte maksimize edilebilmektedir. Sonuç olarak, bu çalışmanın bulguları, kas hipertrofisi açısından hareket temposunun tek başına belirleyici bir değişken olmadığını, ancak uygun şekilde manipüle edildiğinde hipertrofik uyarının niteliğini anlamlı biçimde etkileyebileceğini göstermektedir. Hipertrofi odaklı direnç antrenmanı programlarında, hareket temposunun katı ve sabit bir parametre olarak değil; antrenman yükü, set başına tükeniş düzeyi ve hedeflenen kas grubu özellikleriyle birlikte esnek biçimde planlanması, daha etkili ve sürdürülebilir kas büyümesi adaptasyonlarına katkı sağlayabilir.

Amdı ve King (2025) tarafından yayımlanan güncel sistematik derleme ve meta-analiz, eksantrik faz süresinin kas hipertrofisi üzerindeki etkilerini doğrudan inceleyen en kapsamlı çalışmalardan biridir. Çalışmada, eksantrik faz süresi kısa olan protokoller (≤ 2 saniye veya mümkün olduğunca hızlı) ile daha uzun eksantrik faz süresine sahip protokoller (> 2 saniye) karşılaştırılmış ve bu manipülasyonun kas morfolojisi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Meta-analiz sonuçları, eksantrik faz süresinin kas hipertrofisi üzerinde pratik olarak anlamlı bir fark yarattığına dair güçlü bir kanıt bulunmadığını göstermektedir. Farklı eksantrik süreler arasında kas kesit alanı veya kas kalınlığı artışı açısından anlamlı bir üstünlük saptanmamış; etki büyüklüğü ihmal edilebilir düzeyde rapor edilmiştir. Ayrıca, sonuçlara eşlik eden güven aralıklarının geniş olması, mevcut bulguların yüksek belirsizlik içerdiğini ve kesin çıkarımlar yapılmasını zorlaştırdığını ortaya koymaktadır. Bu bulgular, eksantrik fazın kas hipertrofisi için önemli bir uyaran olmasına rağmen,

süresinin uzatılmasının tek başına hipertrofik adaptasyonları arttırmak için yeterli olmadığını düşündürmektedir. Kas büyümesini belirleyen temel faktörlerin; toplam antrenman hacmi, mekanik gerilim düzeyi ve kasın tükenişi ne kadar yaklaştığı gibi değişkenler olduğu, eksantrik sürenin ise bu çerçevede ikincil bir rol üstlendiği anlaşılmaktadır. Meta-analizde incelenen çalışmaların çoğunda, kısa ve uzun eksantrik fazlara sahip protokollerin benzer hipertrofik sonuçlar üretmesi, kasın maruz kaldığı toplam mekanik yükün ve gerilim altında kalma süresinin farklı yollarla dengelenebildiğini düşündürmektedir. Daha uzun eksantrik fazlar, her tekrarın süresini arttırarak gerilim altında kalma süresini uzatırken; daha kısa eksantrik fazlar genellikle daha fazla tekrar veya daha yüksek göreceli yüklerle telafi edilebilmektedir. Bu durum, kas hipertrofisinin tek bir tempo bileşenine değil, antrenman uyaranlarının bütününe yanıt verdiğini göstermektedir. Amdı ve King'in (2025) çalışması, eksantrik faz süresinin kas hipertrofisi açısından öncelikli bir programlama değişkeni olmadığını açıkça ortaya koymaktadır. Mevcut kanıtlar, eksantrik fazın çok kısa veya çok uzun tutulmasının, diğer antrenman değişkenleri eşitlenmiş koşullarda, kas büyümesi üzerinde belirgin bir fark yaratmadığını göstermektedir. Bu nedenle hipertrofi odaklı direnç antrenmanı programlarında, eksantrik faz süresinin katı biçimde standartlaştırılmasından ziyade, antrenman hacmi, yük seçimi ve setlerin tükenişi yakınlığı gibi daha güçlü belirleyicilerin ön planda tutulması gerektiği söylenebilir. Sonuç olarak, güncel meta-analitik kanıtlar, eksantrik faz süresinin kas hipertrofisini arttırmak için tek başına kritik bir değişken olmadığını göstermektedir. Hipertrofi hedeflendiğinde, farklı eksantrik süreler benzer yapısal adaptasyonlar sağlayabilmekte; bu da eksantrik tempo manipülasyonunun, kas büyümesini maksimize etmekten ziyade antrenman çeşitliliği, teknik kontrol ve yorgunluk

yönetimi gibi ikincil hedefler doğrultusunda kullanılmasının daha rasyonel bir yaklaşım olduğunu düşündürmektedir.

Direnç antrenmanında kas hipertrofisi, tek bir antrenman değişkeniyle açıklanamayacak kadar karmaşık ve çok boyutlu bir adaptasyon sürecidir. Mekanik gerilim, metabolik stres ve kasın yüksek efor düzeylerine maruz kalması, kas büyümesini belirleyen temel uyaranlar olarak öne çıkmaktadır. Hareket hızı, tekrar süresi ve eksantrik fazın süresi gibi değişkenler ise bu temel uyaranların nasıl ve hangi yoldan oluşturulduğunu etkileyen tamamlayıcı araçlar olarak değerlendirilmelidir.

Mevcut bulgular, kas hipertrofisinin belirli bir tempo, tekrar süresi ya da eksantrik süreye özgü olmadığını; aksine, farklı stratejilerin uygun koşullar altında benzer yapısal adaptasyonlar oluşturabildiğini göstermektedir. Yavaş hareket hızları ve uzun tekrar süreleri, kasın gerilim altında kalma süresini artırarak metabolik stresini öne çıkarırken; daha hızlı tekrarlar ve kısa süreli kasılmalar, mekanik gerilimi ve kas liflerinin etkin katılımını farklı yollarla sağlayabilmektedir. Bu durum, kas dokusunun tek bir uyaran tipine değil, toplam antrenman stresine yanıt verdiğini düşündürmektedir.

Bu çerçevede, hareket hızı ve tempo manipülasyonlarının kas hipertrofisini belirleyen birincil faktörler olarak değil, antrenman uyaranını çeşitlendiren ve yönlendiren ikincil değişkenler olarak ele alınması daha uygun görünmektedir. Kas büyümesi açısından belirleyici olan; kasın yeterli düzeyde zorlanması, setlerin yüksek efor düzeylerinde gerçekleştirilmesi ve toplam mekanik yüklenmenin sürdürülebilir biçimde uygulanmasıdır. Tempo ve tekrar süresi stratejileri, bu hedeflere ulaşmak için farklı yollar sunmakta, ancak tek başlarına üstün veya vazgeçilmez bir yaklaşım oluşturmamaktadır.

Sonuç olarak, hipertrofi odaklı direnç antrenmanı programlarında hareket hızı, tekrar süresi ve eksantrik faz gibi değişkenlerin katı reçeteler hâlinde uygulanmasından

ziyade; bireysel özellikler, kas grubu yapısı, kullanılan yük aralıkları ve programlama hedefleri doğrultusunda esnek ve bilinçli biçimde düzenlenmesi daha rasyonel bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, kas büyümesini maksimize etmeye yönelik antrenmanların hem bilimsel temellere dayanmasını hem de uzun vadede sürdürülebilir olmasını sağlayacaktır.

9. Sonuç

Direnç antrenmanına bağlı kas hipertrofisi, tek bir antrenman değişkeniyle açıklanamayacak kadar karmaşık ve çok boyutlu bir adaptasyon sürecidir. Mekanik gerilim, metabolik stres ve kas hasarı, kas büyümesini tetikleyen temel uyaranlar olarak kabul edilse de, bu uyaranların hangi düzeyde ve hangi kombinasyonlarla oluşturulduğu, antrenman değişkenlerinin yapılandırılma biçimine bağlıdır. Bu nedenle hipertrofiye yönelik direnç antrenmanının anlaşılması ve etkili biçimde planlanması, tekil değişkenlere odaklanan indirgemeci yaklaşımlar yerine, değişkenler arası etkileşimleri merkeze alan bütüncül bir bakış açısını gerektirmektedir.

Bu kitapta ele alınan antrenman değişkenleri birlikte değerlendirildiğinde, kas hipertrofisini belirleyen en kritik unsurların; kasın yeterli düzeyde mekanik gerilime maruz kalması, setlerin yüksek efor düzeylerinde gerçekleştirilmesi ve toplam antrenman uyaranının sürdürülebilir biçimde uygulanması olduğu görülmektedir. Hareket hızı, tekrar süresi, tempo ve kasılma fazlarının süreleri gibi değişkenler, bu temel uyaranları farklı yollarla şekillendirebilmekte; ancak diğer antrenman değişkenleri eşitlenmiş koşullarda, tek başlarına üstün veya vazgeçilmez bir hipertrofik strateji ortaya koymamaktadır. Bu durum, kas dokusunun belirli bir tempo veya tekrar süresine değil, toplam yüklenme stresine uyum sağladığını göstermektedir.

Elde edilen bulgular, hipertrofiye yönelik direnç antrenmanı programlamasında katı ve evrensel reçetelerden kaçınılması gerektiğine işaret etmektedir. Farklı kas grupları, farklı yük aralıkları ve farklı tekrar stratejileri altında benzer yapısal adaptasyonlar gösterebilmekte; bu da antrenman değişkenlerinin esnek biçimde düzenlenebileceğini ortaya koymaktadır. Özellikle hareket hızı ve tempo gibi değişkenler, kas büyümesini doğrudan belirleyen unsurlar olmaktan ziyade, antrenman uyarısını çeşitlendiren, teknik kontrolü arttıran ve yorgunluk yönetimini kolaylaştıran araçlar olarak değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak, hipertrofi odaklı direnç antrenmanı programlarının başarısı, belirli bir antrenman değişkeninin mutlak üstünlüğünden ziyade, değişkenlerin birbirleriyle uyumlu ve bilinçli biçimde yapılandırılmasına bağlıdır. Antrenman hacmi, şiddet, tükeniş yaklaşımı ve hareket açıklığı gibi temel bileşenler ön planda tutulurken; hareket hızı, tekrar süresi ve tempo gibi değişkenler, bireysel özellikler, kas grubu yapısı ve programlama hedefleri doğrultusunda tamamlayıcı unsurlar olarak ele alınmalıdır. Bu yaklaşım, hem bilimsel temellere dayanan hem de uygulamada sürdürülebilir olan hipertrofi odaklı direnç antrenmanı modellerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- Behringer, M., Heinrich, C., & Franz, A. (2025). *Anabolic signals and muscle hypertrophy: Significance for strength training in sports medicine*. Sports Orthopaedics and Traumatology, 41(1), 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2025.01.002>
- Lim, C., Nunes, E. A., Currier, B. S., McLeod, J. C., Thomas, A. C. Q., & Phillips, S. M. (2022). An Evidence-Based Narrative Review of Mechanisms of Resistance Exercise-Induced Human Skeletal Muscle Hypertrophy. *Medicine and science in sports and exercise*, 54(9), 1546–1559. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002929>
- Schoenfeld B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of strength and conditioning research*, 24(10), 2857–2872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>
- Fry A. C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 34(10), 663–679. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434100-00004>
- Olsen, L. A., Nicoll, J. X., & Fry, A. C. (2019). The skeletal muscle fiber: a mechanically sensitive cell. *European journal of applied physiology*, 119(2), 333–349. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-04061-x>

- Pelland, J. C., Remmert, J. F., Robinson, Z. P., Hinson, S. R., & Zourdos, M. C. (2025). The Resistance Training Dose Response: Meta-Regressions Exploring the Effects of Weekly Volume and Frequency on Muscle Hypertrophy and Strength Gains. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 10.1007/s40279-025-02344-w. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s40279-025-02344-w>
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2016). Effects of Resistance Training Frequency on Measures of Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(11), 1689–1697. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0543-8>
- Schoenfeld, B. J., Grgic, J., & Krieger, J. (2019). How many times per week should a muscle be trained to maximize muscle hypertrophy? A systematic review and meta-analysis of studies examining the effects of resistance training frequency. *Journal of sports sciences*, 37(11), 1286–1295. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1555906>
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., & Latella, C. (2019). Resistance training frequency and skeletal muscle hypertrophy: A review of available evidence. *Journal of science and medicine in sport*, 22(3), 361–370. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.09.223>
- Neves, R. P., Vechin, F. C., Teixeira, E. L., da Silva, D. D., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., Aihara, A. Y., & Tricoli, V. (2022). Effect of different training frequencies on maximal strength performance and muscle hypertrophy in trained individuals-a within-subject design. *PloS one*, 17(10), e0276154. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276154>
- Hamarsland, H., Moen, H., Skaar, O. J., Jorang, P. W., Rødahl, H. S., & Rønnestad, B. R. (2022). Equal-Volume Strength Training With Different Training Frequencies Induces Similar Muscle Hypertrophy and Strength Improvement in Trained Participants. *Frontiers in physiology*, 12, 789403. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.789403>

- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). The dose-response relationship between resistance training volume and muscle hypertrophy: are there really still any doubts?. *Journal of sports sciences*, 35(20), 1985–1987. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1243800>
- Baz-Valle, E., Balsalobre-Fernández, C., Alix-Fages, C., & Santos-Concejero, J. (2022). A Systematic Review of The Effects of Different Resistance Training Volumes on Muscle Hypertrophy. *Journal of human kinetics*, 81, 199–210. <https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0017>
- Schoenfeld, B. J., Contreras, B., Krieger, J., Grgic, J., Delcastillo, K., Belliard, R., & Alto, A. (2019). Resistance Training Volume Enhances Muscle Hypertrophy but Not Strength in Trained Men. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(1), 94–103. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001764>
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). The dose-response relationship between resistance training volume and muscle hypertrophy: are there really still any doubts?. *Journal of sports sciences*, 35(20), 1985–1987. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1243800>
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *Journal of sports sciences*, 35(11), 1073–1082. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1210197>
- Buckner, S. L., Moreno, E. N., & Baxter, H. T. (2023). The dose-response relationship between resistance training volume and muscle hypertrophy: There are still doubts. *Journal of Trainology*, 12(2), 29–36. https://doi.org/10.17338/trainology.12.2_29
- Cumming, K. T., Elvaton, I. C., Kalenius, R., Divljak, G., Raastad, T., Psilander, N., & Horwath, O. (2025). Divergent strength gains but similar hypertrophy after low-load and high-load resistance exercise training in trained individuals: many roads lead to Rome. *Journal of*

- applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 139(3), 685–697.
<https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00353.2025>
- Schoenfeld, B. J., Vigotsky, A. D., Grgic, J., Haun, C., Contreras, B., Delcastillo, K., Francis, A., Cote, G., & Alto, A. (2020). Do the anatomical and physiological properties of a muscle determine its adaptive response to different loading protocols?. *Physiological reports*, 8(9), e14427.
<https://doi.org/10.14814/phy2.14427>
- Lasevicius, T., Ugrinowitsch, C., Schoenfeld, B. J., Roschel, H., Tavares, L. D., De Souza, E. O., Laurentino, G., & Tricoli, V. (2018). Effects of different intensities of resistance training with equated volume load on muscle strength and hypertrophy. *European journal of sport science*, 18(6), 772–780. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1450898>
- Lacio, M., Vieira, J. G., Trybulski, R., Campos, Y., Santana, D., Filho, J. E., Novaes, J., Vianna, J., & Wilk, M. (2021). Effects of Resistance Training Performed with Different Loads in Untrained and Trained Male Adult Individuals on Maximal Strength and Muscle Hypertrophy: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 18(21), 11237. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111237>
- Lopez, P., Radaelli, R., Taaffe, D. R., Newton, R. U., Galvão, D. A., Trajano, G. S., Teodoro, J. L., Kraemer, W. J., Häkkinen, K., & Pinto, R. S. (2021). Resistance Training Load Effects on Muscle Hypertrophy and Strength Gain: Systematic Review and Network Meta-analysis. *Medicine and science in sports and exercise*, 53(6), 1206–1216. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002585>
- Santanielo, N., Nóbrega, S. R., Scarpelli, M. C., Alvarez, I. F., Otoboni, G. B., Pintanel, L., & Libardi, C. A. (2020). Effect of resistance training to muscle failure vs non-failure on strength, hypertrophy and muscle architecture in trained individuals. *Biology of sport*, 37(4), 333–341. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2020.96317>

- Vieira, A. F., Umpierre, D., Teodoro, J. L., Lisboa, S. C., Baroni, B. M., Izquierdo, M., & Cadore, E. L. (2021). Effects of Resistance Training Performed to Failure or Not to Failure on Muscle Strength, Hypertrophy, and Power Output: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Journal of strength and conditioning research*, 35(4), 1165–1175. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003936>
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Orazem, J., & Sabol, F. (2022). Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *Journal of sport and health science*, 11(2), 202–211. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.01.007>
- Robinson, Z. P., Pelland, J. C., Remmert, J. F., Refalo, M. C., Jukic, I., Steele, J., & Zourdos, M. C. (2024). Exploring the Dose-Response Relationship Between Estimated Resistance Training Proximity to Failure, Strength Gain, and Muscle Hypertrophy: A Series of Meta-Regressions. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 54(9), 2209–2231. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02069-2>
- Refalo, M. C., Helms, E. R., Trexler, E. T., Hamilton, D. L., & Fyfe, J. J. (2023). Influence of Resistance Training Proximity-to-Failure on Skeletal Muscle Hypertrophy: A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 53(3), 649–665. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01784-y>
- Martikainen, O., Niiranen, H., Rytönen, T. *et al.* Influence of Varying Proximity-to-Failure on Muscular Adaptations and Repetitions-in-Reserve Estimation Accuracy in Resistance-Trained Individuals. *J. of SCI. IN SPORT AND EXERCISE* (2025). <https://doi.org/10.1007/s42978-025-00338-8>
- Larsen Stian, Swinton Paul Alan, Sandberg Nordis Østerås, Kristiansen Benjamin Sandvik, Fredriksen Andrea Bao, Falch Hallvard Nygaard, van den Tillaar Roland & Wolf Milo. (2025). *Resistance training beyond momentary failure:*

The effects of past-failure partials on muscle hypertrophy in the gastrocnemius. Frontiers in Psychology, 16. <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2025.1494323>

- Moreno, E.N., Ayers-Creech, W.A., Gonzalez, S.L. *et al.* Does Performing Resistance Exercise with a Partial Range of Motion at Long Muscle Lengths Maximize Muscle Hypertrophic Adaptations to Training?. *J. of SCI. IN SPORT AND EXERCISE* (2024). <https://doi.org/10.1007/s42978-024-00301-z>
- Schoenfeld, B. J., & Grgic, J. (2020). Effects of range of motion on muscle development during resistance training interventions: A systematic review. *SAGE open medicine, 8*, 2050312120901559. <https://doi.org/10.1177/2050312120901559>
- Pedrosa, G. F., Simões, M. G., Rezende Pereira, M., Schoenfeld, B., Lanza, M. B., Lima, F. V., Bischoff, A. B. G., Chagas, M. H., & Diniz, R. C. R. (2025). From full to partials: Investigating the impact of range of motion training on maximum isometric action, and muscle hypertrophy in young women. *Journal of sports sciences, 43*(15), 1440–1451. <https://doi.org/10.1080/02640414.2025.2502895>
- Kassiano, W., Costa, B., Kunevaliki, G., Soares, D., Zacarias, G., Manske, I., Takaki, Y., Ruggiero, M. F., Stavinski, N., Francsuel, J., Tricoli, I., Carneiro, M. A. S., & Cyrino, E. S. (2023). Greater Gastrocnemius Muscle Hypertrophy After Partial Range of Motion Training Performed at Long Muscle Lengths. *Journal of strength and conditioning research, 37*(9), 1746–1753. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004460>
- Maeo, S., Huang, M., Wu, Y., Sakurai, H., Kusagawa, Y., Sugiyama, T., Kanehisa, H., & Isaka, T. (2021). Greater Hamstrings Muscle Hypertrophy but Similar Damage Protection after Training at Long versus Short Muscle Lengths. *Medicine and science in sports and exercise, 53*(4), 825–837. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002523>

- Wolf, M., Androulakis Korakakis, P., Piñero, A., Mohan, A. E., Hermann, T., Augustin, F., Sapuppo, M., Lin, B., Coleman, M., Burke, R., Nippard, J., Swinton, P. A., & Schoenfeld, B. J. (2025). Lengthened partial repetitions elicit similar muscular adaptations as full range of motion repetitions during resistance training in trained individuals. *PeerJ*, 13, e18904. <https://doi.org/10.7717/peerj.18904>
- Wolf, Milo, Patroklos Androulakis-Korakakis, James Fisher, Brad Schoenfeld, and James Steele. 2023. "Partial Vs Full Range of Motion Resistance Training: A Systematic Review and Meta-Analysis". *International Journal of Strength and Conditioning* 3 (1). <https://doi.org/10.47206/ijsc.v3i1.182>.
- Hackett, D. A., Davies, T. B., Orr, R., Kuang, K., & Halaki, M. (2018). Effect of movement velocity during resistance training on muscle-specific hypertrophy: A systematic review. *European journal of sport science*, 18(4), 473–482. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1434563>
- Lacerda, L. T., Marra-Lopes, R. O., Lanza, M. B., Diniz, R. C. R., Lima, F. V., Martins-Costa, H. C., Pedrosa, G. F., Gustavo Pereira Andrade, A., Kibele, A., & Chagas, M. H. (2021). Resistance training with different repetition duration to failure: effect on hypertrophy, strength and muscle activation. *PeerJ*, 9, e10909. <https://doi.org/10.7717/peerj.10909>
- Wilk, M., Zajac, A., & Tufano, J. J. (2021). The Influence of Movement Tempo During Resistance Training on Muscular Strength and Hypertrophy Responses: A Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(8), 1629–1650. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01465-2>
- Amdi, C. H., & King, A. (2025). The effect of eccentric phase duration on maximal strength, muscle hypertrophy and countermovement jump height: A systematic review and meta-analysis. *Journal of sports sciences*, 43(20), 2447–2464. <https://doi.org/10.1080/02640414.2025.2535198>

Kas Hipertrofisinde Antrenman Değişkenlerinin Rolü

Muhammet Taha İlhan

Editör: Doğukan Batur Alp Gülşen